

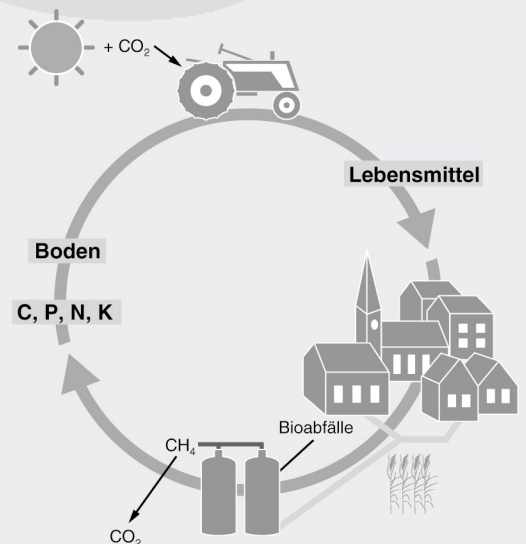
Ökologie aktuell

**Abwasser**

Jörg Lange, Ralf Otterpohl

# Abwasser

*Handbuch  
zu einer  
zukunftsfähigen  
Wasserwirtschaft*



# Ökologie Aktuell

## ABWASSER

### Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft

von

Jörg Lange & Ralf Otterpohl

#### Impressum

Herausgeber:	MALLBETON GmbH, DS-Pföhren
Autor:	DIPL. BIOL. JÖRG LANGE
Mitautor:	Univ. Prof. Dr. Ing. Ralf Otterpohl
Mit Beiträgen von	Dr. rer. nat. Thomas Steger-Hartmann Harte Chemie I: Textilabwässer und Harte Chemie II: Arzneimittel Dipl. Biol. Nik Geiler (Mitarbeit an Kap.3)
Grafik	Susanne Görke / Jörg Lange
Gesamtherstellung	W/O/G/E Druck, Karlsbad

2. überarbeitete Auflage

Gedruckt in Deutschland

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit ausdrücklicher Genehmigung des MALLBETON-Verlags, 78166 DS-Pföhren, Hüfinger Straße 39-45 oder der Autoren.

ISBN 3-9803502-1-5

Die Deutsche Einheitsbibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Lange, Jörg:**

Abwasser : Handbuch zu einer zukunftsfähigen  
Wasserwirtschaft / Jörg Lange ; Ralf Otterpohl. Hrsg.: MALL-  
BETON GmbH, Donaueschingen-Pföhren. - 2. Aufl. -  
Donaueschingen-Pföhren : Mall-Beton-Verl., 2000

(Ökologie aktuell)

ISBN 3-9803502-1-5

NE: Otterpohl, 4208 97.01.01Ralf:



Schlagwörter:  
 Abwasserreinigung  
 Bodenschutz  
 Dezentrale Abwasserreinigung  
 Teilstromorientierte Sanitärkonzepte  
 Geschichte  
 Gewässerschutz  
 Grundwasserschutz  
 Kalium  
 Kanalisation  
 Klärschlamm  
 Klima  
 Klinikabwasser  
 Kombinierte Vakuumentwässerung (Kombi Vak)  
 Komposttoilette  
 Landwirtschaft  
 Membranbiologie  
 Mikrofiltration  
 Nachhaltigkeit  
 Pflanzenkläranlage  
 Phosphor  
 Regenwassernutzung  
 Sequenzing Batch Reactor (SBR)  
 Siedlungsentwässerung  
 Stickstoff  
 Stoffkreislauf  
 Textilabwasser  
 Trenntoilette  
 Trinkwasserschutz  
 Tropfkörper  
 Ökologische Sanitärkonzepte  
 Urin-Separierung (ANS)  
 Vakuumtoilette  
 Wassersparen

### **Danksagungen:**

Für die vielen Anregungen, Hinweise, Abbildungen und/oder Korrekturen möchten wir uns bedanken bei Wolfgang Berger (Fa. Berger Biotechnik), Dr. Horst Franz, Herrn Galler (Fa. Roediger), Nikolaus Geiler, Thomas Gotterbarm, Prof. Dr. Willi Gujer, Herrn Hornig (Fa. Hornig), Stephan Klemens (Fa. MALLBETON), Klaus Werner König, Dr. Klaus Lanz, Dr. Mark Lindert, Matthias Möller, Isabell Nowack, Stefan Oberländer, Arne Panesar, Tom Potthast, Birgit Rapp, Thomas Rohrer, Annette Schmidt, Christian Schönberger, Marion Simon, Angelika Stauder, Jochen Zeisel.

Das Kapitel „Die Geschichte des Abwassers“ basiert auf Grundlagen, die im Rahmen eines Forschungsprojektes „Die Geschichte des Gewässerschutz am Hoch- und Oberrhein“ unter der Leitung von Prof. Dr. Jürgen Schwoerbel, Uni Konstanz mit freundlicher Unterstützung der Volkswagen-Stiftung erarbeitet wurden.

Das Buch ist gewidmet Herrn Jürgen Schwoerbel, dem ich, Jörg Lange, hiermit für seine langjährige fördernde Freundschaft danken möchte.





## Vorwort zur 2. Auflage

Bereits wenige Tage nach Redaktionsschluss der 1. Auflage hätten wir gerne den 1. Nachtrag geschrieben. Die vielen Hinweise, die seitdem bei uns eingegangen sind, zeigen, dass ein erfreulich großer Teil der Käufer auch zu interessierten Lesern unseres kleinen Handbuches geworden ist. Wir verstehen das als ein Dankeschön für unsere Mühe und möchten uns im Gegenzug für die vielen Rückmeldungen bedanken.

Neu an der 2. Auflage ist neben dem um ca. 60 Seiten erweiterten Umfang die weitere Unterteilung der ursprünglichen Kapitel 2 und 3 in die Kapitel 2 bis 8. Vor allem die rechtlichen Fragen und die teilstromorientierten Alternativen wurden stark überarbeitet und ergänzt.

Geblichen ist unsere Absicht, die Notwendigkeit teilstromorientierter Abwasserbehandlung aufzuzeigen und ihre Umsetzung anzuregen. Wagen Sie das Experiment und beteiligen Sie sich an der Abwassertechnik der Zukunft. In diesem Sinne hoffen wir auch für die 2. Auflage auf eine große Leserschaft.

Freiburg, Februar 2000

Die Verfasser



# Vorwort zur 1. Auflage

Wasser war schon in den 70er Jahren ein zentrales Thema der Umweltbewegung. Damals lösten Schaumberge und Fischsterben in den Flüssen eine Welle des Protestes aus. In den 80ern kam die Sorge um die zunehmende Schadstoffbelastung des Trinkwassers hinzu. Doch trotz der steten Aufmerksamkeit für das Wasser blieb der Blick meist punktuell, ein umfassenderes Verständnis für die gegenseitige Abhängigkeit der verschiedenen Wasserprobleme und die Vernetzung mit anderen Politikbereichen ist bis heute die Ausnahme geblieben. Wichtige Bereiche der Wasserpolitik bleiben von der öffentlichen Diskussion vollständig ausgeklammert; insbesondere gilt dies für das kommunale Abwasser. Bis heute fragen sich nur wenige Menschen, wohin das Wasser aus Badewanne, Waschmaschine und Toilette mit den darin mitgespülten Stoffen fließt, wie es gereinigt und in welchem Zustand es wieder der Natur zurückgegeben wird. Die Beseitigung des Abwassers überlässt man gerne anonymen Behörden und Institutionen.

Seit allerdings Abwassergebühren von über 10 Mark pro Kubikmeter keine Ausnahme mehr sind, wird der Bevölkerung allmählich bewusst, dass mit der Organisation der Abwasserbeseitigung etwas im Argen liegt. So wird in einigen ländlichen Regionen zum Beispiel eine vierköpfige Familie heute mit über 500 DM jährlichen Abwassergebühren zur Kasse gebeten. Der Grund: Behörden und öffentliche Hand setzen unbeirrt alles daran, möglichst viele Haushalte an zentrale Kläranlagen anzuschließen - ohne jedes Gespür für die sozialen Folgen einer solchen Preispolitik. Und trotz der äußerst zweifelhaften Ökobilanz einer zentralisierten Abwasserbeseitigung brüsten sich Umweltminister und Bürgermeister im Einzugsgebiet der Elbe damit, von 1991 bis 1996 nicht weniger als 119 große Kläranlagen gebaut zu haben.

Mit dem vorliegenden Buch haben wir versucht, detailliert und für den Laien verständlich darzulegen, warum eine andere Abwasserstrategie zwingend nötig ist und wie sie verwirklicht werden kann. So werden im ersten und zweiten Abschnitt die existierenden Systemfehler und die Konsequenzen für Ökologie und Volkswirtschaft aus der historischen Entwicklung der Wasserwirtschaft heraus erläutert. Im dritten Abschnitt schließlich haben wir bewährte und neue innovative Ansätze zur Lösung der Abwasserproblematik zusammengetragen. Anhand dieser umfangreichen Dokumentation werden Lösungsvorschläge für einen umweltverträglichen, sozialen und vor allem finanzierbaren Umgang entwickelt.

Die vorgelegten Ansätze für eine zukunftsfähige Abwasserpolitik - der unseres Erachtens stets ein umfassendes Verständnis des Wassers, angefangen vom Regen über die häusliche Nutzung bis zur Rückkehr in den Naturhaushalt, zugrunde liegen muss - sollen nicht als Patentlösung aufgefasst werden, sondern sind als Denkanstöße für weitere Diskussionen und Ausgangspunkt für individuell angepasste Lösungen gedacht. In seiner Doppelfunktion als kritische Bestandsaufnahme und praktische Anleitung für Alternativen im Umgang mit Wasser und Abwasser ist das Buch auch als Ratgeber zu nutzen. Zahlreiche Erläuterungen und Literaturtipps finden Leser in unmittelbarer Nähe zu den behandelten Themen in der Randspalte.

Es war unser Anliegen, das seit dem 19. Jahrhundert in seinen Grundzügen unveränderte Abwasserkonzept als teuer, schwerfällig und langfristig umweltfeindlich zu entlarven. Das Buch soll als dringende Warnung davor dienen, überholte Konzepte unkritisch als Blaupause für die zukünftige Wasserpolitik zu benutzen. In ganz Osteuropa und den aufstrebenden Staaten Asiens und Lateinamerikas werden heute neue Abwassersysteme geplant und alte renoviert. Wir hoffen, dass dieses kleine Handbuch dazu beiträgt, eine Wiederholung hiesiger Fehler zu vermeiden. In diesem Sinne wünschen wir uns viele kritische Leser, vor allem unter den Planern, die für die Abwasserkonzepte der Zukunft verantwortlich sind. Über konstruktive Kritik oder Ergänzungen würden wir uns sehr freuen (c/o MALLBETON, Hüfinger Straße 39-45, 78166 Donaueschingen-Pföhren).

Freiburg, August 1996

Die Verfasser



# Über 100 Jahre MALL-Bauindustrie

## Von der Cementwarenfabrik zum modernen Betonwerk:

Die Produktion von Betonerzeugnissen geht zurück auf den Firmengründer Anton Mall. Er hatte 10 Jahre nach Eröffnung eines Baugeschäftes in Donaueschingen im Jahre 1887 zusätzlich ein Produktionsgebäude in der Stadt eröffnet, zur Herstellung von Röhren und Betonsteinen. Die erfolgreiche Pflege und Ausweitung des Familienbetriebes führte im Jahre 1952 zur Gründung des heutigen Geschäftssitzes im Stadtteil Pfohren.

Waren die damals gefertigten Produkte anfangs hauptsächlich auf den Kanal-, Hoch- und Wohnungsbau ausgerichtet, so liegt heute das Schwergewicht in den Bereichen Landschaftsbau, Regenwassernutzung und Abwasserbehandlung.

Mit den relativ einfachen Betonfertigteilen aus dem letzten Jahrhundert haben die heutigen MALL-Produkte eines gemeinsam: Den vielseitigen Baustoff Beton, bestehend aus Sand, Kies, Zement und Wasser. MALLBETON hat die technischen Betonformgebungen ständig weiterentwickelt, so dass auch zur Abwasserbehandlung eine Reihe erfolgreicher Anlagen entwickelt wurden:

- 1957 Einführung der MALL-Dreikammergrube
- 1965 Kleinkläranlage mit nachgeschaltetem Tropfkörper
- 1969 Dreikammergrube aus Einzelringen im Durchmesser von 250 cm
- 1974 Belebungsanlagen - System Hertkorn
- 1974 Dreikammergrube aus Einzelringen im Durchmesser von 300 cm
- 1978 Dreikammergrube aus einem Guss
- 1979 PUTOX-Belebungsanlage in Lizenz
- 1981 MALL-Tropfkörperanlage mit Schlammrückführung
- 1987 Belebungsanlage Typ MBA
- 1994 MALL-SBR-Anlage, chargenweise Abwasserbehandlung bis 5000 EW mit weitergehender Reinigung
- 1995 MALL-Pflanzenkläranlage
- 1997 Grauwasser-Recycling-Anlage
- 1998 Pflanzenkläranlage System Palutec
- 1998 Biogasanlage
- 1999 Festbettanlage System DKM
- 2000 Membranbelebungsanlage MALL-Ultra Sept

Verbesserung der Fertigungsmethoden und Humanisierung der Arbeitsplätze gelten genauso wie die Suche nach sinnvollen Produkten für MALLBETON als ständige Herausforderung. Die steigende Nachfrage der erfolgreichen Produktpalette im Umweltschutz und im Landschaftsbau haben eine Ausweitung der Kapazitäten erforderlich werden lassen. Zur Mall-Gruppe gehören insgesamt vier Betonwerke in Donaueschingen, Ettlingen, Coswig und Haslach. Die Radolfzeller Firma Mall-Neutra GmbH vertreibt europaweit Anlagen zur Abscheidetechnik und zur Reinigung von Industrieabwasser.

Die EnviTec-Mall Umweltsysteme GmbH mit Sitz in Greven/Westfalen entwickelt und vertreibt Behältersysteme für Großkläranlagen mit einem Durchmesser von bis zu 65 m und einem Volumen bis zu 28.000 m<sup>3</sup>. Mittlerweile beschäftigt die MALL-Gruppe an ihren sechs Standorten 370 Mitarbeiter.

Zu einer erfolgreichen Vermarktung gehört auch die gute Information und Betreuung der Kunden. Aus diesem Grund hat sich MALLBETON entschlossen, eine Buchreihe "Ökologie aktuell" ins Leben zu rufen, um dem Kunden die Bedeutung der MALL-Konstruktionen von unabhängigen Autoren in einem größeren Zusammenhang zu verdeutlichen. In der gleichen Reihe erschienen sind das mittlerweile in 5. Auflage erschienene Buch „Regenwassernutzung von A-Z“ sowie ein Leitfaden zur Regenwassernutzung.

# Inhalt

<b>1. Die Geschichte des Abwassers</b>	<b>13</b>
1.1 Die vorindustrielle Behandlung von Fäkalien und häuslichen Flüssigabfällen	13
1.2 Urin und Fäkalien: Vom (persönlichen) Eigentum zum Tabu	14
1.3 Abfuhr oder Schwemmkanal - eine Auseinandersetzung mit falschen Argumenten ?	17
1.4 Die rechtlichen und institutionellen Rahmenbedingungen bei der Einführung der Schwemmkanalisation	23
1.5 Die ökologischen Konsequenzen - „Die Flussverunreinigungsfrage“	26
1.6 Über 100 Jahre „end-of-pipe“	29
1.7 Zusammenfassende Schlussfolgerungen	36
<b>2. Spülklo, Schwemmkanal und Zentrale Kläranlage</b>	<b>39</b>
2.1 Abwasser	41
2.2 Siedlungsentwässerung heute - Schwemmkanal und Zentralkläranlage	46
2.3 Lineare Stoffströme durch einheitliche Schwemmkanalisation für kommunales Abwasser	50
2.3.1 Was hat Abwasser mit der globalen Klimaveränderung zu tun ?	
2.3.2 Das Meer und der Klärschlamm - Endlager für die Nährstoffe Phosphor, Stickstoff und Kalium	
2.4 Das ökologische Risiko von Spurenstoffen	61
2.4.1 Vermeidung naturfremder Stoffe - „Sanfte Chemie“	
2.4.2 Harte Chemie Beispiel I: Textilabwässer	
2.4.3 Harte Chemie Beispiel II: Arzneimittel und Klinikabwässer	
2.5 Gefährdung des Grundwassers	75
2.5.1 Viel hilft viel - Eintrag aus der Landwirtschaft	
2.5.2 Regen, Staub und Aerosole - Eintrag aus der Luft	
2.6 Stoffumsätze in privaten Haushalten	79
2.6.1 Waschen und Reinigen	
2.7 Einfluss der privaten Haushalte auf die Stoffeinträge in Boden und Grundwasser im Vergleich zum Eintrag durch die Luft und die Landwirtschaft	87
2.8 Zusammenfassende Schlussfolgerungen	88
<b>3. Recht und Gesetz</b>	<b>91</b>
3.1 Was kostet Abwasser wirklich ?	111
3.2 Zur Situation in den neuen Bundesländern	115
<b>4. Vom Wassersparen zur Abwasservermeidung</b>	<b>117</b>
4.1 Wassersparende Armaturen	119
4.2 Wassersparende Wasch- und Spülmaschinen	120
4.3 WC-Unterbrechertaste und wassersparende WCs	123
4.4 Wassersparende bzw. wasserfreie Urinale	124
4.5 No-Mix-, Urin-Separierungs-, Trenntoiletten	127
4.6 Kompost-Toiletten - Trockenklos	128
4.7 Wassersparende Verhaltensweisen	133
<b>5. Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung</b>	<b>137</b>
5.1 Versickerung von Niederschlagswasser	138
5.1.1 Anhaltswerte für die Bemessung von Versickerungseinrichtungen	
5.1.2 Verfahren der dezentralen Versickerung	
5.2 Regenwassernutzung	150
5.3 Gründächer	158
<b>6. Dezentrale Abwasserbehandlung für ländliche und städtische Gebiete</b>	<b>161</b>

6.1	Überblick über verschiedene Abwasserreinigungsverfahren	163
6.2	Bemessung dezentraler Verfahren	170
6.3	Kosten dezentraler Verfahren	172
6.4	Vorrotte - eine Alternative zur Vorklärung	174
6.5	Abwasserteiche	175
6.6	Kleine Belebungsanlagen	176
6.7	Sequencing Batch Reactor (SBR)	177
6.8	Tropfkörper und andere Biofilm- bzw. Festbettverfahren	181
6.9	Pflanzenkläranlagen, Bodenfilter	184
6.10	Retention und/oder Behandlung von Regenwasser und/oder Mischwasser in Bodenfiltern und Teichen	189
6.11	Klärschlammvererdung in Schilfbeeten, Solare Klärschlamm-trocknung	190
6.12	Elektrolyse und Elektroflotation - Beispiel für die Reinigung von gewerblichen Abwässern	191
6.13	Membranbelebung (-biologie), Mikro-, Nanofiltration - Abwasserreinigung der Zukunft?	191
<b>7.</b>	<b>Grau-, Betriebs- und Nutzwasser reinigen und verwenden</b>	<b>193</b>
7.1	Grauwasserrecycling	196
7.2	Duschwasserrecycling	198
<b>8.</b>	<b>Zukunftsfähige Wasserwirtschaft - Vom Stoffdurchfluss zum Stoffkreislauf</b>	<b>201</b>
8.1	Leitbilder zukünftiger Konzepte	202
8.2	Vom Stofffluss zum Stoffkreislauf häuslichen Abwassers	204
8.3	Teilstromorientierte Sanitärkonzepte	208
	8.3.1 Komposttoilette und Grauwasserbehandlung	
	8.3.2 Separate Teilstrombehandlung von „Anthropogenic Nutrient Solutions“ (ANS=Urin)	
	8.3.3 Vakuumsammlung und anaerobe Behandlung von menschlichen Fäkalien, Urin und organischem Hausmüll zu Biogas	
	8.3.4 Aufkonzentrierung der Nährstoffe durch Kreislaufführung des oxidierten Schwarz- oder Braunwassers	
	8.3.5 Nutzung der Resource Abwasser in Aquakulturen	
8.4	Zukünftige Entwässerungsstrategien und ihre Bedeutung für Wohnen und Umwelt	228
8.5	Zusammenfassung zukünftiger Maßnahmen der Wasserwirtschaft	230
8.6	Zukunftsfähige Wasserwirtschaft - Ausblick	232
8.7	Referenzprojekte	236
<b>9.</b>	<b>Vorbild für Länder mit geringerer Industrialisierung und für andere Klimaverhältnisse ?</b>	<b>241</b>
<b>10.</b>	<b>Institutionen, Tagungen &amp; Adressen</b>	<b>245</b>
10.1.	Adressenverzeichnis	246
10.2	Anbieterverzeichnis (Planer und Hersteller)	253
<b>11.</b>	<b>Quellen und weiterführende Literatur</b>	<b>257</b>
	<b>Abkürzungen und Stichwortverzeichnis</b>	<b>295</b>





# 1. Die Geschichte des Abwassers

Die Vergegenwärtigung der historischen Abwasserbehandlung ist ein wichtiger Schlüssel, um die eigene Gegenwart als ein zeitgebundenes und beeinflussbares Durchgangsstadium in die Zukunft zu begreifen. Nur so lassen sich die Folgen unseres Umgangs mit häuslichem Abfall besser verstehen und die Trägheit überkommener Technologien überwinden.

Noch allzu oft wird die Geschichte der industriellen Revolution und der damit verbundene Bau der Schwemmkanalisation als mehr oder weniger linear verlaufende Erfolgsstory - als ein großer hygienischer Fortschritt - vermittelt. Die folgenden Überlegungen geben eine knappe Übersicht darüber, welche gesellschaftlichen Zusammenhänge zu berücksichtigen sind, wenn man die Geschichte des Umgangs mit Wasser aus heutiger Sicht beurteilen will. Die Leistungen dieser Lösungen sollen damit nicht geschmälert werden. Sie müssen jedoch aufgrund neuer Rahmenbedingungen und globaler Erfordernisse nun auch hinsichtlich ihrer Dauerhaftigkeit hinterfragt werden.

## 1.1 Die vorindustrielle Behandlung von Fäkalien und häuslichen Flüssigabfällen

Die Cloaca Maxima in Rom ist ein noch heute erhaltener riesiger unterirdischer Kanal, der einem ursprünglich natürlichen Gewässerlauf folgt und der nach dem Jahr 200 v. Chr. ein Gewölbe erhielt. Zusammen mit weiteren sechs Sammelkanälen entwässerte die Cloaca Maxima bereits vor über 2000 Jahren Schmutz- und Regenwasser.

Die Cloaca Maxima steht bei der Bestimmung der kulturellen Leistungen der Römer der Erfindung des Zements oder dem Bau der Aquädukte um nichts nach. Als Vorläufer der heutigen Kanalisation betrachtet, herrscht Verwunderung darüber, warum diese Form der Abwassertechnik bis zum 19. Jahrhundert scheinbar vergessen wurde.

Der Vergleich zwischen Cloaca Maxima und der heutigen Kanalisation hinkt jedoch. Was die Römer als „latrinas“ bezeichneten, waren öffentliche Orte, zu denen diejenigen gingen, die keine Sklaven zum Leeren und Säubern ihrer Becken hatten. Denn trotz Cloaca Maxima war die Verwendung von Fäkalien zur Düngung des Bodens bei den Römern die Regel. Ob Fäkalien in nennenswertem Umfang mit Wasser in die Kloaken gespült wurden, ist bis heute ungeklärt. Ein wesentlicher Bestandteil des heutigen Schwemmsystems, das Wasserklosett, hat den Römern wohl gefehlt.

Die meist kleinen „ländlichen“ Strukturen und Lebensgewohnheiten in Europa erforderten bis zum 18. Jahrhundert keine großen Kanäle. Noch um die Mitte des vorigen Jahrhunderts wurde ein Sechstel der Pariser Stadtfläche zum Anbau von Gemüse genutzt. Paris exportierte neben Gemüse auch Humus und Dünger (ILLICH 1987).

Literaturtipp! ILLI, M. (1987): Von der Schissgruob zur modernen Stadtentwässerung.- (herausgegeben von der Stadtentwässerung Zürich); Neue Zürcher Zeitung, Zürich, 263 S.

vgl. weiterhin WEYL 1900, FRANK 1953, TARR 1977, 1985, SIMSON 1978, 1983, PIEPER 1987, ILLICH 1987, KLUGE & SCHRAMM 1988, LAPORTE 1991, VIGARELLO 1992, MÜNCH 1993, BÜSCHENFELD 1994, BOURKE 1992

Die Geschichte des Umgangs mit unseren Fäkalien und häuslichem Abfall ist, wie es LAPORTE (1991) beschrieben hat, auch heute noch eine Geschichte der Wiederentdeckungen.

LAPORTE beschreibt, wie sich *„im Zeitraum von nur wenigen Jahren die Verhaltensweisen gegenüber Unrat völlig umkehren, so dass man schließlich zu den früheren Praktiken zurückkehrt. So war es im 15. Jahrhundert ebenso wie zur Zeit der Römer üblich, Urin zum Walken und Entfetten von Kleidungsstücken zu benutzen. Die Mützenmacher und Strumpfwirker von Paris, die über dieses Verfahren entrüstet waren, beklagten sich 1493 beim König, daß die erwähnten Mützen und andere Erzeugnisse, die auf diese Weise mit dem genannten Harn gewaschen werden, nicht anständig, gesund und schicklich sind, um sie auf den Kopf zu setzen, wegen der Verpestung, die darin ist und darin bleibt. Aber fünfzig Jahre später, um 1550, wurde der Urin [...] von den Walkern erneut benutzt.“*

In der Tat ist die Wiederverwendung von Abfall eine immer wiederkehrende Erscheinung und keine Neuentdeckung unserer Zeit. Für eine „dauerhafte“, „nachhaltige“ oder zukunftsfähige Entwicklung stellt sie eine Notwendigkeit dar.

## 1.2 Urin und Fäkalien: Vom (persönlichen) Eigentum zum Tabu

Einen wichtigen historischen Scheidepunkt macht LAPORTE zu Beginn des 16. Jahrhunderts aus. Er nennt das im November 1539 von König Franz von Frankreich erlassene Edikt, welches untersagt, Mist, Kot, Asche, Dreck oder anderen Unrat auf die Straße auszuleeren, und weiterhin anordnet, diesen Kot und Unrat innerhalb der Häuser in Gefäßen zu sammeln und aus Paris aufs Land zu bringen. Zur gleichen Zeit war eine Bestimmung erlassen worden, dass von nun an alle staatlichen Verlautbarungen in der Umgangssprache (französisch) ohne Rückgriffe auf das Lateinische zu erfolgen hatten. Das Edikt von 1539 war somit eines der ersten, das für jedermann verständlich sein sollte. Nach LAPORTE geht es in diesem Erlass allenfalls vordergründig um Reinlichkeit auf den Straßen, sondern vielmehr um eine „Domestizierung des Abfalls“. Abfall wird zur Privatsache. Und dies ist etwas wirklich Neues - und ein großer Unterschied zu den Römern und vielen anderen Kulturen.

Mit dem Edikt von 1539 wird der Abfall, insbesondere die Fäkalien, *„als Gegenstand der Politik, zu einer Privatsache, zur Angelegenheit jedes Untertanen, jedes Eigentümers...“*. Der moderne Staat und die Öffentlichkeit beginnen seit dem 16. Jahrhundert über den Abfall eine widersprüchliche Auseinandersetzung zu führen. Schmutzige Wäsche und der Abfall vor der Tür ging nur die eigene Familie etwas an, andererseits zahlte man Steuern, um diese regelmäßig abtransportieren zu lassen. Diese Form der Privatheit hatte es im Mittelalter nicht gegeben. Die Unterscheidung zwischen „öffentlich“ und „privat“ eröffnete eine neue Grundlage für den Einfluss des Staates. In der Folge des Erlasses von 1539 lässt sich die Sauberkeitsideologie nicht mehr von der des Eigentums und der Macht des Staates trennen. Der Unrat verliert mit der Abfuhr das

### Tabuthema unserer Zeit: Fäkalien

Bei qualitativen Umfragen zum persönlichen Tagesablauf („...beschreiben Sie die Handlungen des letzten Tages !“) wird der Gang zur Toilette, das Spülen mit Wasser oder das Händewaschen in der Regel vergessen (HEIDENREICH pers. Mitt./BMFT-Projekt Wasserkultur), obwohl die meisten im Schnitt 5-6 mal am Tag eine Toilette benützen.

Eine Befragung unter Studenten aus Wollongong (Australien) und Dortmund, in der bestimmte Themen nach dem Grad ihrer Tabuisierung bewertet werden sollten, ergab folgende Rangfolge (aus PIEPER 1988, S.231):

Thema	Rangplatz Dortmund	Rangplatz Wollongong
Toilettengewohnheiten	1	1
Sexualverh. als Erw.	2	2
Sexualverh. als Kind	3	3
Beschämende Vorgänge	4	5
Politische Meinungen	5	7
Phantasien, Tagträume	6	6
Agressive Gedanken	7	9
Menstruation	8	4
Eigenes Körperbild	9	8
Parapsychologie	10	14
Gute Eigenschaften, Erfolge	11	14
Körperhygiene	12	12

Trotz der öffentlichen Tabuisierung verabschieden sich die meisten Menschen von ihren eigenen Fäkalien mit einem kurzen privaten Blick in die Klosettschüssel.

Private, das Körperliche und sein „unheilvoller Einfluss“ verflüchtigt sich zugunsten seiner die Erde „befruchtenden Kraft“. Der Staat als Organisator von Abfall demonstriert und legitimiert seinen Einfluss. In der Folge entwickelten die Individuen gegensätzliche Verhaltensweisen, gewissermaßen eine zweifache Existenz. Zum einen gibt es die private Existenz der „natürlichen Neigungen“, die man durch Mäßigung zu zähmen hatte, zum anderen gibt es eine öffentliche Existenz - die Kultur. In der Öffentlichkeit galten hochkonventionelle Verhaltensformen, die den Umgang der einander Fremden miteinander regelten bzw. ermöglichten. Das Ausleben privater Interessen hatte dort nichts zu suchen.

Wenn die Entstehung des Privaten Grundlage für die Einflussnahme des modernen Staates war, so war der Staat im 19. Jahrhundert gefordert, seinen Einfluss zu legitimieren. Insofern ist die Einführung der zentralen Wasserversorgung und der Schwemmkanalisation eine Wiederentdeckung des „Cloaca-Maxima-Staates“, der unter Einzug von Gebühren die Ver- und Entsorgung übernimmt, allerdings auf neuer Grundlage.

Bis etwa zur Mitte des 19. Jahrhunderts gab es nur wenige zentrale Einrichtungen zur Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, und die wenigen waren in

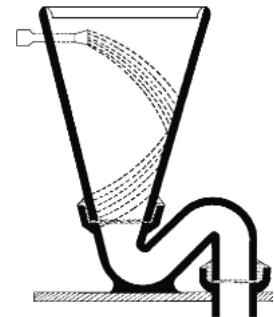


Abb. 1:

Trichtertoilette (aus PALMER 1977)  
Um 1900 wird das WC zum Statussymbol des englischen Haushalts; für Arbeiterhaushalte das billige Trichter klosett und für den gehobenen Stand das etwa 5-mal teurere Tiefspülklosett

privater Hand. Erst zur Mitte des 19. Jahrhunderts wurde allmählich die „private“ durch eine öffentliche Wasserversorgung ersetzt. Bei der Abwasserentsorgung fand das um etwa 20 Jahre zeitversetzt statt. Die überwiegende Mehrzahl der Stadtbewohner holte auch Mitte des letzten Jahrhunderts Trink- und Brauchwasser noch aus kleinen Brunnen, Bächen oder Flüssen (ILLI 1987, 1993).

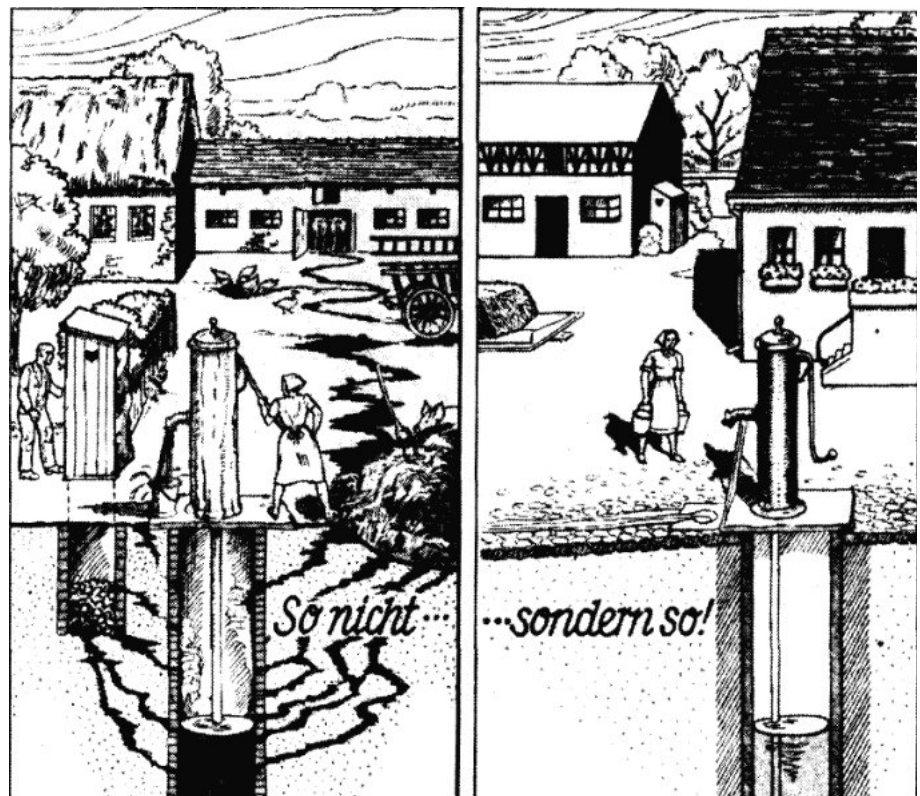
Das Wasser der Brunnen war oft weder kristallklar noch geruchsfrei. Der Zusammenhang zwischen verschmutztem Wasser und Krankheit war weitgehend unbekannt. Zum unmittelbaren Umfeld des immer noch landwirtschaftlich orientierten Stadtbürgers gehörten Viehstall, Gemüsegarten und Misthaufen ebenso dazu wie Hausbrunnen und Abortgrube. Die Fäkalien aus der Abortgrube wurden unter ökonomischen Gesichtspunkten gesehen. *„Ekel wurde durch das Lustgefühl des Geldverdienens kompensiert“* (O'MALLEY 1995). Aus diesem Grund stießen viele der ersten Kanalisationsplanungen auf erhebliche Widerstände, da sich die Hausbesitzer in ihrer bürgerlichen Freiheit eingeschränkt sahen.

Der Umgang mit Abfall hängt nicht nur von objektivierbaren Verhältnissen, z.B. der Menge, der Zusammensetzung oder der Nutzung ab, sondern in viel größerem Maße von der Einschätzung des subjektiven Wertes und der persönlichen Wahrnehmung. Hierbei spielen Faktoren eine Rolle, die meist nur mittelbar mit dem eigentlichen Abfallproblem zu tun haben.

Erst ekelregende Zustandsbeschreibungen der heimischen Gassen und Kanäle und visionäre Beschreibungen der Zustände in den großen Metropolen führten zu einer Änderung der Wahrnehmung, und zwar zunächst beim naturwissenschaftlich interessierten Bürgertum. *„Der Gestank musste erst im Kopf entstehen, ehe er sich in der Nase bemerkbar machte“* (O'MALLEY 1995).

Abb. 2:

Illustrationen von 1947, wie sie aus englischen Aufklärungsschriften seit dem Ende des letzten Jahrhunderts übernommen wurden, um die gesundheitlichen Gefahren zu verdeutlichen, die von Brunnen ausgehen, die zu nah an Abwassergruben oder Kanälen liegen (aus Reh 1988: 120; vgl. auch Illustration in Fahl 1997, S. 23, Brunnen neben Kanal von 1866).





Auch die ersten Untersuchungsmethoden der Experten waren noch sehr stark von sinnlichen Wahrnehmungen geprägt. Die Auffassung, dass miasmatische Ausdünstungen (Gestank) Krankheiten übertragen, war weit verbreitet. Folglich geriet bei Ingenieuren alles ins Blickfeld, was dazu geeignet schien, Gestank zu vermeiden oder zu überdecken. Dazu zählten auch die schlammigen stehenden Abwässer in den Gossen, die möglichst schnell fortgeschwemmt werden sollten. Bereits im berühmt gewordenen englischen „CHADWICK-Report“ von 1842 wird die Vorstellung formuliert, dass die Stadt einem sozialen Körper gleiche, der mit viel Wasser, das den Schmutz wegschwemme, gereinigt werden könne. Der allmählich vermittelte Zusammenhang zwischen Schmutz und Krankheit schürte die latente Angst der gesamten Bevölkerung so sehr, dass allmählich erzieherische und hygienische Maßnahmen griffen.

Das Wasserklosett war zum erstrebenswerten Statussymbol der oberen Schichten geworden und konnte sich in England im Gegensatz zu Frankreich rasch durchsetzen (GOUBERT 1988). Zwar war das Einleiten der verdünnten Fäkalien offiziell noch immer verboten, aber die Wassermengen führten schon bald dazu, dass entgegen der Verordnung eine wachsende Zahl von Gruben direkt an die Hauptkanäle angeschlossen wurden. Diese waren meist „umfunktionierte“ alte Wasserläufe, die unabgedeckt allen Unrat in die kurzen Flüsse Englands abschwemmten. Kein Wunder, dass die Themse einer Kloake glich und dass London in den Jahren 1849 und 1853/54 ungefähr 20.000 Cholera-Tote zu beklagen hatte. Nur wenige Jahrzehnte später galten englische Ingenieure als die führenden Fachleute für den Bau und Betrieb von Kanälen. Die Kanäle verliefen nun abgedeckt unter der Erde. Das Abfallproblem war für die englischen Ingenieure gelöst. Aus den Augen aus dem Sinn.

	1800	1850	1880	1910
<b>Berlin</b>	172	419	1122	2071
<b>Frankfurt am Main</b>	40	65	136	414
<b>Hamburg</b>	130	132	290	932
<b>London</b>	1117	2685	4770	7256
<b>Paris</b>	547	1053	2269	2888

Tab 1:

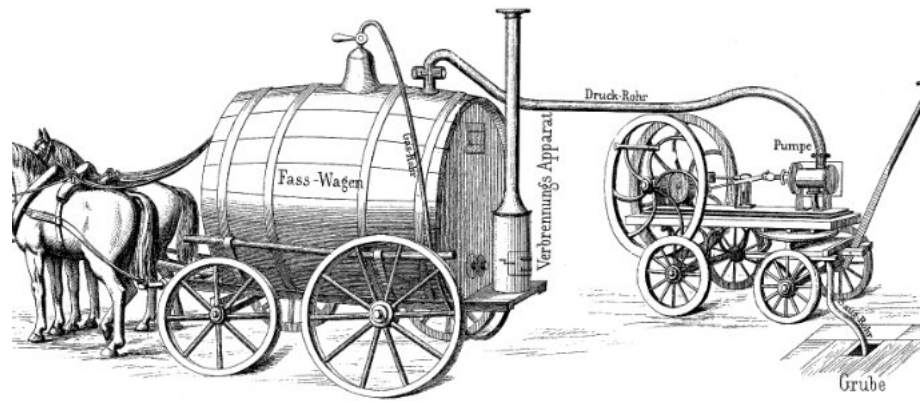
Einwohnerzahlen in großen Städten (Bevölkerungszahlen in Tausend, aus GARBRECHT 1985)

### 1.3 Abfuhr oder Schwemmkanal - eine Auseinandersetzung mit falschen Argumenten ?

Gruben mit Abfuhr oder Schwemmkanalisation - um diese Alternative wurde auch in Deutschland jahrzehntelang heftig gestritten (GRUBER & BRUNNER 1871, PIEPER 1869). Die Abfuhr - also die Trennung der Fäkalien von den übrigen Abwässern und ihre Sammlung in Gruben - hätte Dünger für die Landwirtschaft und eine weniger große Belastung für die Gewässer bedeutet. Für diese Lösung plädierte unter anderen der Agrikulturchemiker JUSTUS VON LIEBIG.

**Abb. 3:**

Die Schiettinger- oder New Yorker Pumpe: rechts die Pumpe mit Handkurbel, links der Kesselwagen mit dem Apparat zum Abtrennen der Grubengase (aus SALVIATI 1865)



Miasma: aus dem Griechischen: „beflecken, beschmutzen“

MAX VON PETTENKOFER war der erste Inhaber des Lehrstuhls für Hygiene in München. Er war der große Konkurrent des Bakteriologen ROBERT KOCH. Um die Richtigkeit seiner Miasmentheorie zu beweisen, verschluckte er eigens für diesen Zweck bei Koch bestellte virulente Cholera Bazillen. Er überlebte diesen Selbstversuch.

Für die Schwemmkanalisation - das bedeutete den Abtransport von festen und flüssigen Stoffen in einem Kanalsystem - setzten sich vor allem Ingenieure und viele Hygieniker ein (CHILD & RUGE 1866). Viele glaubten an CHADWICKS Vision, mit sehr viel Wasser und einer Kanalisation auch soziale (hygienische) Probleme lösen bzw. wegspülen zu können: „die technokratische Lösung der gesamten sozialen Frage“ (SIMSON 1983).

In jedem Fall war die Hygienen Diskussion eng mit der Erklärungskraft der Naturwissenschaft verbunden. Die „Miasmen“-Theorie, die Ansteckungen über Ausdünstungen des Bodens erklärte, führte um 1860 zu einer „krankhaften“ Angst vor dem Gestank der Fäkaliengruben. Die nächtliche Entleerung der Gruben führte regelmäßig zu panikartigem Verhalten (CORBIN 1984). Die Gelehrten warnten sogar die Bauern, sich zu nah über ihre Äcker zu beugen, da aus dem Boden tödliche Miasmen aufsteigen würden. Die sorgfältige Auswertung vor allem der Choleraepidemien seit den 1830er Jahren konnte die „Miasmen“-Theorie jedoch nicht bestätigen. Die empirischen Studien des „Bodentheoretikers“ MAX VON PETTENKOFERS richteten sich daher auf den bis dahin vernachlässigten Faktor Boden. Seine Theorien stützten sich auf die Erkenntnis, dass der Boden porös sei und unvorstellbar große Mengen an Luft und Wasser aufnehmen könne. Die Luftverunreinigung des Bodens blieb lange ein dominierendes Thema - „schließlich brauche der Mensch täglich 9 000 Liter Luft, aber nur 3 Liter Wasser“ (von PETTENKOFER verbreiteter Vergleich, zitiert aus BÜSCHENFELD 1994). Seine Schlussfolgerungen gingen dahin, dass die „*Cholera durch Entwicklung eines Gases, bei Zersetzung flüssiger Exkrementtheile in feuchtem, porösem Erdreich*“ verursacht würde. Die Einführung der Kanalisation sollte laut PETTENKOFER vor allem dem Entzug von Feuchtigkeit aus städtischen Böden dienen, um damit die Entstehung pathogener Ausdünstungen an der Quelle zu verhindern. Pettenkofers Annahme, dass das unreine Wasser selbst nicht schlimmer als destilliertes Wasser oder Regen sei, diente bis in das 20. Jahrhundert als Argument, eine Klärung der Hausabwässer für nicht notwendig erachten zu müssen.

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse wurden als Argumente interessenabhängig eingesetzt. „Kommunalpolitik konnte nun nicht mehr ohne die Hilfe von Experten gemacht werden“ (O'MALLEY 1995).

Mit den Begriffen Sauberkeit und Hygiene wurde die Medizin zu einer wichtigen Leitdisziplin. Der einsetzende „Kampf gegen den Schmutz“ im 19. Jahrhundert

kann jedoch nicht allein aus den neuen medizinischen Erkenntnissen heraus erklärt werden. Ein gewisses Erklärungspotential liegt vielleicht in der Unterscheidung zwischen Säuberung (Sauberkeit) und Reinigung (Reinheit). Die Bemühungen um „saubere Verhältnisse“ zeichneten sich durch eine erstaunliche Hartnäckigkeit aus, und waren in den unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen sehr verschieden. Mit dem „Element“ Wasser wurden Vorstellungen von Sauberkeit und Hygiene verknüpft, ohne dass es als Lösungsmittel dazu unabdingbar notwendig wäre. Inwieweit bestimmte Vorstellungen und Handlungsweisen aus dem Zusammenfallen oder der unbewussten Verwechslung der beiden Geisteshaltungen von Reinheit und Sauberkeit entstanden sind, ist bisher kaum untersucht (vgl. auch ILLICH 1987). Auch welche Wirkung der Werbespruch „Nicht nur sauber sondern rein“ in diesem Zusammenhang hatte oder hat, ist unklar.

Neben den hygienischen Argumenten war ein wesentlicher Grund für die Einführung der Schwemmkanalisation die rasche Zunahme des Wasserklosetts (VARRENTRAPP 1868). Vor allem das Bürgertum reagierte zunehmend empfindlich auf die Geruchsbelästigungen, die besonders bei der Entleerung der Fäkaliengruben entstanden. Der Siphon des Klosetts beendete diese Belästigung. Die nun wasserverdünnten Grubenfäkalien fanden keine Abnehmer mehr in der Landwirtschaft. Die hygienischen Verhältnisse verschlechterten sich weiter, da nun die Klosettabwässer sich einfach in schon vorhandene Rinnsteine ergossen, um schließlich in den nächsten Bach zu fließen. Die Einführung der Schwemmkanalisation war die zwingende (da einfachste) Konsequenz dieser Entwicklung - bei weitem aber nicht die einzige Möglichkeit. Von Schwemmkanalgegnern wurden damals unter anderem immer wieder die Alternativen das „Heidelberger Tonnensystem“ (LIPOWSKY 1878, MITTERMAIER 1897) und das „Liernursystem“ (LIERNUR 1873) empfohlen.

Das Heidelberger Tonnensystem geht auf den Arzt CARL MITTERMAIER zurück. Es bestand im Wesentlichen aus einer zur Abfuhr geeigneten dichten Tonne mit „Siphon“ für Entlüftung und Geruchsabschluss, die in kurzen regelmäßigen Abständen mit Pferdewagen abgeholt und in größeren Sammelbehältern zur landwirtschaftlichen Verwertung gefahren wurden (vgl. Abb. 4).

Das Liernursystem kann als Vorläufer der heutigen Vakuumentwässerung (vgl. Kap. 8.3.3) gelten. Es geht auf einen Auftrag des Prinzen HEINRICH DER NIEDERLANDE an T. CHARLES LIERNUR aus dem Jahre 1865 zurück, die Festung Luxemburg von ihrem Schmutzwasser zu befreien. Er hatte dabei die Auflage, das Schmutzwasser weder in das Flüsschen Elz abzuleiten noch mit dem Wagen zu entfernen. Das Ableitungssystem, das LIERNUR daraufhin entwickelte, bestand im Prinzip aus zwei verschiedenen Ableitungsrohren. Das eine führte Haus-, Regen- und Gewerbeabwasser, das andere bestand aus luftdicht miteinander verbundenen gusseisernen Rohren zur Ableitung der Abgänge aus öffentlichen und privaten Abtritten, Pissoirs, Kasernen, Krankenhäusern, Gefängnissen, Stallungen, Schlachthöfen etc.. Die Fortbewegung wurde durch „eine dreiviertel Luftpumpe“ mittels Pumpstation erreicht. Die Klosetts waren so geformt, dass sie nur eine geringe Menge Wasser benötigten. Die gesammelten Schmutzwassermassen sollten entweder zu „Poudrette“ verarbeitet oder kompostiert und landwirtschaftlich verwertet werden.

Das WasserClosett verwandelte Dünger in Abfall, ein unvermeidbarer Sachzwang ?

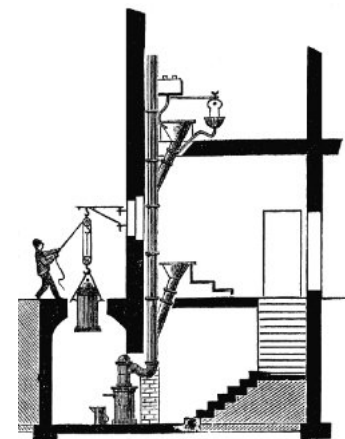


Abb. 4:  
Heidelberger Tonnensystem  
(aus LIPOWSKY 1878)

Poudrette: Frz. getrockneter, natürlicher Dünger



Tab. 2:

In Amsterdam an das Liernur-System angeschlossene WCs  
(aus VAN ZON 1986)

Jahr	Anzahl
1899	771
1900	1110
1901	1375
1902	2029
1902	2152
1903	3471
1904	3897
1905	4354
1906	4893
1907	1933
1908	1871
1909	1801
1910	1730
1911	1644
1912	1555
1913	943
1914	514

Von der Verwertung als Dünger versprach sich LIERNUR auch finanziell einen Gewinn. Alle Fabriken sollten vor einer Einleitung ihre Abwässer selbst reinigen. Um dies überprüfen zu können, schlug er vor, an jeder Fabrikabwasserableitung einen Siphon anzubringen, wo jederzeit eine Wasserprobe zur Überprüfung vorgenommen werden könne. „Denn erstens wäre es unbillig, wenn der Gewerbetreibende, der den Gewinn aus seinem Betriebe genießt, seinen Mitbürgern den Schaden und die Kosten einer nachherigen Reinigung aufbürdete, die seine unreinen Abflüsse verursachen. Zweitens ist es unmöglich, eine Flüssigkeit zu reinigen, die allerlei Abfallwässer durcheinander gemischt enthält. [...] Jeder Gewerbetreibende kennt sein besonderes Abflußwasser am besten, - auf ihm ruht daher auch die Verpflichtung, für eine vollkommene Reinigung zu sorgen.“ (LIERNUR 1890, S.29)

LIERNUR hat sein System in vielen Vorträgen, einer eigenen Zeitschrift „Archiv für rationelle Städteentwässerung“ (1884-1891) und in vielen Presseartikeln mit großem Einsatz zu verbreiten versucht. Gegen die Übermacht der Befürworter des Schwemmkanals hatte er jedoch letztlich keine Chance.

Es ist nicht ganz einfach zu rekonstruieren, aus welchen Gründen sein System damals scheiterte. Eine Vielzahl von Schwierigkeiten standen LIERNURS System entgegen:

- Fehler bei der Installation, wie Undichtigkeiten oder Fehllanschlüsse,
- Fehlverhalten bei der Benutzung, z.B. durch Verwendung von zu viel Wasser oder dem Herunterspülen von Gegenständen, die das System verstopften,
- Nachlässigkeit der zuständigen Verwaltung; so wurde LIERNUR über Fehler oder technische Mängel nicht unterrichtet,
- Verbreitung von falschen Informationen sowohl von Befürwortern als auch Gegnern des Systems.
- Schließlich konnten die Fäkalmassen, z.T. wegen der zu hohen Wasserverdünnung, nicht in der Weise landwirtschaftlich genutzt werden, wie von LIERNUR erhofft. Sein System umfasste die direkte Verwertung in der Landwirtschaft und hätte eine weniger intensive Landwirtschaft (z.B. Dreifelderwirtschaft) zur Voraussetzung gehabt. Inzwischen hatte sich jedoch Kunstdünger durchgesetzt und eine Poudretteproduktion war nicht mehr finanzierbar.
- Schließlich spielte sicher auch seine Person eine Rolle. Als Publizist verschonte er seine Gegner nicht, und es gelang ihm immer wieder, Menschen, die viele seiner Ansichten teilten, gegen sich aufzubringen.

Trotz dieser Schwierigkeiten konnte sich das Liernursystem in einigen Neubauvierteln von Amsterdam und Leiden einige Jahre etablieren. Tab. 2 zeigt, zu welcher Zeit wieviele WCs an das LIERNUR-System in Amsterdam angeschlossen waren. Eine ausführliche historische Aufarbeitung der diskutierten Alternativen zur Schwemmkanalisation fehlt bis heute.

Bisher wird vielfach angenommen, dass sich die Schwemmkanalisation und die Einleitung der Fäkalien wegen der damit erreichten hygienischen Erfolge durchgesetzt haben. Doch die Ursachen für den bemerkenswerten Rückgang

Erfolge der Schwemmkanalisation - ein Mythos ?

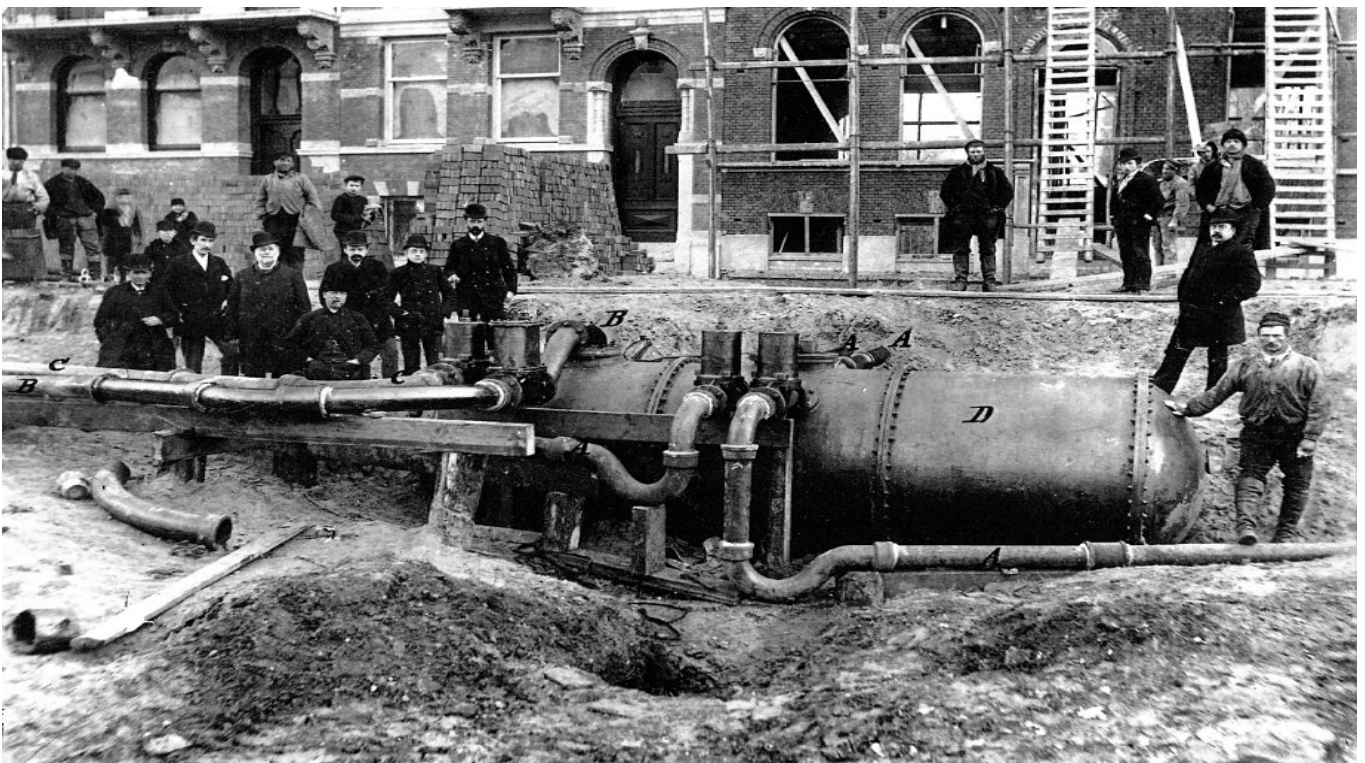
der Sterblichkeitsrate während des letzten Jahrhunderts trotz des schnellen Wachstums der Städte sind noch immer nicht befriedigend geklärt. Neuere Arbeiten (z.B. VÖGELE 1991, 1993, 1994) belegen, dass dieser Rückgang in vielen Städten schon vor der „sanitären Reform der Schwemmkanäle“ einsetzte und nicht, wie vielfach behauptet, darin eine wichtige Mitursache hatte. Bereits die Kanalgegner hatten diesen Einwand vorgebracht und die Mortalitätsraten in Städten mit Schwemmkanälen (z.B. Berlin, Breslau) mit solchen mit „trockener Abfuhr“ (Dresden, Stuttgart) verglichen (z.B. WINTERHALTER 1890).

Wasserversorgung und Abwasserentsorgung wurden nur selten im Zusammenhang diskutiert. Eine Entscheidung für die Sanierung der einzelnen öffentlichen bzw. privaten Brunnen anstelle der Einführung einer zentralen Wasserversorgung hätte die Schwemmkanalisation wahrscheinlich verhindert. Die lokalen Brunnen hätten zumindest den großen Wasserbedarf, den ein Freispiegelkanal auch bei trockenem Wetter besitzt, nicht decken können. Ihre Sanierung hätte jedoch gelingen können, wenn bei der Diskussion um die kommunale Wasserversorgung die undichten Gruben gleich mitbedacht worden wären.

Die Entwicklungen der industriellen Revolution führten zwischen 1850 und 1900 auch zu starken Veränderungen des „gesellschaftlichen Umgangs mit Wasser“ (=Wasserwirtschaft). Im Einzelfall gingen die Meinungen über die beste wasserwirtschaftliche Lösung sehr weit auseinander. Die zähen Auseinandersetzungen zwischen Hygiene, Landwirtschaft, Fischerei, Kommunen und Industrie hatten bis in das 20. Jahrhundert hinein eine stark regionale

Abb. 5:

Foto einer Vakuumpumpstation in der Roemer Visscheustraat Amsterdam vom Juli 1873 (Foto Fa. Roediger)



Ausrichtung. Die Verantwortlichen für Wasserversorgung und -entsorgung waren auf praktische Erfahrungen angewiesen. Die örtlichen Verhältnisse waren das Maß aller Dinge.

Um 1890 existierten nebeneinander verschiedene Abfuhrsysteme, wie das Heidelberger Tonnensystem, das Liernersystem und die ersten Ansätze zu verschiedenen Formen von „Schwemmkanalisation“, also eine erstaunliche Vielfalt an wasserwirtschaftlichen Lösungen (vgl. z.B. SALOMON 1911, GRAHN 1899-1904, BONNE 1904, 1912). Diese Vielfalt betraf jedoch nicht nur die technischen Lösungen, sondern auch die verschiedenen sozio-ökonomischen Regelungen, wie z.B. Wasser- bzw. Abwasserabgaben oder polizeiliche Vorschriften (u.a. IBEN 1895, KOCH 1911).

Eine Schlüsselrolle kam dabei den sich um die jeweiligen Interessensverbände gruppierenden Experten aus unterschiedlichsten Fachdisziplinen zu (SCHUA 1981). Dem regionalen Bezug in der Praxis der Wasserwirtschaft stand die Entstehung einer überregionalen theoriebezogenen „scientific community“ gegenüber (Erster Internationaler Hygiene-Kongress 1852; vgl. z.B. SIMSON 1983).

#### **Fallbeispiel Freiburg i.Br.**

In Freiburg wurden häusliche Abwässer und Regenwasser, oft mit Müll vermischt, über die offenliegenden Stadtbäche abgeschwemmt (KAST 1876, SCHULTE 1924). Die Müllabfuhr und die pneumatische Entleerung der Abortgruben waren lange Zeit an Privatfirmen verpachtet, zuletzt ab 1880 an die Firma BUHL & KELLER. Sie bereitete die Fäkalien durch Destillation zu trockenem Düngerstreupulver („Poudrettefabrikation“) und Ammoniak auf. Beim Konkurs der Firma im Jahre 1887 übernahm die Stadt das Abfuhr- und Müllverwertungsgeschäft selbst. Bis zur Jahrhundertwende konnte sie dabei sogar Überschüsse erzielen. Im Jahre 1888 gab es ca. 3000 Aborte. Die Fäkalien sammelten sich in nahe oder unter den Häusern angelegten Versitz- oder Senkgruben. Aus dem stark mit Rückständen aus der Hausfeuerung versetzten Hausmüll, der 1891 etwa 5000 m<sup>3</sup> umfasste, wurden die wiederverwertbaren Stoffe wie Papier, Glas, Metall herausgelesen (vgl. heute!). Die kompostierfähigen Bestandteile bereitete man mit einem Teil der Fäkalien aus den Senkgruben zu Dünger für die Landwirtschaft auf. Schon 1875 wurde der Bau eines unterirdischen Hauptkanals beschlossen. Wegen Meinungsverschiedenheiten über die technische Ausführung und über die Entsorgung der Fäkalien wurde die Hauptkanalisation erst 1888 und zunächst nur für 4 Entwässerungsgebiete fertiggestellt, wobei die Hausanschlüsse nur sehr zögernd folgten. Von 1888 bis 1914 wuchs das Kanalnetz von 23 km auf 120 km an. Zur Aufnahme und Reinigung der Abwässer ging ab 1892 eine 500 ha große Rieselfeldanlage in Betrieb (Stadt Freiburg 1898, SCHIRRMEISTER 1937). Alle Aborte wurden mit Wasserspülung versehen und an die Kanalisation angeschlossen. Parallel zum Bau der Kanalisation entwickelte sich auch die Wasserversorgung (MÜLLER 1913). Waren 1875 erst 900 Häuser an die Stadtleitung angeschlossen, so waren es 1908 5093, die Zahl privater Klosetts war von 3000 (1888) schon 1898 auf 11 510 angestiegen.

Das Wassergeld für den häuslichen Verbrauch wurde mit 2,5% vom Mietwert veranschlagt. Seit Ende 1907 wurden zur Kontrolle des Verbrauchs Wassermesser angebracht. Der Wasserverbrauch pro Einwohner und Tag sank von täglich 348 Liter (1899) auf 186 Liter im Jahre 1913. Die enormen Mengen erstaunen auf den ersten Blick, wenn man sie mit dem heutigen Verbrauch (ca. 120 Liter pro

Einwohner und Tag) vergleicht oder gar mit den Verbrauchswerten nach 1945 von 60 Liter pro Einwohner und Tag. Ein Teil lässt sich damit erklären, dass die Leitungsverluste ganz erheblich waren: ca. 30% im Gegensatz zu heute 5-10%. Eine historische Aufarbeitung darüber, zu welchen Zwecken und wieviel Wasser um die Jahrhundertwende verwendet wurde, fehlt bisher. In den letzten Jahren ist die Länge des Kanalisationsnetzes von 450 km auf 721 km Länge (Stand 1994) angestiegen (davon heute 66% im Trennsystem, vgl. Kap. 2.2), die durchschnittliche Länge im selben Zeitraum pro Einwohner von 3 m auf 4 m. Der Wiederbeschaffungswert der Abwasserbehandlungsanlagen wird in Freiburg auf 1 Mrd. DM geschätzt und die Sanierungskosten für die nächsten 5-10 Jahre auf 100 Mio. DM, für die nächsten 30 Jahre auf 150 Mio. DM. Der Abwasserpreis ist daher enorm gestiegen. Betrug er vor 20 Jahren noch DM 0,60 /m<sup>3</sup> so lag er 1986 bei DM 2,82/m<sup>3</sup>. Damit liegt Freiburg allerdings im Vergleich zu anderen Städten noch am unteren Ende der Abwassergebühren (vgl. Kap. 2.8).

## 1.4 Die rechtlichen und institutionellen Rahmenbedingungen bei der Einführung der Schwemmkanalisation

Eine bedeutende gutachterliche Instanz bei den Genehmigungsverfahren für Kanalisationsprojekte war die „Wissenschaftliche Deputation für das Medizinalwesen in Preußen“. Sie erkannte zwar die hygienischen Argumente für die Einführung der Schwemmkanalisation an, lehnte jedoch einige Kanalprojekte mit dem Hinweis auf den Nachteil der massiven Gewässerverschmutzung ab. Dazu gehörten vor allem solche Kanalbauprojekte, die ohne Kläranlagen oder Rieselfelder konzipiert worden waren (z.B. in Frankfurt a.M., Köln und Stettin).

Diese ablehnenden Voten gingen einer weitreichenden Ministerialentscheidung voraus, die die Genehmigungsbehörden 1877 anwies, ohne vorherige ministerielle Zustimmung kein Kanalisationsprojekt zu akzeptieren. Für viele Kommunen, die sich Rieselfelder oder Kläranlagen nicht leisten konnten, kam dies einem „Einleitungsverbot“ gleich, zumal das Einleiten von Fäkalien in die Kanalisation in diesem Erlass ausdrücklich untersagt war.

Dem Gewässerschutz wurde somit zunächst der Vorrang eingeräumt. Doch der Protest der Kommunen, die vorhandene Kanäle nutzen und fortgeschrittene Planungen umsetzen wollten (so waren in Frankfurt bereits 1877 95 km Kanäle fertiggestellt und 3.500 Häuser mit etwa 14.000 WCs angeschlossen), führte zur Aufgabe der Position seitens der „Wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen“. Während sie sich zwischen 1875 und 1883 eindeutig gegen Kanalisation ohne Abwasserreinigung ausgesprochen hatte, stellte sie von 1888 an die Positionen von Städtehygiene und Gewässerschutz gleichberechtigt nebeneinander und ließ nun Kanalisationsbauten auch ohne Abwasserreinigung zu.

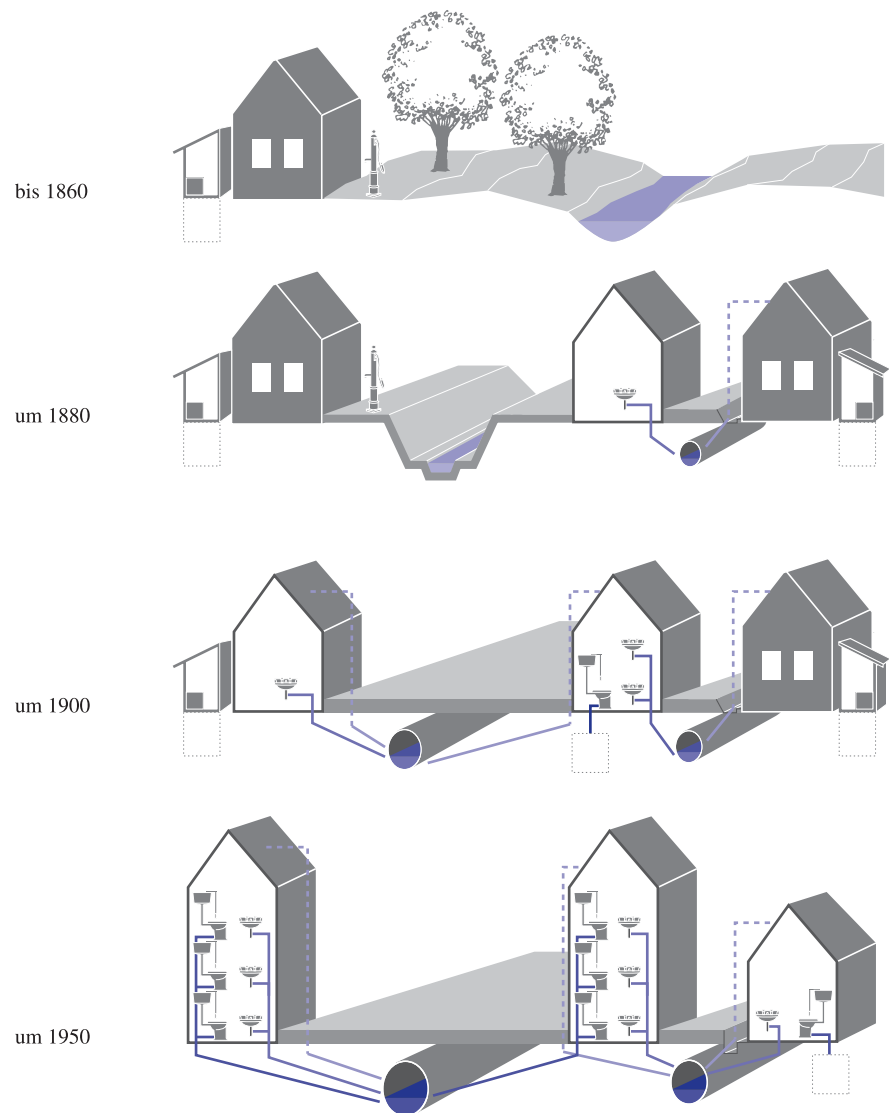
Zu dieser Abkehr vom Gewässerschutz führte sicher auch die damals weitverbreitete Ansicht, dass sich die Qualität des Wassers nach den Erfordernissen und Ansprüchen der Industrialisierung zu richten habe. Das führte zu widersprüchlichen Verhältnissen: Die Betreiber von Zucker-, Papier- und Textilfabriken muteten ihre Produktionsabwässer oft ungereinigt den Unterliegern zu, beklagten aber gleichzeitig die Gewässerverschmutzung der Oberlieger der jeweils anderen

Das Einleiten von Fäkalien in die vorhandenen Kanäle war zunächst verboten.



Abb. 6:

Technikgeschichte der Siedlungs-entwässerung: Mit der Verdichtung der Innenstädte durch den Straßenbau versickerte der Regen nicht mehr vor Ort, sondern musste abgeleitet werden. Mit Einführung zentraler Wasserversorgungen, von Bädern und Spültoiletten wurden die Fäkalien so sehr verdünnt, dass sie in die Kanalisation geleitet werden mussten - zu Düngezwecken waren sie nicht mehr zu gebrauchen. Undichte Gruben führten außerdem zur Verschmutzung der nahegelegenen Brunnen. Aus vielen Bachläufen wurde eine 'Schwemmkanalisation', aus kleinen Kanalrohren wurden große. Seit 1990 wird zunehmend versucht, den Regenabfluss aus der Kanalisation herauszuhalten und dezentral zu versickern (vgl. Kap. 5).



Branche.

Ökologische Zusammenhänge, wie die Bedeutung des Phosphors für das Leben in Gewässern, waren unbekannt. Erst in den dreißiger Jahren erkannte man, dass Phosphor ein limitierender Faktor für die Biomasseproduktion in Süßgewässern ist und die anthropogene Belastung zum größten Teil aus Fäkalien und Urin stammt. Die Konsequenzen der Einleitung - Überdüngung und Verschlechterung der Wasserqualität - wurden in der Öffentlichkeit erst Anfang der sechziger Jahre am Beispiel des Bodensees diskutiert.

Auch der Protest der betroffenen Bewohner verlief nicht etwa parallel zur Zunahme der Gewässerverschmutzung, sondern hing von politischen Rahmenbedingungen ab. Zeitweise galt die Industrialisierung als wünschenswerte anzustrebende Vision, von der man sich vorwiegend Positives - Arbeitsplätze, Wohlstand etc. - versprach. Mit der Industrialisierung kamen die negativen Folgen: Selbstverständliche Dinge wie saubere Gewässer waren bedroht, Kritik und Proteste gegen Neuansiedlungen von entsprechenden Industriebetrieben

wurden stärker.

Um 1900 war das Grubensystem in Deutschland noch der „städtehygienische“ Normalfall. Lediglich die Innenbereiche von ca. 150 Städten waren mehr oder weniger systematisch kanalisiert, und längst nicht in alle Kanalsysteme wurden die Fäkalien eingeleitet (vgl. Tab. 3). Das sollte sich in den darauf folgenden Jahrzehnten schnell ändern.

Der Protest gegen die Schwemmkanäle hatte schon zum Ende des 19. Jahrhunderts seinen Höhepunkt überschritten. Lokale Einwendungen blieben wirkungslos. Der Glaube an die technische Beherrschbarkeit der Probleme, in diesem Falle hinsichtlich der Schwemmkanäle, setzte sich schnell durch. Selbst Basel, dessen Bewohner sich 1876 in einem Volksentscheid mit überwältigender Mehrheit gegen den Bau einer Kanalisation ausgesprochen hatten, wurden durch die Macht der Sachzwänge eingeholt. Engere Straßen, Spültoiletten und zunehmendes Gewerbe führten zu immer mehr Schmutzwasser, zu dessen schnelleren Ableitung nun eben doch Kanäle gebaut wurden.

Gleichzeitig wurde das industrielle System mit seiner Auswirkung auf die Gewässer zur „unbefragten, selbstverständlich vorausgesetzten Rahmenbedingung“ (SIEFERLE zit. in BÜSCHENFELD 1994).

	Baubeginn Kanalisation	Einleitung Fäkalien (vor 1906)
<b>Köln</b>	1881	ja
<b>Bonn</b>	1890	ja
<b>Mannheim</b>	1890	ja
<b>Wiesbaden</b>	1890	ja
<b>Emmerich</b>	1899	ja
<b>Ruhrort</b>	1902	ja
<b>Frankfurt</b>	1867	nein
<b>Mainz</b>	1875	nein
<b>Freiburg</b>	1881	nein
<b>Düsseldorf</b>	1882	nein
<b>Ludwigshafen</b>	1882	nein
<b>Karlsruhe</b>	1883	nein
<b>Worms</b>	1885	nein
<b>Duisburg</b>	1895	nein

Gewöhnung, die Verbannung des Schmutzes aus dem unmittelbaren Blickfeld in lange Kanäle sowie eine dementsprechende Gesetzgebung haben das Abwasserproblem der öffentlichen Aufmerksamkeit entzogen. Es war zum Problem von Spezialisten der Abwasserreinigung geworden. Nur noch extreme Gewässerverschmutzungen lösten öffentlichen Protest aus. Die Verschmutzung bis zu den Grenzen des „Gemeinüblichen“ war Alltag geworden. Einschränkende Gesetze gab es zwar, aber die ausführende Gewalt war nicht in der Lage oder nicht willens, die Gesetzgebung im Sinne des Gewässerschutzes umzusetzen.

Man verlangte von Wissenschaft und Technik, die Eingrenzung der Wasserbelastung

Tab. 3:

Beispiele für den Beginn des Baus der Kanalisation und die Einleitung der Fäkalien (vor 1906). Bis 1897 waren 95% der Städte mit über 5000 Einwohnern noch nicht kanalisiert, 1906 waren erst ca. 150 Städte nach einem Plan kanalisiert; dagegen waren die Hälfte aller Bewohner an eine zentrale Wasserversorgung angeschlossen.

**Grenzwerte** sind heute rechtlich festgesetzte Höchstwerte für das Ausbringen von Schadstoffen, Strahlungen, Lärm usw. in Wasser, Boden, Luft, Lebensmitteln und im menschlichen Körper. Für Inhaltsstoffe beim Einleiten von Abwasser sind die Grenzwerte nicht an einer definierten Wirkung (z. B. auf die menschliche Gesundheit) orientiert, sondern am Stand der Technik zur Abwasserreinigung.

auf ein Maß, d.h. in Zahlen, anzugeben. Als erster „Grenzwert“ kann der von PETTENKOFER eingeführte Verdünnungsfaktor angesehen werden. Er leitete aus Untersuchungen an der Isar ab, dass eine Verdünnung von städtischem Abwasser um den Faktor 15 ausreichend sei, um eine ausreichende Selbstreinigung der Flüsse zu gewährleisten. Der Grad der Verdünnung war in der Folge immer wieder ein wichtiges Maß, die Schädlichkeit einer Abwassereinleitung zu beurteilen. „Der Abwassereinleitung folgen die nicht vorhergesehenen Schäden, den Schäden die öffentliche Aufmerksamkeit, der Aufmerksamkeit die Forschung, der Forschung im günstigen Fall nach langen Gutachterdebatten „grenzwertfähige“ Ergebnisse...“ (BÜSCHENFELD 1994).

## 1.5 Die ökologischen Konsequenzen - „Die Flussverunreinigungsfrage“

Vor der Industrialisierung war die Beeinträchtigung der Gewässer durch Abwässer allenfalls von lokaler Bedeutung. Jedenfalls lassen sich bis dahin gravierende Auswirkungen nicht nachweisen. Immerhin scheint sich doch der eine oder andere auch damals schon Sorgen um die Gewässer gemacht zu haben, wie es SAMUEL TAYLOR COLERIDGE (1772-1834) für die Stadt Köln in Versen formuliert hat.

Köln

In Köln, der Stadt der Pfaffen und Schreine,  
Und stolpertückischer Pflastersteine,  
Der Lumpen, Vetteln und Hexengespenster,  
Da zählt' ich zweiundsiebzig Gestänker,  
Alle bestimmbar, verschiedene Sorten!  
Ihr Nymphen über Kloaken, Aborten,  
Der Rheinfluß, das ist ja bekannt,  
Wäscht Köln, die Stadt, mit eigner Hand;  
Doch sagt mir, Nymphen, die Himmelskraft,  
Die dereinst dem Rheinfluß Wäsche schafft?

Mit der Entscheidung für das Einleiten von Urin und Fäkalien in die Kanäle und dem undifferenzierten Ausbau der Schwemmkanalisation wurde ein Problem - die Städte von ihrem Abwasser zu befreien (Stadtreinigungsfrage) - durch ein anderes, nämlich die Verunreinigung der Gewässer (Flussverunreinigungsfrage), ersetzt. Eine Zusammenstellung der damals dokumentierten Fließgewässerverunreinigungen und ihre Auswirkungen finden sich mit vielen Literaturhinweisen bei KÖNIG (1887), WEIGELT (1892), BONNE (1912), SPLITTGERBER (1917 a,b, 1919 a,b, 1920) oder BAYERL (1987), PAUL (1990, 1991 a,b, 1992 a,b).

Neben den städtischen Abwässern spielten natürlich in steigendem Maße auch die Abwässer von Industrie und Gewerbe eine wichtige Rolle. Durch sie hervorgerufene Beeinträchtigungen wurden in der Regel deutlicher wahrgenommen als Belastungen durch kommunale Abwässer. Sie waren oft schon

VON SAMUEL TAYLOR COLERIDGE (1772-1834); zit. in SCHNEIDER, H.J. (1983): Der Rhein. Inseltaschenbuch 624, S.264

durch Verfärbungen deutlich zu erkennen und sie enthielten oft direkt tödlich wirkende Chemikalien. Die ersten Gewässerschützer waren die Fischer, die ihren Beruf mehr und mehr gefährdet sahen und für die lange Zeit ein gewisser privatrechtlicher Schutz vor Verunreinigung öffentlicher Gewässer galt (vgl. OPPENHEIMER 1896).

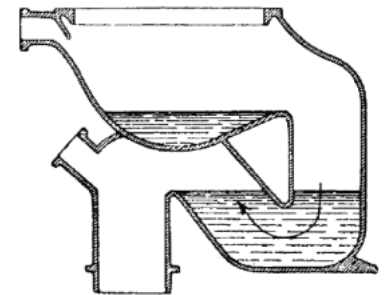
Ein Begriff, der in der Diskussion bei der Flussverunreinigungsfrage eine bedeutende Rolle spielte, war die „Selbstreinigung“. Die Meinungen, ob es den Vorgang der Selbstreinigung gebe und was man darunter zu verstehen habe, gingen weit auseinander.

Trotz der bis zum Ende des 19. Jahrhunderts gefundenen Hinweise darauf, dass Organismen für das Phänomen der Selbstreinigung eine wichtige Rolle spielen, wurde diese Auffassung um 1900 noch immer nicht allgemein akzeptiert. So kam z.B. der Ingenieur CLASSEN 1898 zu dem Ergebnis, eine Selbstreinigung der Gewässer gebe es überhaupt nicht. Ihm verdanken wir eine systematische Zusammenstellung der damals vorgetragenen Einwände gegen die Selbstreinigungstheorie, die er in mehreren Schriften gegen die Einleitung von Fäkalabwasser in die Flüsse verwendete, so z.B. in einem Gutachten gegen die Einführung des Wasserklosetts in Karlsruhe und die damit einhergehende Einleitung dieser Fäkalabwässer in den Rhein (CLASSEN 1899 a,b,c). Die Selbstreinigung wurde als Argument dafür eingesetzt, die offensichtlich gewordenen Nachteile der Schwemmkanalisation und die Einleitung der Industrie herunterzuspielen (WEIGELT 1907).

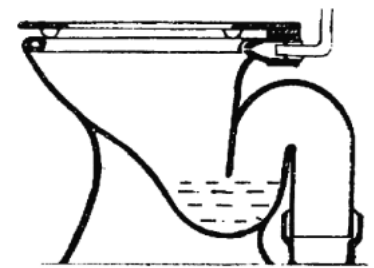
JUSTUS VON LIEBIG, der sich zunächst mit dem Argument, dass die in den Fäkalien enthaltenen Pflanzennährstoffe wieder auf die Felder zurück transportiert werden müssen, gegen die Schwemmkanalisation eingesetzt hatte, schlug sich wenige Jahre später auf die Seite der Kanalisationsbefürworter. Wegen des sich damals abzeichnenden Nährstoffverlusts der Äcker war er jedoch dagegen, dass die Fäkalien einfach - wie in Großbritannien und seit 1845 auch in Hamburg üblich - über Schwemmklosetts und die städtische Kanalisation ungeklärt in die Flüsse geleitet wurden (EVANS 1990). In einem Gutachten für die Stadt London wandte sich LIEBIG gegen Pläne zu einer Beseitigung der Fäkalien in die Gewässer und forderte die Verrieselung der Abwässer und damit der Nährstoffe. LIEBIGS ursprüngliche Forderung nach einem Nährstoffkreislauf war jedoch nur dann erfüllt, wenn Rieselfelder zur Abwasserreinigung angelegt wurden (HOBRECHT 1869 a,b). Die Verrieselung der Fäkalien erwies sich als technisch sehr aufwendig (großer Flächenbedarf, lange Zuleitungen, vergleichsweise hoher Unterhaltungsaufwand) oder zu kostspielig und wurde daher nur in wenigen Städten verwirklicht, z.B. Berlin, Danzig, Münster, Schwerin, Freiburg sowie Magdeburg und Braunschweig (die beiden letzteren sind heute noch in Betrieb).

Auch heute noch tragen die privaten Haushalte zum Gehalt des Abwassers an Stickstoff (N) und Phosphor (P) durch das selbstverständliche Wegspülen der menschlichen Fäkalien maßgeblich bei. Bis heute liegt ein Schwerpunkt des Gewässerschutzes in der Rückhaltung bzw. Elimination dieser beiden Nährstoffe in den Kläranlagen.

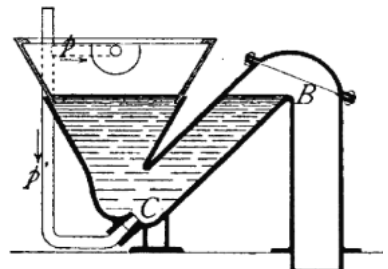
Ausgangspunkt dieser Entwicklung sind die geschilderte Einführung der



Flachspülklosett



Tiefspülklosett



Absaugklosett

Abb. 7:  
Toilettentypen (aus ILLI 1977)



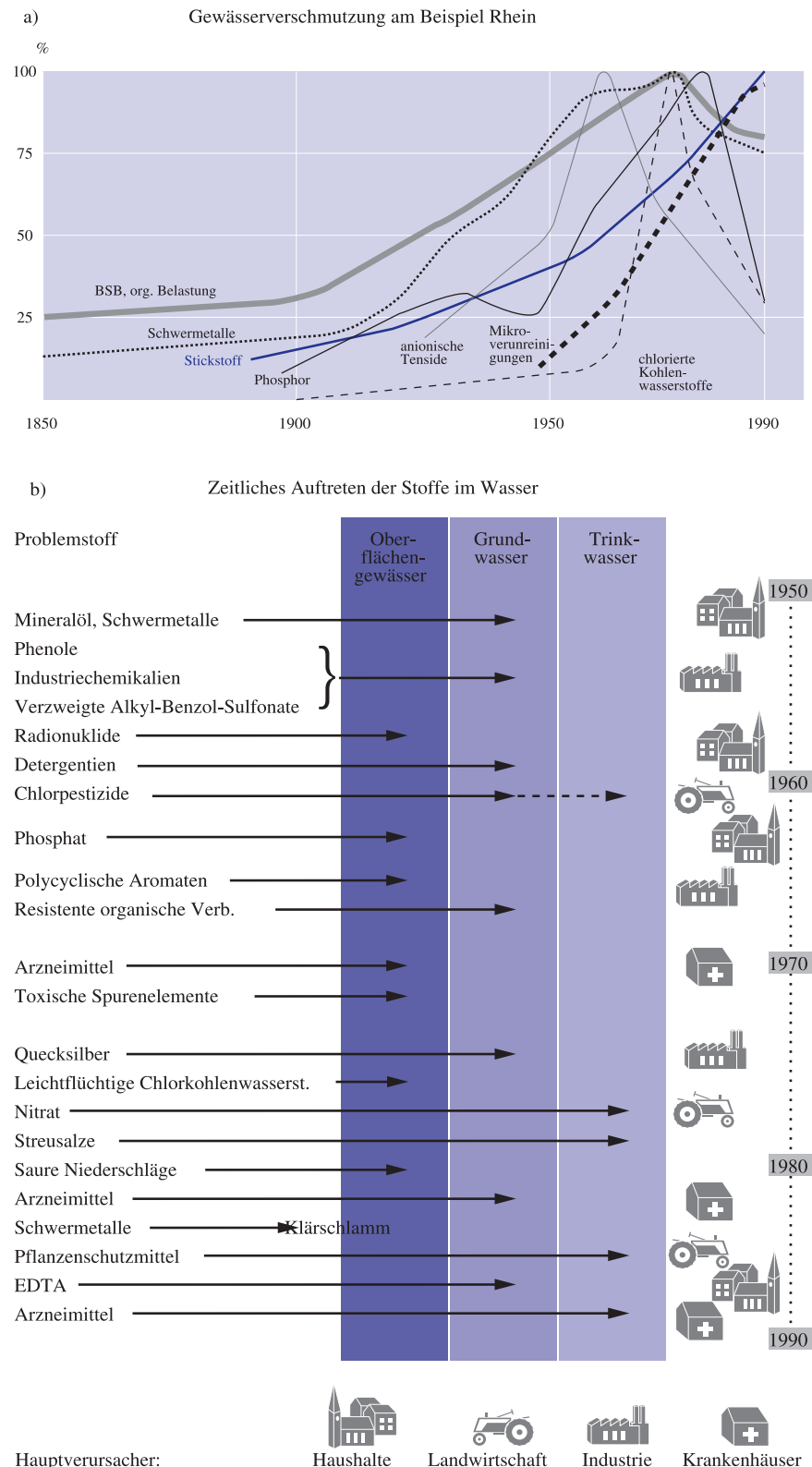
Schwemmkanalisation, später des Wasserklosetts und die Einleitung der verdünnten Fäkalien. Abb. 6 zeigt schematisch die Entwicklung der Siedlungs-entwässerung. Tab. 3 zeigt, wann und in welchen großen Städten am Rhein mit dem Bau der Kanalisation begonnen wurde und dass die Einleitung der Fäkalien zunächst die Ausnahme war.

Eine Auswertung der Angaben von OHLMÜLLER (1903) und SALOMON (1906)

Abb. 8:

(a) Qualitative Übersicht über die verschiedenen stofflichen Gewässer-erverunreinigungen am Beispiel des Rheins. Sobald der Gewässerschutz eine der verschiedenen stofflichen Belastungen erkannte und Maßnahmen zur Verringerung ergriff, waren bereits weitere neuartige Belastungen hinzugekommen, die durch die etablierten Maßnahmen nicht mehr kompensiert werden konnten. Als ungelöste Probleme sind vor allem die Stickstoffverbindungen und die „Mikroverunreinigungen“ (vgl. Kap. 2), deren Anzahl, Mengen und Wirkungen noch weitgehend unbekannt sind, geblieben (nach SCHERTENLEIB 1991, KLINK 1989, BEURSKENS et al. 1994, HELLMANN 1994)

(b) Der zeitliche Nachweis einiger Stoffe in Oberflächengewässern, Grundwasser und Trinkwasser



f.) ergab für das Einzugsgebiet des Rheins (außer Schweiz und Holland) bis 1906: Von den ca. 6 Millionen Menschen, deren Abwässer in eine Kanalisation geleitet wurden, leiteten nur maximal 2,5 Millionen Menschen auch die Fäkalien ein. Unter der Annahme, die gesamte P-Fracht aus Fäkalien und Urin würde in den Rhein abfließen, ergibt das eine geschätzte P-Fracht von ca. 5 000 Tonnen  $P_2O_5$ -P pro Jahr. Zum Vergleich: In den 80er Jahren lag die Gesamtfracht im Rhein bei ca. 30-40 000 Tonnen P/Jahr (gemessen an der Grenze zu den Niederlanden).

Abb. 8 gibt einen Überblick des Ausmaßes der Gewässerverschmutzung in Mitteleuropa am Beispiel des Rheins seit 1850. Sie zeigt, dass durch die Rückhaltung in den Kläranlagen die Belastung durch den Nährstoff P ihren Höhepunkt überschritten hat. Trotz der aufwendigen und kostspieligen Rückhaltemaßnahmen konnte jedoch die - seit Einführung der Schwemmkanalisation und der Einleitung der Fäkalien - entstandene Stoffdurchflusswirtschaft nicht in eine heute im Abfallbereich längst angestrebte Kreislaufwirtschaft (Vermeiden vor Verwerten vor Deponieren) überführt werden.

## 1.6 Über 100 Jahre „end-of-pipe“

Mit Beginn des 20. Jahrhunderts hatten sich die Meinungsverschiedenheiten zugunsten des Prinzips der Schwemmkanalisation gelegt, und es begann eine Vereinheitlichung der wasserwirtschaftlichen Lösungen. Sie sind weitestgehend bis heute erhalten. Verwaltung und gesetzliche Regelungen sind vor allem auf die Funktion der Schwemmkanalisation ausgerichtet und nicht unbedingt auf die zu lösenden Aufgaben (vgl. Allgemein anerkannte Regeln der Technik, Stand der Technik, ATV-Arbeitsblätter, Anschluss- und Benutzungspflicht, Kap. 3).

Das führt dazu, dass erst heute regional unterschiedliche (dezentrale) Lösungen verstärkt in Erwägung gezogen werden. Die Festschreibung einer bestimmten Technologie war und ist innovationshemmend und daher nicht mehr zeitgemäß. Tab. 4 und 5 geben einen Überblick über die zeitliche Entwicklung der Abwasserbehandlung.

Jahr	Kläranlagen	davon mit biologischer Reinigung	Anschlußgrad an biologische Anlagen in %
1963	3 274	1 291	25
1969	6 048	3 478	42
1975	7 647	5 252	57
1979	8 167	5 823	70
1983	8 812	6 658	77
1987	8 841	7 196	86
1991	8 548	7 160	90

Obwohl in Mitteleuropa seit Einführung und Ausbau der Schwemmkanalisationen erhebliche Gewässerverschmutzungen beobachtet wurden, begann ein syste-

„end of pipe“ nennt man die Strategie ein Problem (z.B. Abwasser) nicht am Entstehungsort, sondern am Ende (z.B. kurz vor der Einleitung in ein Gewässer) zu lösen versuchen.

Tab. 4: Entwicklung des Kläranlagenbaus in den alten Bundesländern (UBA 1994 b)

matischer Bau von Kläranlagen in der Bundesrepublik erst in den sechziger Jahren (vgl. Tab. 5); wichtige Erlasse und Regelwerke zur Einleitung von Abwasser entstanden erst Jahre später.

Die seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts existierende institutionelle Aufspaltung der Wasserwirtschaft in Wasserversorgung, Abwasserbehandlung (Städte-  
reinigungsfra-ge) und Gewässerschutz (Flussverunreinigungsfra-ge) ist ein wesentlicher Grund dafür, dass sich dezentrale (alternative) Lösungen nur in Ausnahmefällen durchsetzten. Erst seit einigen Jahren kommen regional unterschiedliche und angepasste Lösungen deutlich stärker in den Blickpunkt der Expertendiskussionen (vgl. Kap. 6 und 8).

Tab. 5:

Zeittafel Gewässerschutz (Wichtige Daten aus Wissenschafts- und Technikgeschichte sowie der wichtigsten wasser- und verwaltungsrechtlichen Zuständigkeiten) mit Schwerpunkt auf der Entwicklung in Deutschland

3500-3000 v.Chr.	Rohre und offene Halbschalen aus gebranntem Ton im Euphrat-Tal zur Siedlungsentwässerung
2500 v.Chr.	Erste Abwasseranlagen in Mesopotamien
2500-1500 v.Chr.	Erste Einrichtungen wie Badezimmer, Klosetts und Straßenkanalisation der Indus- Zivilisation
2000 v.Chr.	Im Palast von Knossos existieren Rohre für Wasserversorgung, Regenwasserspeicher und Abwasseranlagen
1700 v.Chr.	Erster Gesetzestext bezüglich Bewässerung und Hochwasserschutz von HAMMURABI (1728-1686 v.Chr.) im Zweistromland
624-546 v.Chr.	THALES VON MILET: Gedanken zum Kreislauf des Wassers
300 v.Chr.	Ausbau der (offenen) Kanalisation von Rom
1591	Erste Vorschläge zur Abwasserklärung in London, erste Rieselfelder
1660	Erste Wasserklosetts in Frankreich und England
1735	Eisengewinnung mit Koks nach DARBY
1769	Erfindung der Dampfmaschine durch JAMES WATT
1789	Beginn der Mechanisierung der Arbeit
ab 1800	starke Verbreitung der Industriezweige Eisen-Industrie, Kohlebergbau, Textilindustrie
1800-40	Die Industrieproduktion in England steigt um das 2,5 fache
1822	Gründung der „Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte“ (GdNÄ)
1830	schwere Choleraepidemie in London
1840-50	Bau der Kanalisation in London
1841	JUSTUS VON LIEBIG begründet die Agrikulturchemie; LIEBIG war zunächst Gegner der Schwemmkanalisation.
ab 1843	Privatflussgesetz regelt die Nutzung von Privatflüssen
1848	Arbeit von KOLENATI über Lebensgemeinschaften in verschmutzten Gewässern
1848	Erste moderne Kanalisation Deutschlands in Hamburg, gebaut von dem englischen Ingenieur W. LINDLEY; sie gilt wegen der geringen Gefälleverhältnisse als technisches Meisterwerk

ab 1850	Anschluss- und Benutzungszwang an die zentrale Wasserversorgung in Preußen
1853	FERDINAND COHN zeigt den unterschiedlichen Einfluss verschiedener Abwassermengen auf verschiedene Organismen (Indikatororganismen)
1856	Entdeckung der Teerfarben; Teerfarbenindustrie führt zu Umweltbelastungen
1860	Pfarrer MOULES Erdklosett und andere Alternativen zur Schwemmkanalisation
1861	Beginn der Kaliindustrie, starke Flussverunreinigungen durch Abraumsalze
1863	Farbenfabrik vormals Friedrich Bayer & Co, Leverkusen; entstanden aus einem 1850 von Friedrich Bayer senior gegründeten Geschäft zum Verkauf natürlicher Farbstoffe
1864	Das Preußische Allgemeine Landrecht unterscheidet öffentliche Gewässer und Privatflüsse; über das eigene Wasser kann auf dem Grundstück verfügt werden, auch wenn andere Eigentümer negativ beeinflusst werden (unter- wie oberirdischer Abfluss); die wasserwirtschaftlichen Aufgaben übernahmen die Agrarverwaltungen, meist bezogen auf Be- und Entwässerung der landwirtschaftlichen Flächen
1865	Badische Anilin- und Sodafabrik (BASF), Ludwigshafen. Hervorgegangen aus der 1861 errichteten Chemischen Fabrik Dyckerhoff, Clemm & Co.
1865	In Deutschland gibt es 16 städtische Wasserwerke
1865	Vorschlag von LIERNUR zur gesonderten Ableitung des Schwarzwassers mittels Vakuumleitungen und Nährstoffrückführung in die Landwirtschaft (vgl. S.20ff.)
1867	Gründung der „Sektion öffentliche Gesundheitspflege“ der Gesellschaft der Naturforscher und Ärzte
1867	PASTEUR erkennt die Abhängigkeit verschiedener Oxidations- und Reduktionserscheinungen von der Anwesenheit bestimmter Mikroorganismen
1868	Gründung der „Royal Commission on Rivers Pollution“
1869	Erstes deutsches Abwasserrieselfeld in Danzig
1869	Gewerbeordnung des norddeutschen Bundes und später für das Deutsche Reich: Bei genehmigungspflichtigen Anlagen muss die zuständige Bezirksregierung darauf achten, ob eine Verunreinigung der Gewässer zu befürchten sei, und muss nötigenfalls einschreiten. Bis 1914

	gehören in Preußen z.B. die Papier- und Zuckerfabriken zu den nicht genehmigungspflichtigen Anlagen		
1869	Große Fischsterben in Themse und Seine		
1869	Gründung des „Niederrheinischen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege“		
1869	In Deutschland werden ca. 30 städtische Wasserwerke betrieben	1874	Selbstreinigung in der Seine beobachtet, Phänomen wird vor allem auf die Wirkung des Luftsauerstoffs zurückgeführt
ab 1869	ALEXANDER MÜLLER erwähnt in seinen Schriften die Bedeutung von Mikroorganismen für die Verarbeitung der im Abwasser enthaltenen organischen Substanz	1875	FERDINAND COHN versucht als Erster eine Korrelation zwischen „Wasserqualität“ und den vorhandenen lebenden und toten Bestandteilen herzustellen; (lichtmikroskopische Arbeit über den Brunnenfaden <Crenothrix polyspora>), von da ab und vor allem zwischen 1887 bis 1900 zahlreiche Artikel über die Verunreinigung der Gewässer
1870	ALEXANDER MÜLLER erkennt im Zuge seiner Arbeit über die Beseitigung der Abwässer der Stadt Berlin den wesentlichen Anteil von Mikroorganismen an der Verarbeitung der im Abwasser enthaltenen organischen Substanz. Seine Ausführungen werden jedoch erst gute 20 Jahre später zur Kenntnis genommen bzw. wiederentdeckt	1876	Gründung des Reichsgesundheitsamtes aufgrund des Reichshaushaltsgesetzes von 1876; es dient dem Reichskanzler zur technischen Unterstützung der dem Reich zugewiesenen Beaufsichtigung und Gesetzgebung in Angelegenheiten der Medizinal- und Veterinärpolizei
1870	Erstes Programm von LIERNUR: Trennung von „grauem Abwasser“ u. Fäkalien	1877	Gründung des „Internationalen Vereins gegen die Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft“ in Köln; dieser spricht sich u. a. gegen die Einleitung von Fäkalien in die Flüsse aus
1870	LINDLEY empfiehlt der Stadt Chemnitz aus wassermengenwirtschaftlichen Gründen eine Talsperre zu bauen (1894 in Betrieb genommen)	1877	PASTEUR stellt einen hohen Bakteriengehalt im Wasser der Seine fest, gleichzeitig sagt er voraus, dass Quellwasser keimfrei sei
1870	Baubeginn der Berliner Kanalisation - Abwässer werden auf Rieselfelder geleitet	1878	Fachzeitschrift „Gesundheits-Ingenieur“ erscheint
ab 1870	Erste Düngemittelfabriken: saure, stark phosphathaltige Abwässer -> Fischsterben	1879	Farbwerke Hoechst am Main: 1862 als Anilinfabrik gegründet
1871	Zeitschrift „Das Gas- und Wasserfach“ erscheint	1879	Preußisches Gesetz zur Bildung von Wassergenossenschaften
1871	Meliorationsbauämter (Vorläufer der Wasserwirtschaftsämter) werden zur Unterstützung der Be- und Entwässerung der landwirtschaftlichen Nutzflächen gegründet	1879-88	Preußisch - Braunschweigisch - Anhaltische Kommission untersucht die Auswirkungen der Reinigungsverfahren der Zuckerfabriken auf die Gewässer
1873	Erstmals wird mit Wasserkraft elektrischer Strom erzeugt und Schloss Linderhof in Bayern damit beleuchtet	bis 1880	Die Fachfragen in der Wasserversorgung konzentrieren sich auf chemische Wasseruntersuchungen, Grundwasserströmungsgesetze, Konstruktion geeigneter Wasserzähler und ihre Erprobung im Betrieb, Filtration des Wassers
1873	GÉRADIN betont die Rolle der Lebewesen für die Selbstreinigungsvorgänge	1882-87	Reichsgerichtsentscheidungen zur Abwasser-einleitung in Flüsse und zur Wasserentnahme aus demselben Fluss: Aufgabe des Klägers, den Nachweis zu erbringen, was eine „Überschreitung
1873	Gründung „Deutscher Verein für öffentliche Gesundheitspflege“ (DVföG)		
1874	PETTENKOFER äußert die Ansicht, dass die Zersetzungserzeugnisse des Abwassers die Bodenluft verpesten und dadurch die Menschen krank machen; seine wissenschaftliche Begründung stellte sich als falsch heraus		
1874	Langsamfilter für die Trinkwasseraufbereitung in England		
1874	Preußisches Fischereigesetz: § 43 „Es ist verboten, in die Gewässer aus landwirtschaftlichen und		

	des Gemeinüblichen und Regelmäßigen“ für den Wasserhaushalt darstellt	1898	CLASSEN bezweifelt die Existenz einer Selbstreinigung
1883	Entdeckung der Cholerabakterien durch ROBERT KOCH. Erst mit dem Verständnis ihrer Ausbreitung erkennt man die ungeheure Bedeutung einer peinlichen Trennung von Fäkalien und Trinkwasser	1899	In Preußen werden Kreisärzte zur Beaufsichtigung des Gesundheitswesens eingesetzt; in Gemeinden über 5000 Einwohnern richtet man Gesundheitskommissionen ein
1883	26% der Bevölkerung im Deutschen Reich werden zentral mit Wasser versorgt	1899	Kommission aus Chemikern, Bakteriologen, Botanikern und Zoologen, die verschiedene Gewässer untersuchen mit dem Ziel, Leitorganismen für bestimmte Verunreinigungen zu finden. Am 1.4.1901 wird daraufhin die Königliche Versuchs- und Prüfanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Berlin gegründet
1884	Erste Kanalisation Japans im Zentrum Tokyos	1899	KÖNIG macht erste Versuche zur chemischen Abwasserreinigung; er nennt 75 Fällungsmittel zur Reinigung; die Abwasserreinigung mit Chemikalien erweist sich als wenig befriedigendes Verfahren, u.a. weil die Mittel negativen Einfluss auf den Fischbestand haben; die verbreitetsten Abwasserreinigungsverfahren sind die Rieselfelder; es bestehen auch mechanische Kläranlagen, die die Abwässer durch Abfangen der groben Schmutzstoffe mit Hilfe von Sieben und Gittern und nachfolgendem Zersetzen in Klär- und Absetzbecken reinigen
1886/87	Stadt Braunschweig: Einbau von Wasserzählern in den Haushalten; Wasserverbrauch sinkt von 4,4 Mio. m <sup>3</sup> auf 2 Mio. m <sup>3</sup>	1900	Reichsseuchengesetz; Einrichtungen zur Versorgung mit Trink- und Wirtschaftswasser sollen fortlaufend durch staatliche Beamte überwacht werden; Gemeinden sind verpflichtet, Maßnahmen und Einrichtungen zum Schutz vor ansteckenden Krankheiten zu schaffen; mit dem Gesetz wird gleichzeitig ein Gesundheitsrat zur Unterstützung des Reichsgesundheitsamtes gebildet; dieser umfasst auch einen Ausschuss für Abwasserreinigung und Flussverunreinigung; er soll zwischen verschiedenen Bundesstaaten vermitteln. In der Folgezeit wird klar, dass die Verdünnung als Schutzmaßnahme nicht ausreicht
1887	Inbetriebnahme der ersten deutschen Kläranlage in Frankfurt-Niederrad	1901	Die Königliche Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung wird in Berlin gegründet (ab 1923 „Preußische Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lüfthygiene“). Zu ihren Aufgaben gehörten: a) Forschung zur Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung b) Festsetzung von Standards c) Untersuchungen zu Gewässerbelastungen d) Erhebung von Daten zur besseren Kontrolle von Genehmigungen für das Land Preußen. Die Landesanstalt hat aber keine Kompetenz, gestaltend auf den Ausbau von Kläranlagen einzuwirken;
1887	Fragen der Wassergewinnung und der hygienischen Beurteilung der Wasserbeschaffenheit nehmen einen immer größeren Stellenwert in den wasserwirtschaftlichen Zeitschriften ein		
1887	KNIEBÜHLER erfindet den Dortmundbrunnen zur chemischen Abwasserreinigung		
1890-99	Stadt Hannover: Bau der Kanalisation		
1891	PETTENKOFER schreibt „über die Selbstreinigung der Flüsse“, dass eine 15-fache Verdünnung bei 0,6 m/s Stromgeschwindigkeit genüge, um organische Stoffe unschädlich zu machen; Abwässer könnten somit in die Flüsse geleitet werden, wenn diese Bedingung eingehalten würde; seiner Meinung nach waren für diese Selbstreinigung ausschließlich die Pilze, später auch noch die Algen verantwortlich. Er stützte sich dabei auf Laborarbeiten der Botaniker LÖW und BOKORNY, die zeigten, dass Pflanzen aus dem freien Wasser organische Substanz aufnehmen und Stärke bilden Er bewertete die „Kräfte der Selbstreinigung“ völlig über		
1892	Erste biologische Abwasser-Reinigungsverfahren in England		
1892	Schwere Choleraepidemie in Hamburg, Wissen um Ausbreitungsmechanismen (über Trinkwasser) wurde verdrängt		
1894	CORBETT erfindet in England den Tropfkörper zur biologischen Abwasserreinigung		
1895	Erstes „biologisches“ Klärbecken in Deutschland; erstmalige Anwendung des Tropfkörpers in England		
1895	Rieselfelder in Braunschweig werden angelegt, die noch heute in Betrieb sind		
1896	Erste Biogasgewinnung aus einer Abwasserfaulschlammmanlage in Exeter (England)		



	<p>sie arbeitet eng mit Interessensgruppen, wie der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) und einzelnen Kommunen zusammen; auf Vorschlag der Anstalt werden Flussuntersuchungsämter eingerichtet</p>		
1901	Allgemeine Verordnung betreffend der Fürsorge für die Reinhaltung der Gewässer und Grundsätze für die Einleitung von Abwässern in die Gewässer		
1902	KÖNIG erprobt die künstliche Grundwasseranreicherung im Wasserwerk Steele/Essen		
1902	KOLKWITZ & MARSSON veröffentlichen ihre „Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna“, das sogenannte Saprobiensystem	1913	ARDERN und LOCHETT erfinden in England das Belebungsverfahren im Aufstaubetrieb (vgl. SBR-Verfahren heute). 1914 kommt es erstmals zum großtechnischen Einsatz in der Stadt Salford. Technische Schwierigkeiten führten zum klassischen kontinuierlich durchströmten Belebungsverfahren
1904	Gründung der Emschergenossenschaft zur Abwasserableitung im Emschereinzugsgebiet	1913	Preußen und thüringische Staaten unterzeichnen einen Staatsvertrag; Gründung der Kaliabwasserkommission mit Sitz in Kassel; Festlegung von Einleitungsquoten für die Kaliindustrie und von Grenzwerten für Werra und Weser; Gründung der Flussüberwachungsstellen in Hildesheim und Vaicha (später Gerstungen)
1904	Tropfkörperverfahren wird zunehmend in Deutschland angewendet	1914	Preußisches Wassergesetz tritt in Kraft: Klassifizierung der Wasserläufe, Grundlagen für die Benutzung und die Festlegung der Verwaltungszuständigkeit (Landrat und Regierungspräsident als Wasserbehörde); privatrechtliches Eigentum an Gewässern bezieht sich auf ober- und unterirdische Gewässer innerhalb eines Grundstückes; innerhalb dieser Grenzen kann der Eigentümer das Wasser gebrauchen und ableiten (Abwasser-einleitung); der Wasserspiegel darf gesenkt und gehoben werden; die Grundstücksgrenzen beziehen das Gewässerbett und die Befugnis des darin enthaltenen Wassers mit ein; bei einem Nachweis der Schädigung des Eigentums anderer kann der Geschädigte vorgehen und finanzielle Entschädigung fordern
1906	Emscherbrunnen wird von IMHOFF erfunden (engl. Imhofftank); erster in Recklinghausen von der Emschergenossenschaft (1907) gebaut		
1906	Zweiter Entwurf des Preußischen Wassergesetzes		
1907	Erste Ozonanlage wird im Wasserwerk Paderborn erprobt		
1907	Hygienische Überwachung der Wasserversorgung bekommt einen höheren Stellenwert		
1909	Die Emscher ist vollständig kanalisiert		
1910	Gutachten „Die Reinhaltung der Ruhr“ von IMHOFF		
1911	Dritter Entwurf des Preußischen Wassergesetzes; kaum noch nennenswerte Proteste der Landwirtschaft; der „Sonderausschuss für Abfallstoffe“ in der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft (DLG), der seit 1891 besonders um die Erhaltung städtischer Fäkalstoffe für die Landwirtschaft bemüht war, löst sich 1906 auf und spricht sich für die Schwemmkanalisation aus. Vorschlag für den Bau von Abwasserkanälen bis zum Meer, um die Flüsse sauber zu halten. Entsprechende Planungen liegen für die Kaliindustrie vor, scheiterten jedoch an den Kosten	ab 1920	Reichsministerium für Ernährung und Landwirtschaft gegründet; zuständig für die Ernährungs-, Land- und Forstwirtschaft und Fischerei im Deutschen Reich; Beginn des Aufbaus der landwirtschaftlichen Fachverwaltung im Deutschen Reich
1911	Leiter der Königlichen Versuchs- und Prüfungsanstalt in Berlin verfasst „Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung“	1920-40	Reinigungs- und Betriebswassernutzung bei Zuckerfabriken werden weiterentwickelt
1911	LAUTERBORN formuliert in seiner Arbeit über die Selbstreinigung der Gewässer erstmals explizit, dass die Selbstreinigung „im wesentlichen ein biologischer Prozeß ist“; sie ist nur bei organischen Abwässern möglich und „muß daher versagen bei allen Abwässern, die Giftstoffe, wie Säuren, Laugen, Chlor usw. enthalten“	1925	Erste deutsche Belebtschlamm-anlage geht in Essen-Rellinghausen in Betrieb
		1925	In der Wasserversorgung setzt sich die Notwendigkeit einer hygienischen Überwachung durch. Die Bedeutung der künstlichen Grundwasseranreicherung gegenüber der Uferfiltration nimmt zu; Kenntnisse zur Eisen-, Manganentfernung und Entkeimung; bakteriologische Analyse ergänzt

	die chemische		gebaut)
1925-28	Kaliwerke im Werragebiet beginnen mit dem Verpressen der Laugen in den Untergrund mittels Versenkbrunnen	1986	Erste Belebungsanlage mit gezielter Denitrifikation im Rahmetal des Ruhrverbandes in Betrieb
1927	Kläranlage Iserlohn verwendet erstmalig in Deutschland Faulgas zum Antrieb von Gasmotoren	1995	Wiederentdeckung und Weiterentwicklung differenzierender Abwasserkonzepte für städtische Gebiete
1929	Erster Stauteich des Ruhrverbandes Hengsteysee bei Hagen geht in Betrieb, um verschmutztes Flusswasser zu reinigen		
1933	Erster Schönungsteich zur Nachbehandlung biologisch gereinigten Abwassers in Abtsküche (Ruhrgebiet) geht in Betrieb		
1933-35	Erweiterungen von Rieselfeldern und Verregnung von Abwässern (Abwasserlandbehandlung)		
1933-37	Erfahrungen in den USA, Deutschland und UdSSR, dass die Tropfkörper noch stärker belastet werden können		
1934	Reichsgesetz über die Vereinheitlichung des Gesundheitswesens; Gesundheitsämter sind zu bilden, die die Anlagen für die Trinkwasserversorgung überwachen sollen, um eine ausreichende und hygienisch einwandfreie Versorgung mit Trink- und Gebrauchswasser zu gewährleisten.		
1934	Aufhebung der Länderparlamente und Übertragung der wichtigsten Hoheitsrechte der Länder auf das Reich		
1935	Deutsche Gemeindeordnung		
1940	Leitsätze für die zentrale Trinkwasserversorgung als DIN 2000; später ergänzt durch die DIN 2001 „Leitsätze für die Einzeltrinkwasserversorgung“; sollen als Anleitung für ein empfehlenswertes Vorgehen bei der Planung, dem Bau, dem Betrieb und der Überwachung der Anlagen dienen		
1947	IRNIE führt in den USA Versuche mit reinem Sauerstoff beim Belebungsverfahren durch		
1951	Sandschnellfilter werden erstmals eingesetzt		
1953	Untersuchungen über die Wasserentkeimung mit Ozon und ultravioletten Strahlen des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene in Berlin		
1957	Wasserhaushaltsgesetz		
1965	Erste Sammelkläranlage mit Phosphat-Fällung, in Radolfzell am Bodensee		
1974	Inbetriebnahme der Kläranlage der BASF		
1977	ATV Bemessungsvorschrift A 128 für Mischwasserbecken (9 000 bis 1991 in alten Ländern		



## 1.7. Zusammenfassende Schlussfolgerungen

1. Das heutige Verfahren zur Entwässerung von Siedlungen, nämlich das undifferenzierte Ableiten von Abwasser via Freispiegelkanal, beruht auf Grundsatzentscheidungen des letzten Jahrhunderts.
2. Bei der Einführung der Schwemmkanalisation war nicht die Frage, ob Kanal oder nicht, denn in den zunehmend verdichteten Städten mussten ohnehin unter- oder oberirdische Kanäle zum Ableiten des Niederschlagswassers von Dächern und Straßen gebaut werden. Der eigentliche Streit ging vielmehr um die gleichzeitige Einleitung der Fäkalien und des Urins in die Kanalisation.
3. Gründe für die Einleitung der Fäkalien und des Urins in die Kanäle waren
  - die Angst vor der Ansteckungsgefahr durch Gestank. Die gängigen Theorien gingen von falschen Annahmen aus. Sie sahen die Gefahr in der Übertragung von Krankheiten durch die Luft („Miasmentheorie“) oder durch Gase aufgrund der Zersetzungsvorgänge des mit Fäkalien durchtränkten Bodens („Bodentheorie“ von MAX VON PETTENKOFER). Die Einführung der Kanalisation sollte laut PETTENKOFER vor allem dem Entzug von Feuchtigkeit aus städtischen Böden dienen, um damit die Entstehung pathogener Ausdünstungen an der Quelle zu verhindern.
  - Gleichzeitig mit der Angst stiegen die Ansprüche an Komfort und Bequemlichkeit (Wasserhahn und Spülklo); sie waren verknüpft mit sozialem Prestige und den Bemühungen zur „Säuberung“. Konsequenterweise forderten die Vertreter eine möglichst schnelle Ableitung von Fäkalien und Urin zu gewährleisten. Dies war Ausdruck einer veränderten Wahrnehmung des eigenen Körpers und einer Übertragung von Verantwortung auf den Staat.
  - Undichte Abortgruben lagen zu nah an den Brunnen. Als Folge davon gab es immer weniger geeignete Brunnen, um den Wasserbedarf vor Ort zu bewältigen. Nach der Einführung einer zentralen Wasserversorgung und des Wasserklosetts waren die Grubenabwässer so verdünnt, dass sie sich nicht mehr zur Düngergewinnung eigneten. Die nun notwendig gewordene häufigere Abfuhr wurde zu teuer.
  - Zudem lohnte sich nach der Einführung von Kunstdünger die Düngerproduktion aus Fäkalien (Poudrette) nicht mehr.
4. Der Bau der Kanalisation war nicht, wie vielfach angenommen, eine der Voraussetzungen, um Seuchen zu verhindern. Es lässt sich u.a. zeigen, dass entsprechende Krankheiten in vielen Städten bereits vor dem Bau der Schwemmkanäle zurückgingen. Beispiele wie die Cholera-Epidemie in Hamburg 1892 belegen, dass der Kurzschluss zwischen Abwasser und Trinkwasser durch die ungereinigte Einleitung der Abwässer in die Elbe und damit dem Bau der Kanalisation eher begünstigt als verhindert wurde.
5. Das Problem der Gewässerverschmutzung wurde unterschätzt bzw.

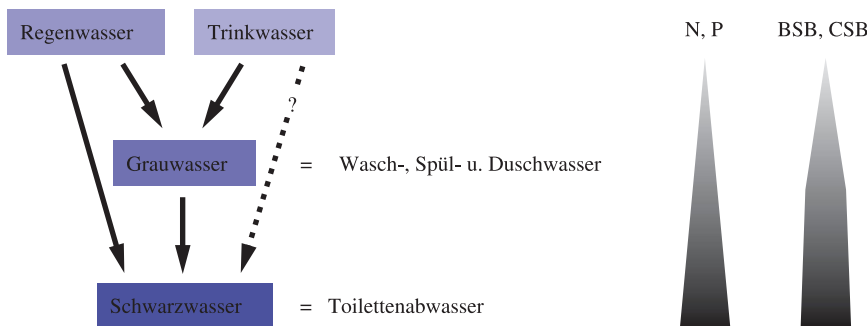
verdrängt, die „Selbstreinigung“ der Gewässer nicht verstanden und überschätzt. Das Hauptproblem der zentralen Abwasserbehandlung, dass die Stoffe nicht mehr im Kreislauf geführt werden, war den „Schwemmkanalgegnern“ durchaus bewusst.

6. Die historische Betrachtung der Probleme hilft die aktuelle Gewässerschutzproblematik besser zu verstehen. Insbesondere die Analyse der schon früh entwickelten Alternativen kann zur Entwicklung zukunftsfähiger Sanitärstrategien führen.
7. Die Zivilisation produziert ebenso hartnäckig immer wieder neue Abfälle, wie sie ihre Beseitigung zu vervollkommen versucht. Je früher ein Konzept, die Stoffe im Kreislauf zu führen, realisiert wird, desto eher lassen sich die Abfall- und Abwassermengen nachhaltig reduzieren.
8. Mit der Einführung des Wasserklosetts hat der Mensch die individuelle Verantwortung für seine Hinterlassenschaften abgegeben, zwischen sich und seinen Fäkalien eine maximale Distanz hergestellt. Die Defäkation ist von der individuellen, konkreten Veräußerung zum abstrakten Problem weniger Fachleute geworden. Kanal und Kläranlage sind die technische Fortsetzung des Magen-Darm-Traktes in die Gewässer.
9. Das Klo ist zu einem Ort der Intimität geworden; Fäkalien und Urin damit zu einem der am stärksten tabuisierten Themen der Gegenwart. Zu den Aufgaben der Entwicklung zukunftsfähiger Sanitärstrategien gehört daher die Enttabuisierung des Umgangs mit Fäkalien und Urin.



## 2. Spülklo, Schwemmkanal und Zentrale Kläranlage

Im Mittelpunkt des vorliegenden Buches stehen die verschiedenen Abwasserteilströme (Regenwasser, Schwarzwasser, Grauwasser etc.) privater Haushalte und die verschiedenen Teilströme des Abwassers. Industrielles und gewerbliches Abwasser werden nur insofern mitberücksichtigt, als ihre Produkte, die in privaten Haushalten verwendet werden, abwasserrelevant sind oder sein könnten. Diese Einleitungen unterscheiden sich in aller Regel sehr von denen der häuslichen Abwässer. Durch Kenntnis der Prozesse im Industriebetrieb sind betriebsinterne Bilanzen über Inhaltsstoffe des Abwassers zumindest theoretisch vollständig erfassbar. Mögliche Reduzierungen hängen unmittelbar von den Betriebsstrukturen ab und sind durch Änderungen bei der Herstellungstechnologie direkt und besser beeinflussbar als durch „end-of-pipe“ Maßnahmen in der zentralen Kläranlage. Betriebsinterne Maßnahmen zur Abwasserreduzierung sind nicht Gegenstand des vorliegenden Buches. Bei der in diesem Buch vorgeschlagenen getrennten Behandlung des Abwassers/Abfalls aus Haushalten (vgl. Kap. 8) werden betriebsinterne Maßnahmen bei vielen Indirekteinleitern langfristig notwendig.



**Schwarzwasser** = Toilettenspülwasser, enthält Urin und Fäkalien

**Grauwasser** = Häusliches Abwasser außer Toilettenabwasser (Fäkalien und Urin), z.B. Spül-, Dusch- und Waschwasser, vgl. Abb. 9. Neuerdings wird auch das **Duschwasser** vom restlichen Grauwasser gesondert betrachtet und behandelt, vgl. Kap. 7.2.

**Abb. 9:**

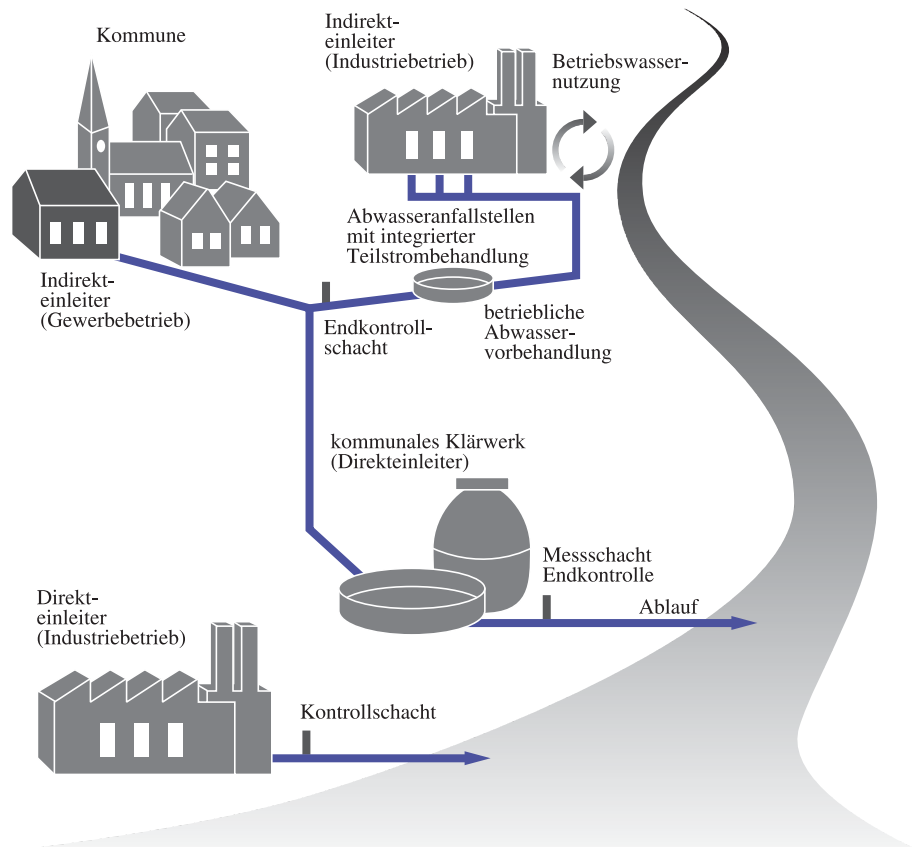
Wasserqualitäten (links) und die Zunahme an Nährstoffen (rechts)

Um die Auswirkungen der Siedlungsentwässerung insgesamt erfassen zu können, müssen neben der Betrachtung des Kanalnetzes und der Kläranlage folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- Die Einbeziehung aller Siedlungsflächen, von denen Wasser abfließt,
- die unterschiedliche Qualität (Inhaltsstoffe) und Herkunft gebrauchten Wassers,
- die Gewässer (Vorfluter = Gewässer, in das mit wasserrechtlicher Erlaubnis [widerruflich] oder Bewilligung [befristet] Abwasser eingeleitet wird; die Kanalisation ist kein Vorfluter) einschließlich des Grundwassers und des Meeres,
- der mögliche Eintrag in Kanalisation oder Gewässer über Boden und Luft,
- die Wirkungen auf Flora, Fauna und den Menschen,
- die Bedeutung der Inhaltsstoffe für andere Wirtschaftszweige des Menschen

**Abb. 10:**

Schema Indirekteinleiter (Was ist ein Indirekteinleiter?)



(Landwirtschaft, Energiewirtschaft etc.).

Bei der Einleitung von Abwasser in Fließgewässer unterscheidet man:

- **Direkteinleitende Industriebetriebe:** Das sind vor allem große Industriebetriebe, die ihr Abwasser über eigene Kanäle mehr oder weniger geklärt in die Gewässer einleiten. Nur 1 Prozent aller Betriebe sind Direkteinleiter, sie produzieren aber etwa 50 Prozent der Abwassermenge.
- **Indirekteinleitende Gewerbe- und Industriebetriebe:** Indirekteinleiter gibt es ca. 300.000 in Deutschland, das entspricht etwa 99 Prozent aller Betriebe. Sie leiten ihr Abwasser über die öffentliche Kanalisation und die Kläranlagen oder einen anderen Betrieb in die Gewässer ein. Dazu gehören viele Gewerbebetriebe, Kliniken, Textilfabriken u.v.m. Noch immer sind bei weitem nicht alle Indirekteinleiter in Katastern erfasst. Sie zahlen im Unterschied zu den Direkteinleitern keine direkte Abwasserabgabe, sondern wie die meisten Haushalte eine Umlage des Zweckverbandes oder der Gemeinde. Sie haften weder straf- noch zivilrechtlich für Schäden an einem Dritten, sofern sie die Auflagen der kommunalen Abwassersatzungen einhalten.
- **Private Haushalte** (incl. Kleinstbetriebe), die an die öffentliche Kanalisation angeschlossen sind,
- **Mischwasserentlastungen** (Erklärung siehe Kap. 2.2),
- **Einzelhöfe (-betriebe) und abgelegene Hausgruppen**, die ihr Abwasser in „Klein-“ bzw. „kleinen“ Kläranlagen reinigen und direkt in die Gewässer leiten.

Das **Wasserdargebot** beträgt in den alten Bundesländern im Mittel 160 Mrd. m<sup>3</sup>/a. Davon werden von Menschen 28 % genutzt. Ca. 50 % davon stellen die öffentlichen Wasserversorgungsunternehmen bereit. Mitteleuropa wird zwar in absehbaren Zeiträumen nicht unter akutem Wassermangel leiden, eine qualitative Gefährdung zentraler Wasserressourcen wie der Bodenseewasserversorgung wird jedoch nie auszuschließen sein. Eine hoffentlich unrealistische Gefahr ist dabei eine mögliche Verseuchung durch Sabotage, wie sie für einige Brunnen im Rottachtal bei Königsdorf/Bayern bekannt wurde (Süddeutsche Zeitung v. 14.10.94). Eine andere besteht in Form der vom Menschen eingesetzten naturfremden Stoffe, bei denen man im Sinne einer vorsorgenden Betrachtung auf Überraschungen gefasst sein sollte. Im Bodensee weist derzeit die als chemischer Komplexbildner vielfältig eingesetzte Ethylen-diamintetraessigsäure (EDTA) die höchsten Konzentrationen aller dort gefundenen naturfremden Stoffe auf. Anzustrebendes Ziel sollte es sein, die natürlichen Wasserressourcen frei von naturfremden Stoffen zu halten (vgl. Kap. 2.4).

## 2.1. Abwasser

Was genau versteht man unter **Abwasser** ? Ganz allgemein verstehen Abwasserfachleute dies als abfließendes Wasser, unabhängig davon, welche Inhaltsstoffe es mit sich führt. Selbst reines **Trinkwasser** wird zum Abwasser, wenn es aus Siedlungen im Kanal abfließt.

Kommunales Abwasser stellt ein Vielstoffgemisch dar, da es eine Reihe verschiedenster Stoffe unterschiedlicher Herkunft enthalten kann, die einzeln oft nicht zu bestimmen sind. Im kommunalen Abwasser lässt sich unterscheiden zwischen **häuslichem Abwasser**, **gewerblich-industriellem Abwasser**, **Regenwasser** und **Fremdwasser** (=durch Infiltration, Fehlanlüsse, Schachtdeckel etc. ins Kanalnetz eindringendes Grund- und Regenwasser).

Bevor man sich mit der Frage nach einem geeigneten Reinigungsverfahren von Abwasser beschäftigt, sollte man die Zusammensetzung des Abwassers einschätzen können. Vielleicht sollte in Zukunft besser von „Nutzwasser“ gesprochen werden, um die grundsätzliche Weiter- und Wiederverwendbarkeit von Abwasser zum Ausdruck zu bringen (vgl. Nutzwasserinitiative der IDA Kap. 10). Um die verschiedenen Abwässer charakterisieren zu können, behilft man sich verschiedener Summenparameter (vgl. Tab. 6). Sie ermöglichen eine grobe qualitative Bewertung des Abwassers.

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes betrug die Menge an häuslichem Abwasser in Deutschland 1991 ca. 3,9 Mrd. m<sup>3</sup>, das sind etwa 40 % der Menge, die in öffentlichen Kläranlagen behandelt werden. Die gewerblich-industriellen Indirekteinleiter machen ca. 16 % aus, der Rest sind Regenabflüsse, Grundwasser, Badewasser und Fremdwasser. Im gleichen Jahr waren etwa 89 % der Bevölkerung in den alten Bundesländern an eine biologische Kläranlage angeschlossen, in den neuen Ländern waren es dagegen nur 37 %. Die Tabellen 7 und 8 charakterisieren das kommunale Abwassers nach den üblichen Parametern.

Trinkwasser nach DIN 4046: Für menschlichen Genuss und Zweck geeignetes Wasser, dessen Qualität in der Trinkwasser-Verordnung festgelegt wird. Entgegen dem Begriff wird nur 1% des Trinkwassers in Deutschland zum Trinken und zur Ernährung verwendet. 99 % dienen der „individuellen Hygiene“ und zum Abtransport von Fäkalien und Abfällen (WORLD HEALTH ORGANISATION 1993).

Abwasser nach geltendem Recht: Jegliches durch Gebrauch veränderte, deshalb zu beseitigende und in die Kanalisation, ein Gewässer (Vorfluter) oder in den Untergrund eingeleitete Wasser. Nach DIN 4045 unterscheidet man im Abwasser Schmutzwasser, Regenwasser, Fremdwasser (z.B. durch undichte Rohre eindringendes Grundwasser), Mischwasser, Kühlwasser. Abwasser gilt strafrechtlich als Abfall.

Betriebswasser: Ä Bezeichnet nach DIN 4046 Wasser, das zu gewerblichen, industriellen oder landwirtschaftlichen oder ähnlichen Zwecken dient mit unterschiedlichen Güteeigenschaften, worin Trinkwassereigenschaften eingeschlossen werden können. Betriebswasser kann z.B. aus Regenwasser oder Grauwasser gewonnen werden. Der Begriff entspricht im Wesentlichen dem in neuerer Zeit auch verwendeten Begriff „Nutzwasser“ (Name einer Zeitschrift der IDA, vgl. Kap.10).



**Tab. 6:**

Summenparameter zur Charakterisierung der Abwasserqualität

Parameter	Definition
<b>Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)</b>	Die Oxidierbarkeit gibt Aufschluss über die im Wasser enthaltenen, durch das Oxidationsmittel $K_2Cr_2O_7$ oxidierbaren organischen Inhaltsstoffe (in $mg\ O_2/l$ ). Der CSB beinhaltet als einen Teil den BSB. Bestimmung nach DIN 38409, Teil 41.
<b>Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB<sub>5</sub>)</b>	Der biochemische Sauerstoffbedarf ist die Sauerstoffmenge, die die in eine Liter Wasser enthaltenen biochemisch oxidierbaren organischen Inhaltsstoffe in 5 Tagen unter der Stoffwechselfähigkeit entsprechender Mikroorganismen unter genormten Bedingungen verbrauchen (in $mg\ O_2/l$ ). Bestimmung nach Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser-, und Schlammuntersuchung (DEV) H5 (a2).
<b>Gelöster organischer Kohlenstoff (Dissolved Organic Carbon, DOC)</b>	Summenparameter, der die organische Belastung eines Gewässers quantifiziert, da dieser DOC den Lebewesen direkt zur Verfügung steht (in $mg/l$ ).
<b>Glühverlust (GV)</b>	Gewichtsdifferenz zwischen der abgedampften Wasserprobe und des bei 600 - 650°C ermittelten Glührückstands (in $mg/l$ oder %), Bestimmung nach DEV H1.
<b>Glührückstand (GR = 1- GV)</b>	Masse des Rückstands einer filtrierten, abgedampften Wasserprobe nach dem Verglühen bei 600 - 650°C.
<b>Elektrische Leitfähigkeit (LF)</b>	Indirekte Erfassung der Verbindungen, die in Wasser unter elektrolytischer Dissoziation in Ionen zerfallen. Bei Salzen: Umrechnung $1mS/cm = 750\ mg/l\ NaCl$ .
<b>Adsorbierbare organische Schwefelverbindungen (AOS)</b>	Ein Summenparameter für die Erfassung von Schwefelverbindungen.
<b>Adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX)</b>	Summenparameter für die Erfassung des adsorbierbaren (d.h. eliminierbaren) Anteil von vielen organischen (z.T. hochgiftigen) Halogenverbindungen mit Chlor, Brom oder Jod, u. a. das Insektizid DDT oder das „Sevesogift“ 2,3,7,8-Dioxin.
<b>pH-Wert</b>	pH ist die Abkürzung für lateinisch potentia hydrogenii, d. h. „Stärke des Wasserstoffs“. Maß für den sauren oder alkalischen Grad einer wässrigen Lösung, z.B. von Wasser; richtet sich nach der Zahl der Wasserstoffionen. Die Skala reicht von 1 (stark sauer, z. B. konzentrierte Salzsäure) bis 14 (stark alkalisch, z. B. konzentrierte Natronlauge). Der Neutralpunkt einer Lösung liegt bei pH 7. Abhängig vom pH-Wert verlaufen viele biochemische und chemische Reaktionen unterschiedlich.

	Inhaltsstoffe			BSB <sub>5</sub>	Dimension
	mineral.	organ.	gesamt		
<b>Absetzbare Stoffe</b>	20	30	50	20	g/E.d
	100	150	250	100	g/m <sup>3</sup>
<b>Nicht absetzbare Schwebestoffe</b>	5	10	15	10	g/E.d
	25	50	75	50	g/m <sup>3</sup>
<b>Gelöste Stoffe</b>	75	50	125	30	g/E.d
	375	250	625	150	g/m <sup>3</sup>
<b>Zusammen</b>	100	90	190	60	g/E.d
	500	450	950	300	g/m <sup>3</sup>

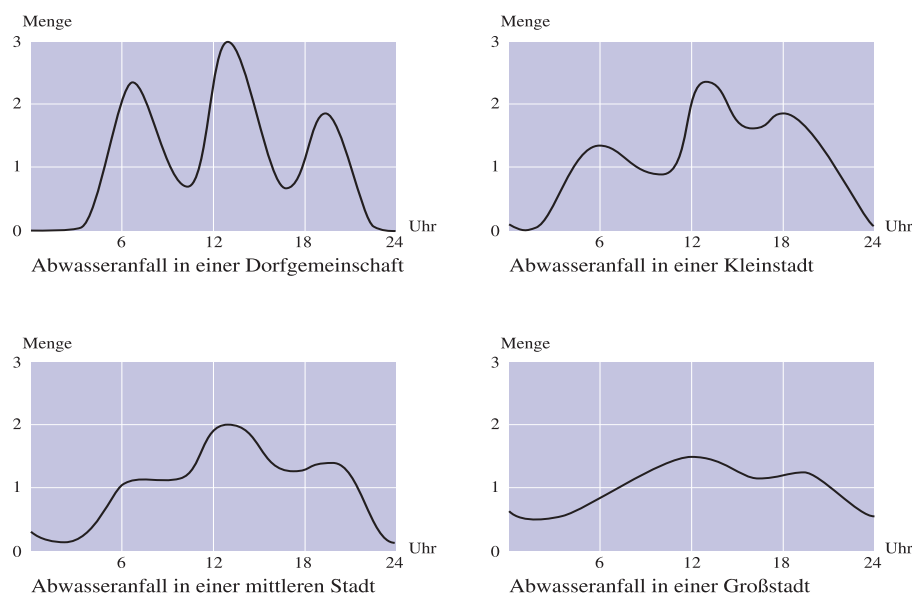
**Tab. 7:**

Mittlere Schmutzstoffgehalte des Abwassers in g pro Einwohner und Tag und Konzentration (bei 200 l/pro Einwohner und Tag, nach IMHOFF 1990, S.103 und 104)

Zur Bemessung einer Kläranlage dient der **Einwohnerwert** (Abkürzung EW, Einheit E), der die Summe aus Einwohnergleichwerten (EGW) von Industrie und Gewerbe sowie den Einwohnern zusammenfasst. Der Wert bezieht das industrielle Abwasser entsprechend seiner organischen Belastung mit ein. Bemessungskriterium ist der BSB<sub>5</sub>. Pro Einwohner werden täglich 60 g Sauerstoff angenommen. Beispielsweise entspricht die Herstellung von 1000 Litern Bier einem Einwohnerwert zwischen 150 und 350. Diese Angaben beziehen sich auf eine Kläranlage mit einfacher biologischer Klärstufe ohne weitergehende Abwasserreinigung, d.h. ohne Nährstoffelimination (N,P). Bezieht man den Einwohnerwert auf den Stickstoff und eine weitergehende Abwasserreinigung, müssen entsprechend höhere Ansätze für den Sauerstoffbedarf herangezogen werden. Im Tagesverlauf können die Abwassermengen je nach der Zahl angeschlossener Einwohner und ihrer Lebensgewohnheiten stark schwanken (vgl. Abb. 11).

Der Nährstoffgehalt von 1m<sup>3</sup> häuslichem Abwasser beträgt im Durchschnitt 80 g N, 20 g P und 60 g K (vgl. auch Tab. 8 und 9).

Werden Urin und Fakalien getrennt vom restlichen Abwasser behandelt, so lassen sich dadurch die Schadstofffrachten bei Stickstoff um bis zu 90 % und



**Abb. 11:**

Abwassermenge (Abwasser jeweils angegeben als relative Menge) im Tagesverlauf bei unterschiedlich großen Siedlungen, ohne Fremdwasser (aus ATV Bd.

**Tab. 8:**

Summenparameter verschiedener Konzentrationen von kommunalem Schmutzwasser (nach: ATV 1983,

Konzentration	pH-Wert	Absetzbare Stoffe in 2h	Abfiltr. Stoffe (Filterrückst.)	Abdampfrückstand (Filterdurchl. gel. Stoffe)	
		ml/l	mg/l	mg/l	
<b>1 gering</b>	6,6	2	200	400	
<b>2 mittel</b>	7,6	6	500	800	
<b>3 groß</b>	8,6	12	900	1200	
Konzentration	CSB ges.	BSB <sub>5</sub> ges.	Pges	Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Detergentien
	mg/l	mg/l	mg P/l	mg N/l	mg/l
<b>1 gering</b>	300	150	3	20	5
<b>2 mittel</b>	600	300	12	60	15
<b>3 groß</b>	1000	500	30	100	25

bei Phosphor um bis zu 80 % verringern. Im Grauwasser befinden sich ca. die Hälfte der Frachten an **Biochemischem Sauerstoffbedarf (BSB)** bzw. an **Chemischem Sauerstoffbedarf (CSB)** des häuslichen Abwassers (vgl. Tab. 8 und Tab. 9). Es verbleiben für 1m<sup>3</sup> Grauwasser somit ca. 8 g N, 4 g P, 280 g BSB<sub>5</sub> und 450 g CSB.

**Tab. 9:**

Größenordnungen an organischem Material, Stickstoff, Phosphor und Kalium in verschiedenen Abwasserteilströmen der privaten Haushalte (zusammengestellt nach DOCUMENTA GEIGY, Wissenschaftliche Tabellen, Basel 1981, Vol.1, LARSEN & GUJER 1996, FISCHEN & HAHN 1998)

Quelle	Org. C ges.		N ges. (Kjedahl)		Pges.	
<b>Küche, Bad, Putzen</b>	15	41%	0,2	1%	**	
<b>Fäkalien</b>	17	46%	1,5	11%	0,6	43%
<b>Urin</b>	5*	14%	12,2	88%	0,8	57%
<b>Gesamt</b>	37	100%	13,9	100%	1,4	100%

Die bisher vernachlässigte Unterscheidung von Schwarz- und Grauwasser ist somit einer der wichtigsten Ansatzpunkte für Überlegungen zu einem zukunftsfähigen Umgang mit dem häuslichen Abwasser (vgl. Kap. 7 und 8). Eine ebenso einfache wie überlegenswerte Möglichkeit zur Reduktion der Frachten an Stickstoff wäre die Einschränkung des Konsums an tierischem Eiweiß. Ein großer Teil des Stickstoffs in der Nahrung findet sich im Eiweiß wieder.

Während die meisten Bewohner dieser Erde eiweißunterversorgt sind, leiden wir Mitteleuropäer an einer Überversorgung mit vor allem tierischem Eiweiß. Allein diese Ernährungsgewohnheiten summieren sich im kommunalen Abwasser auf jährlich rund 100.000 Tonnen Stickstoff. Bereits mit einer Halbierung des Fleischkonsums ließe sich die jährliche Stickstofffracht auch in den Kläranlagen um 50-60.000 Tonnen reduzieren. Dies entspricht etwa

der Hälfte der Menge an Stickstoff, die heute in den Stickstoffeliminierungsstufen der Kläranlagen mit einem Investitionsaufwand von rund 25 Mrd. DM und viel Energie in die Atmosphäre befördert wird, von wo er zuvor mit viel Energie zu Düngezwecken fixiert wurde (ISERMANN 1991). Hinzu kommen die weitaus größeren Stickstoffströme aus der Tierproduktion („Veredelungswirtschaft“ - Import von eiweißreichen Futtermitteln), die durch geringeren Fleischkonsum eingespart werden könnten.

#### **Eine kleine Skatologie (= Lehre von der Scheiße)**

Der erwachsene Mensch gibt ziemlich genau die Menge an Stoffen wieder ab, die er aufnimmt. Der Anfall an menschlichen Ausscheidungen beträgt durchschnittlich ca. 45 kg an Fäkalien und ca. 500 l Urin pro Person und Jahr. Menge, Zusammensetzung, Form, Geruch und Farbe von Fäkalien und Urin können beträchtlich variieren. Sie hängen in starkem Maße vom gesundheitlichen Zustand der Menschen und ihrer Nahrung ab. Geruchsintensiv wirken sich z.B. Knoblauch, Zwiebeln, Spargel, Fisch, aber auch Alkohol aus. Die Hinterlassenschaften von Vegetariern sind in aller Regel volumiger, heller, stinken weniger und enthalten geringere Mengen an Stickstoff und Phosphor.

Der Wassergehalt hängt sehr von der Aufenthaltszeit im Darm ab. Bei Verstopfung enthalten Fäkalien oft 25 % und mehr Trockensubstanz (TS), bei 18 % sind sie weich, bei 15 % bereits nicht mehr geformt und bei weniger als 12 % deutlich flüssig. Durchschnittlich muss der Mensch 1-2 mal/Tag zum Scheißen, dies variiert jedoch von 1-2mal pro Woche bis zu 4-mal am Tag; Vegetarier müssen im Durchschnitt etwas häufiger (PIEPER 1987). Ein beträchtlicher Teil des Kotes besteht aus Bakterien, mehr als 100 Milliarden pro Gramm. Die vorwiegend braune Farbe stammt aus Abbauprodukten des Blutfarbstoffes Hämoglobin. Im Dickdarm wird ein Teil dieses „Gallenfarbstoffs“ zu dem der Scheiße farbgebenden Stoff Stercobilin.

#### **Literaturtipps!**

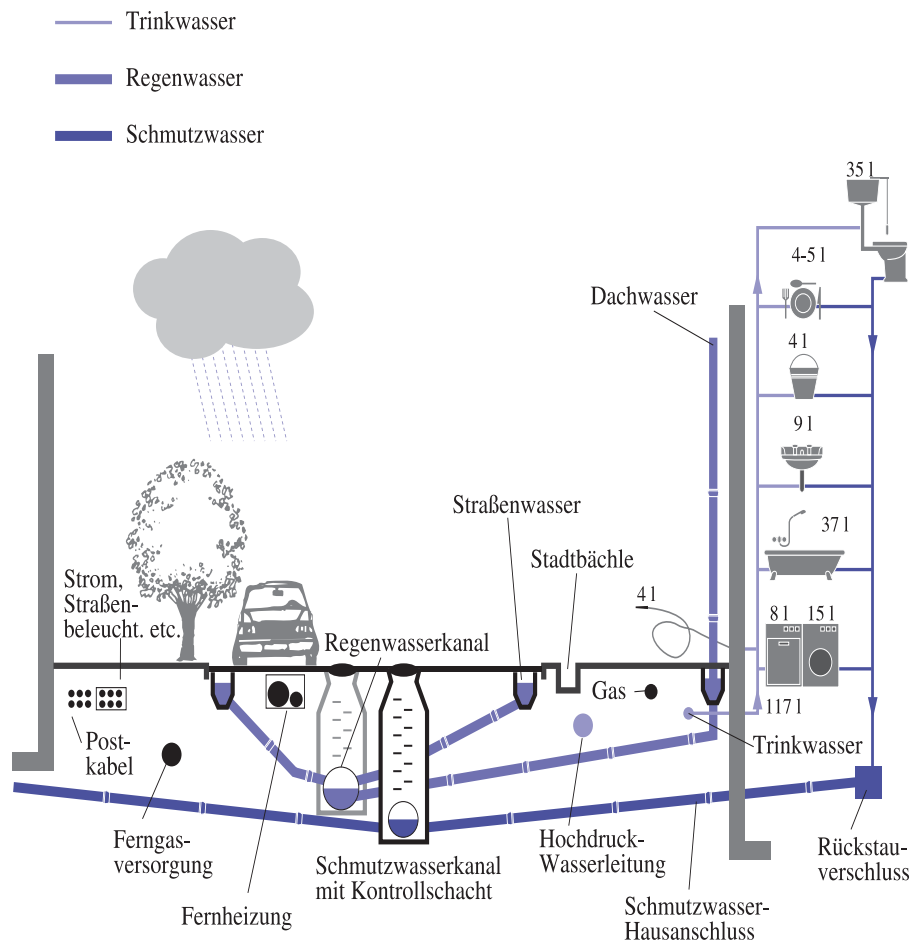
PIEPER, W. (1987): Das Scheiß-Buch.- Pieper, Löhrbach, 248 S.

## 2.2. Siedlungsentwässerung heute - Schwemmkanal und Zentralkläranlage

Die Abwasserentsorgung in Deutschland, die einen Wiederbeschaffungswert von ca. 400 Milliarden DM hat, umfasst heute ein Netz von öffentlichen Kanälen mit über 357.000 km Länge. Dies entspricht etwa der Entfernung Erde-Mond (ATV-Pressemitteilung 22/94). Die Länge der privaten Kanäle wird auf etwa das Doppelte geschätzt.

**Abb. 12:**

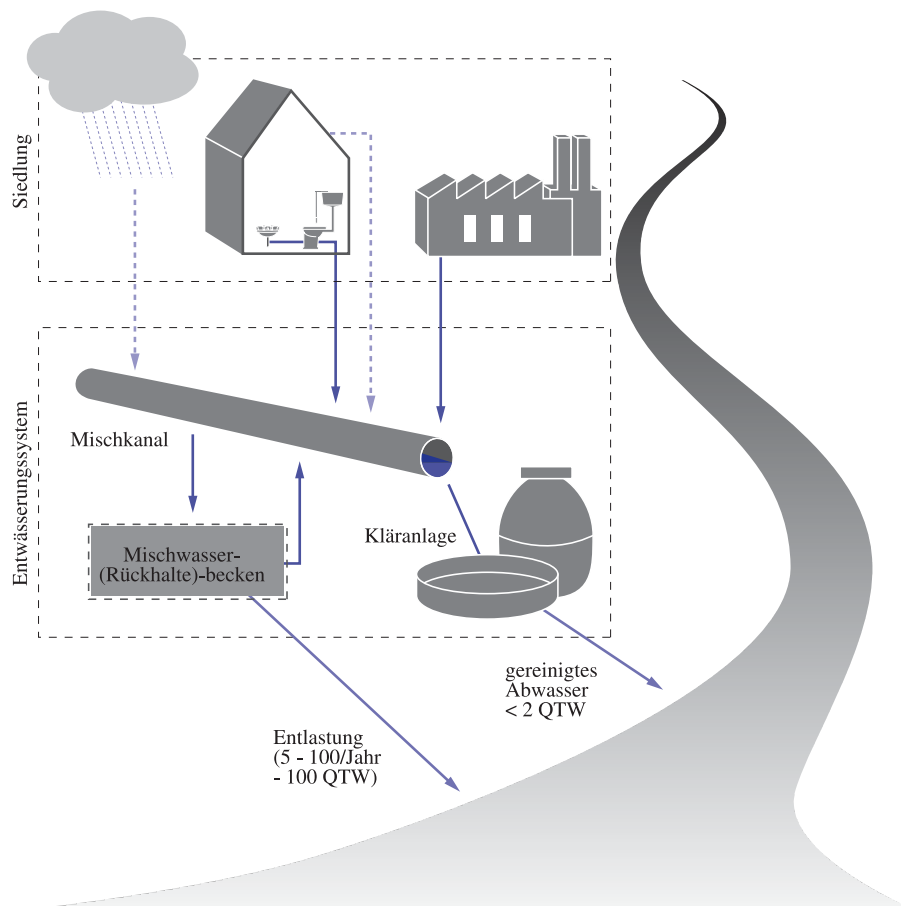
Durchschnittlicher Trinkwasserverbrauch pro Person und Tag (vgl. Tab. 35) und die konventionelle Entwässerung im Querschnitt (Trennsystem)



Durch diese Kanäle wird häusliches Schmutzwasser zu einer Kläranlage geführt und gelangt von dort mehr oder weniger gereinigt in die Gewässer. Die häuslichen Abwässer sind jedoch nur ein Teil des in Siedlungsgebieten anfallenden Abwassers. Der andere Teil entsteht, wenn es regnet (in Mitteleuropa etwa 3-15 % der Zeit) durch abfließendes Regenwasser von versiegelten Flächen wie Straßen, Dächer usw. Wird häusliches Schmutzwasser im selben Kanal wie das Regenwasser abgeleitet, so spricht man vom **Mischsystem**, bei getrennter Ableitung vom **Trennsystem**.

### Mischsystem = Entwässerung von Regen- und Schmutzwasser im selben Kanal

Die Menge Wasser, die bei starkem Regen durch ein Mischwasserkanalnetz (vgl. Abb. 13) abfließt, kann 100 mal größer sein als der Abfluss des Schmutzwassers bei Trockenwetter. Diese Abwassermenge kann aus ökonomischen, aber auch aus verfahrenstechnischen Gründen keine Kläranlage bewältigen. In der Regel kann dort nur der doppelte Trockenwetter-Spitzenabfluss ( $2Q_{TW} = 2Q_t$ ) behandelt werden. Bei einsetzendem Regen wird diese Menge schnell überschritten und das überschüssige Wasser muss an sog. Mischwasserüberläufen (Fachjargon: Regenüberlauf) in die Gewässer abgeleitet werden. Hier entsteht einer der Interessenskonflikte im Zusammenhang mit der Mischkanalisation: Einerseits möchte man Regenwasser so schnell wie möglich ableiten, um Rückstau und Überschwemmungen in den Siedlungen zu vermeiden, andererseits aber eine Gewässerverschmutzung durch das Mischwasser aus der Kanalisation verhindern oder zumindest doch beschränken.

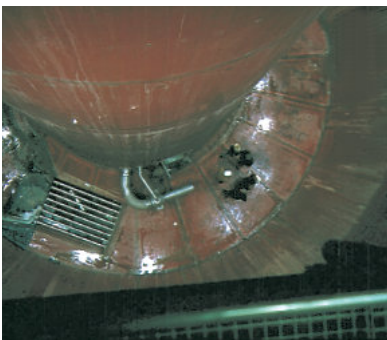
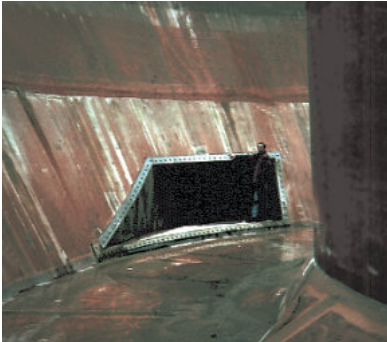


**Abb. 13:**

Strategie der Siedlungsentwässerung heute (Mischsystem)  $Q_{TW}$  = Abfluss bei Trockenwetter = Schmutzwasserablauf ohne Regenwasser

Mischwasser, das bei Regenwetter in die Gewässer geleitet werden muss, kann je nach Gefälle der Kanäle, Tageszeit, Besiedlungsdichte, Einzugsgebiet und Oberflächenverschmutzung erhebliche Schmutzfrachten mit sich führen. Mit dem Bau von Mischwasserspeichern („Regenüberlaufbecken“) wollte man





**Abb. 14:**

Ansicht des Zulaufes des zentrisch gebauten Mischwasserrückhaltebeckens Hamburg-Schädlerstraße (umbauter Raum ca. 14.000 m<sup>3</sup>, Bauzeit 3 Jahre, Kosten rd. 15 Mio DM). Durch ein Nutzvolumen von 7.400 m<sup>3</sup> werden die Mischwasser-Überlaufereignisse auf ca. 5 pro Jahr reduziert. Das Mischwasser wird in eine Rotationsbewegung versetzt und abgesetzte Stoffe in einen

dieser Gewässerbelastung begegnen. Seit der ersten Ausformulierung des ATV Arbeitsblattes 128 (1977) wurden in Deutschland weit über 9 000 unterirdische „Regenüberlaufbecken“ (RÜB, richtiger wäre „Mischwasserrückhaltebecken“) gebaut, welche einen Teil der Schmutzfrachten zurückhalten sollten. Es mehren sich jedoch die Hinweise, dass sich mit den Mischwasserrückhaltebecken nicht die gewünschten Verbesserungen in den Gewässern einstellen. Im Wesentlichen reduzieren die RÜBs nur die Häufigkeit der Überläufe (Entlastungen). Die Gewässergüte hängt jedoch oft stärker von anderen Faktoren, wie z.B. der Struktur des Gewässerbettes ab. Zudem haben Studien (EAWAG 1979, KREJCI et. al. 1992, 1994) gezeigt, dass sich mit dem Bau von RÜBs die Stofffracht lediglich um 5-25 % verringert. Daher sind in den letzten Jahren auch unter den konventionell arbeitenden Abwasseringenieuren erhebliche Zweifel aufgekommen, ob sich die für die RÜBs in Deutschland investierten 140 Milliarden DM ausgezahlt haben. Eine Verbesserung wird inzwischen in der lokalen Versickerung von Regenwasser gesehen (vgl. ATV-Arbeitsblatt 128, Kap. 5).

#### **Trennsystem =**

#### **Entwässerung in getrennten Regen- und Schmutzwasserkanälen**

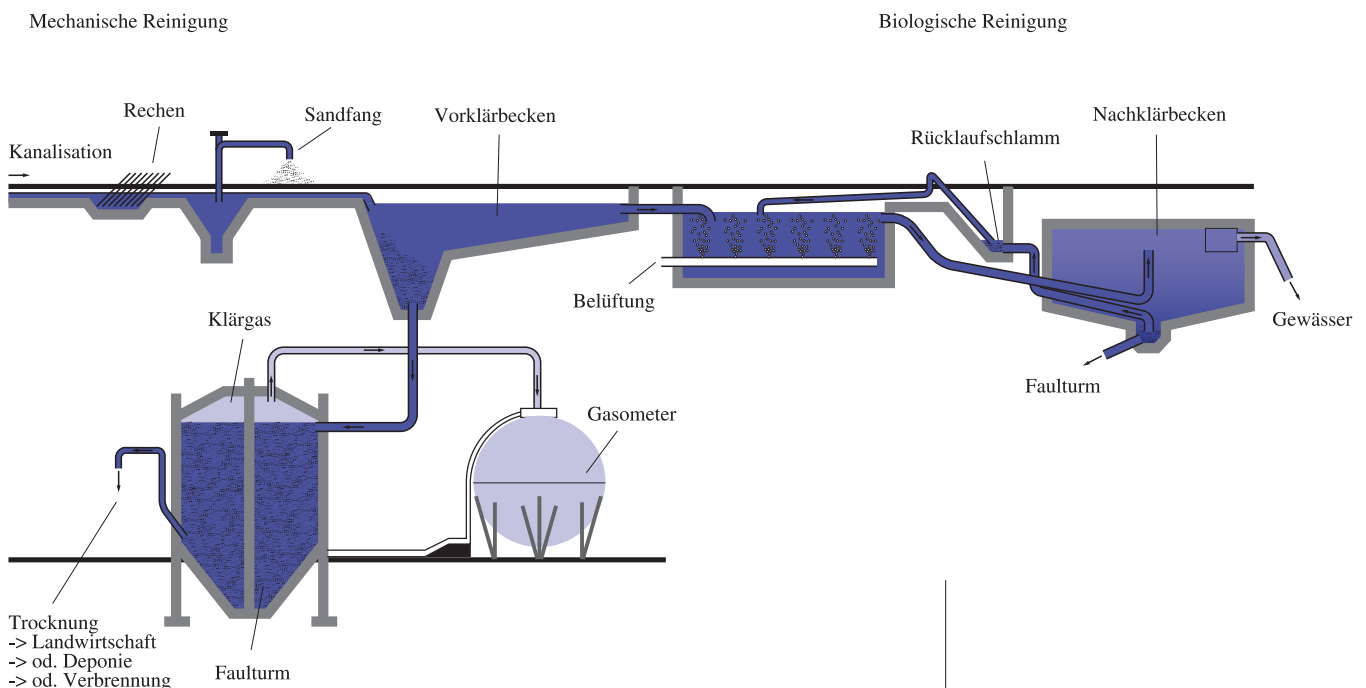
Die Trennkanalisation ist vor allem in Nord- und Ostdeutschland zu finden. Im Trennsystem wird in der Regel das Regenwasser nicht besonders behandelt, also weder zwischengespeichert noch gereinigt. Ausnahmen sind Regenwasserableitungen von besonders belasteten Oberflächen wie Autobahnen, Flugplätzen oder Industrieanlagen. Grundsätzlich liegt hier jedoch ein wesentlicher Nachteil der Trennkanalisation: Stärker belastetes Oberflächenwasser gelangt meist unkontrolliert und ungereinigt in die Gewässer. Wesentlicher Grund dafür, dass sich das Trennsystem nicht überall durchgesetzt hat, sind die 30-50 % höheren Kosten für den baulichen Mehraufwand. Ein weiterer Nachteil des Trennsystems liegt in der Möglichkeit von Fehlschlüssen, die öfter auftreten, als man vermuten würde. Dieses geschieht sowohl aus Unkenntnis als auch wegen der oft leichteren Zugänglichkeit (geringere Tiefe) des Regenwasserkanals. Bei behördlichen Bauabnahmen wird das oft übersehen. Bei der Kanalisation geht man je nach Material von einer **durchschnittlichen Lebensdauer** von 50-100 Jahren aus. Große Teile der bestehenden Kanalisationen sind etwa so alt oder deutlich älter. In den nächsten 15 Jahren muss daher ein großer Teil der siedlungshydrologischen Einrichtungen in Deutschland erneuert oder neu gebaut werden. Nach Schätzungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) sind in der gesamten Bundesrepublik ca. 20 % der Abwasserleitungen und Kanäle des öffentlichen (Länge ca. 300 000 km) und des nichtöffentlichen (Länge ca. 600 000 km) Kanalisationsnetzes sanierungs- bzw. erneuerungsbedürftig. Auch in Zukunft wird ein Teil der Abwasseranlagen öffentlich gefördert werden müssen.

Nach dem Bundes-Investitionsförderungsgesetz werden seit 1995 für 10 Jahre insgesamt 6,6 Mrd. DM bereitgestellt, von denen 5,9 Mrd. DM auch für wasserwirtschaftliche Investitionen aufgewendet werden dürfen. Die Länder kommen bei der Schätzung des Investitionsbedarfs bei der **Abwassersanierung**

1995 - 2005 sogar auf 157 Mrd. DM. Davon werden 74 Mrd. DM in den ostdeutschen Ländern und 83,4 Mrd. DM in den westlichen Kommunen benötigt. Niedrigere Schätzungen gehen von ca. 50 Mrd. DM aus (IKSR 1994c).

Aufgrund dieser enormen Investitionen ist es unverzichtbar, neben den althergebrachten Verfahren auch die Alternativen zu prüfen. Die Rahmenbedingungen für eine Realisierung der Alternativen zu heutigen Kanalisationssystemen und Kläranlagen müssen für Entscheidungsträger und Bürger übersichtlich dargestellt werden. Dies umfasst Kosten-Nutzen-Analysen und Fragen der Sozialverträglichkeit sowie regionale Besonderheiten. Beispielsweise steigen

Aus der Antwort der Bundesregierung (1996) auf eine Anfrage der SPD zur "Umwelt- und sozialverträglichen Abwasserbehandlung und Vermeidung" (BTDRs. 13/1057).



die Anschlusskosten mit sinkender Zahl der angeschlossenen Personen pro Kanalnetzmeter. Alternativen sind in dünn besiedelten Regionen und in Randgebieten der Metropolen häufig deutlich billiger als konventionelle Systeme. Sie bieten außerdem die (kosten)günstige Gelegenheit, neue Ideen zu erproben. Geographische Randgebiete sind darüber hinaus von besonderem Interesse, da sie oft aus ökologischer Sicht besonders sensibel sind und gleichzeitig Erholungsfunktion für die urbanen Gebiete besitzen. Auch der Flächenbedarf für bestimmte alternative Entwässerungssysteme (Bodenfilteranlagen, Offenlegung der Regenwasserkanalisation) ist dort am ehesten zu decken.

1992 wurden in Deutschland 8,3 Mrd. DM in die Abwasserreinigung investiert. Davon wurden fast die Hälfte der Kosten bezuschusst und nicht über die Abwassergebühren finanziert (vgl. Tab. 34 und Kap.3.1).

**Abb. 15 :**  
Schema einer konventionellen Kläranlage (verändert aus ILLI 1987)

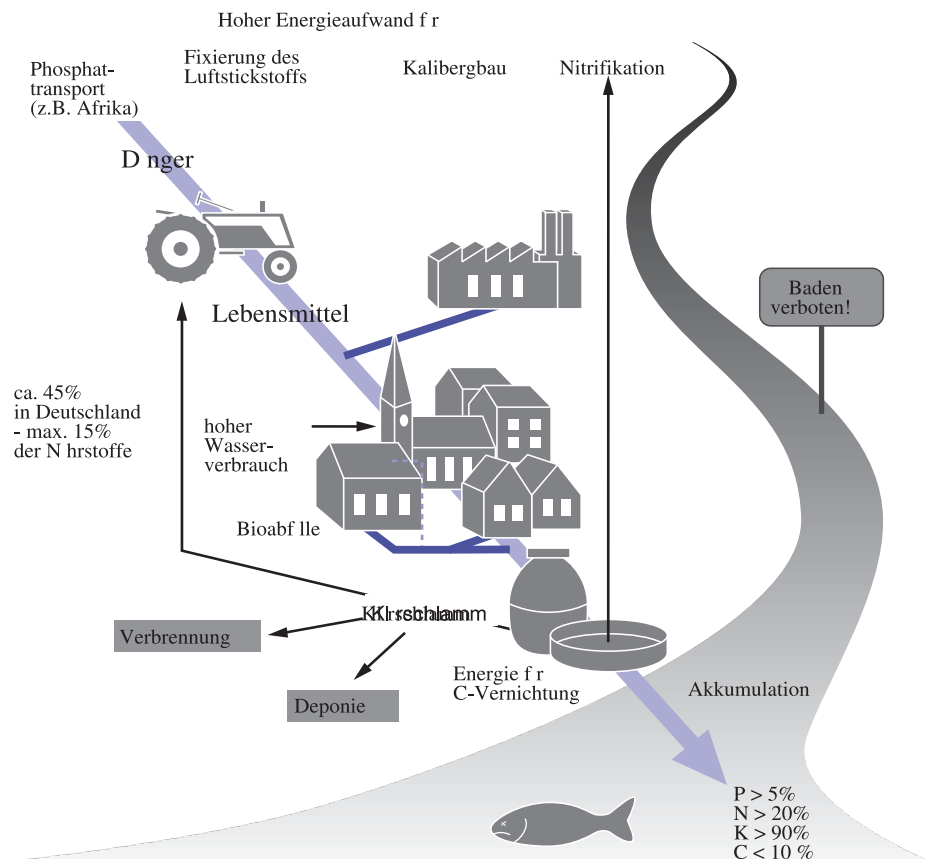
### 2.3. Lineare Stoffströme durch einheitliche Schwemmkanalisation für kommunales Abwasser

Durch die Verdünnung und die Vermischung der Bestandteile der Haushaltsabwässer wird eine getrennte Behandlung der Fäkalien unmöglich. Diese Verfahrensweise hat neben einigen Vorteilen viele gravierende Nachteile (vgl. Abb. 16):

- Anstelle der Gewinnung von Dünger, der eine Rückführung der Nährstoffe in den Nahrungskreislauf erlauben würde, entsteht Klärschlamm als Abfallprodukt, dessen Entsorgung immer teurer wird.
- Anstelle der Gewinnung von Energie, z.B. in Anaerobreaktoren (Biogasanlagen), wird in kommunalen Kläranlagen viel Energie aufgewendet, um organische Stoffe abzubauen und den Stickstoff zu nitrifizieren. Zusätzlich wird an anderer Stelle bei der Herstellung von Handelsdünger viel Energie verbraucht, um Stickstoff aus der Luft zu gewinnen.
- Anstelle eines schonenden und sparsamen Umgangs mit sauberem Wasser wird der natürliche Wasserkreislauf in vielen Gebieten übernutzt und ständig mit Nährstoffen belastet. Dies führt zur Überdüngung von Gewässern mit weitreichenden Folgen (vgl. Kap. 2.3.1.-2.4.3). Zudem werden die abbauwürdigen cadmiumarmen **Phosphatvorräte** der Erde in hundert bis hundertfünfzig Jahren verbraucht sein (ARRHENIUS 1995, persönl. Mitt., die WHO gibt ca. 80 Jahre an), während gleichzeitig nutzbarer Phosphor

**Abb. 16:**

Schematische Darstellung der Stoffströme beim traditionellen Sanitärkonzept. Nährelemente wie Stickstoff (N), Phosphor (P), Kohlenstoff (C) und Kalium (K) gehen ständig verloren, werden unter Energieaufwand ständig nachgeliefert und belasten die Umwelt.



in die Gewässer gelangt und letztendlich in den Weltmeeren verteilt wird. Mit anderen Nährstoffen wie z.B. Kalium oder Schwefel verhält es sich ähnlich; hier hält die Kläranlage fast nichts zurück.

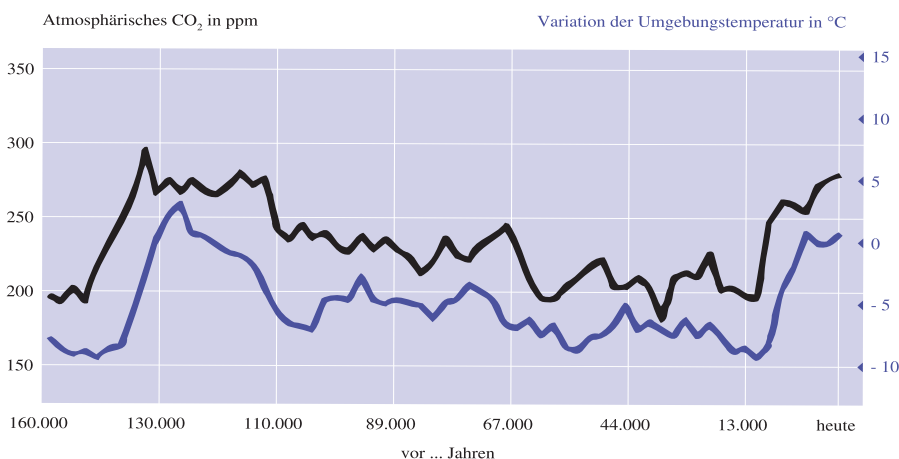
Moderne Kläranlagen sind eine klassische „end-of-pipe“-Technologie. Sie vermeiden das Abfallproblem nicht am Ort seiner Entstehung, sondern versuchen es kurz vor der Einleitung in ein Gewässer mit mäßigem Erfolg zu lösen. Denn trotz ihrer guten Reinigungsleistung verhindern sie weder den Abfluss wertvoller Nährstoffe noch die Anreicherung (Akkumulation) von Schadstoffen im Klärschlamm und in den Gewässern. Diese langfristigen Probleme, die unsere Gesellschaft nicht zuletzt unter Missachtung kommender Generationen kaum wahrnimmt, sind auch eine Konsequenz der Anwendung von Spültoiletten.

Im industriellen Bereich wird inzwischen verstärkt auf die getrennte Behandlung verschiedener Abwasserqualitäten (= **Teilstrombehandlung**) und die Rückgewinnung von Wertstoffen gesetzt. Die Anwendung dieser Prinzipien sollte auch im kommunalen Bereich zum Einsatz kommen.

Vergleichsweise unbelastete Fäkalien und Bioabfälle sollten zur Verbesserung der Humusschicht und damit zur Pflege der Bodenfruchtbarkeit landwirtschaftlich genutzt werden. Die Ausbringung behandelter organischer Substanz in die Böden trägt außerdem dazu bei, Kohlenstoff ( $\text{CO}_2$ ) der Atmosphäre zu entziehen und festzulegen (Kohlenstoffsенке contra globale Erwärmung vgl. ARRHENIUS 1992 und ARRHENIUS & STRONG 1993). Bei der immer noch steigenden Tendenz, organische Abfälle und Klärschlamm zu verbrennen, sinkt die Bodenfixierungsrate immer weiter nahezu gegen null.

### 2.3.1. Was hat Abwasser mit der globalen Klimaveränderung zu tun ?

Das Bekanntwerden der Ergebnisse von  $\text{CO}_2$ -Messungen an fossilen Luftbläschen aus der Antarktis (vgl. Abb. 17) löste in der wissenschaftlichen Welt einen Alarmruf aus. Hier fand sich ein Beleg dafür, dass das Klima auf der Erde von der  **$\text{CO}_2$ -Konzentration** in der Atmosphäre maßgeblich beeinflusst wird.



**Abb. 17:**

$\text{CO}_2$ -Konzentrationen und Durchschnittstemperaturen während der letzten 160 000 Jahre, chemisch gemessen aus „fossilen“ Luftbläschen im antarktischen Eis (aus: WEIZSÄCKER et al. 1995, nach Global Commons Institut).

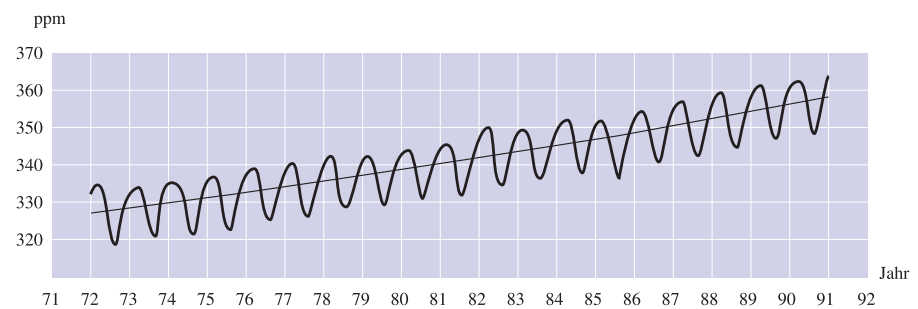
**Abb. 18:**

Der Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Erdatmosphäre, gemessen auf dem Schauinsland (Schwarzwald). Die Schwankungen innerhalb eines Jahres gehen auf den veränderlichen Biomassezuwachs zu verschiedenen Jahreszeiten der Pflanzen, bzw. der damit verbundenen Aufnahme der Pflanzen an CO<sub>2</sub> zurück (aus:

**Tab. 10:**

Die wichtigsten Treibhausgase menschlicher = anthropogener Herkunft (nach UBA 1994 und

Zusammen mit der kontinuierlich zunehmenden CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre (vgl. Abb. 18) verliehen sie der These des „**Treibhauseffektes**“ von SVANTE VON ARRHENIUS (1859-1927) erhebliche Brisanz.



Die genannten Ergebnisse belegen einmal mehr, dass die Menschen in den westlichen Industrienationen weit über ihre Verhältnisse leben und damit die Lebensgrundlagen zukünftiger Generationen gefährden. Die Messergebnisse aus der Antarktis waren deshalb Auslöser für internationale Konferenzen wie der in Rio 1992 und entsprechenden Nachfolgekongressen. In der Folge hat sich das **Klimabündnis der Städte** gegründet, welches u.a. eine deutliche globale CO<sub>2</sub>-Emissions-Verminderung zum Ziel hat.

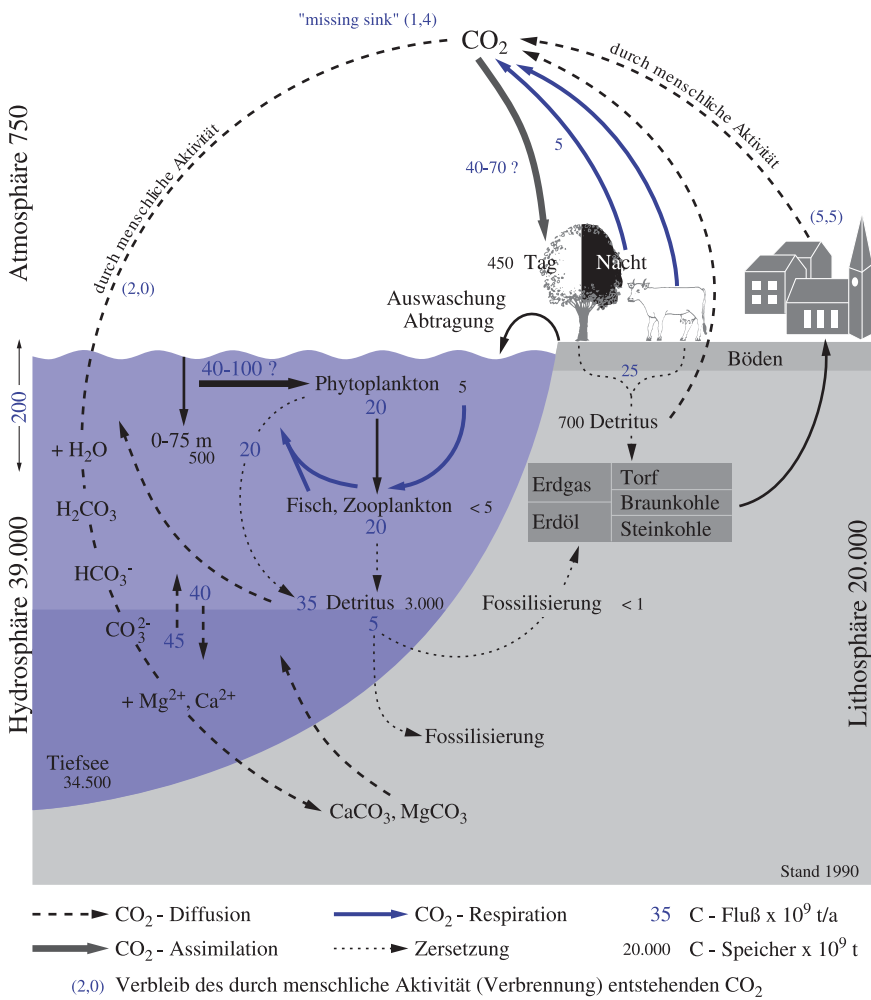
Gas	Volumen-Mischungsverhältnis [ppm]	Verweilzeit [Jahre]	Anstieg/Jahr [%]	Anteil am Treibhauseffekt in 100 Jahren [%]	1765	1990
CO <sub>2</sub>	357	50-200	0,4-0,5	50	279 ppm	354 ppm
CH <sub>4</sub>	1,75	11	0,8	13	790 ppb	1720 ppb
N <sub>2</sub> O	0,31	132	0,25	5	285 ppb	310 ppb
FCKWs	0,00012-0,00028	16-130	4-7	25 % vor allem ozonzerstörend		
CO	0,15	wenige Monate	1			
NO <sub>x</sub>		Tage	-			

Das Kohlendioxid ist nicht das einzige Treibhausgas (vgl. Tab. 10), das die von der Erdoberfläche abgegebene langwellige Wärmestrahlung absorbiert. Zum Treibhauseffekt tragen nach Schätzungen bei:

- zu 50 % die Nutzung fossiler Energieträger,
- zu 20 % die Chemie durch Emission von FluorChlorKohlenwasserstoffen (FCKWs, Halonen),
- zu 15 % die Zerstörung der Tropenwälder
- sowie zu 15 % Rinderhaltung, Reisanbau, Mülldeponien und Lachgas (N<sub>2</sub>O) bei der Düngung (UBA 1994b).

Distickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O = Lachgas) entsteht auch bei der mikrobiellen Umsetzung von Stickstoff durch Nitrifikation und Denitrifikation - also auch bei der Stickstoffelimination in den Kläranlagen. Zum einen trägt N<sub>2</sub>O zur

Klimaerwärmung bei, zum anderen schädigt es durch photolytische Bildung von NO-Radikalen die stratosphärische Ozonschicht. Die Art der Kohlenstoffquelle sowie die Konzentrationen an Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff spielen eine wichtige Rolle für die Höhe der N<sub>2</sub>O-Emissionen bei der Nitrifikation/Denitrifikation. Lachgas entsteht nur beim aeroben Abbau, nicht aber bei der Gärung. Durch eine Vergärung organischer Abfälle würden nicht nur die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus kommunalen Kläranlagen wegfallen, die im Vergleich zu den industriellen und landwirtschaftlichen Emissionen gering



**Abb. 19:** Kohlenstoffkreislauf (verändert nach dtv-Atlas zur Ökologie 1990, aktualisiert nach ARRHENIUS 1992, MASON 1995)

sind (vgl. WICHT & BEIER 1995), sondern auch die landwirtschaftlichen Emissionen ließen sich reduzieren.

Der Ausstoß an Kohlendioxid in die Atmosphäre aus menschlicher Aktivität wird für die 80er Jahre etwa auf 5,5+/-0,5 Gigatonnen (Gt) C/a geschätzt. Hinzu kommen in die Atmosphäre etwa 1,1+/-1,0 Gt C/a aus der Zersetzung, Verbrennung und Abholzung von tropischen Regenwäldern und anderen Änderungen der Landnutzung. Diese Menge ist vergleichsweise gering gegenüber den ca. 200 Gt C/a, die jährlich zwischen Atmosphäre und der Erdoberfläche (Ozeane und Kontinente) ausgetauscht werden. Trotzdem macht sich diese vergleichsweise geringe Menge in höheren CO<sub>2</sub>-Gehalten in der Atmosphäre deutlich bemerkbar. Etwa die Hälfte der zusätzlichen Emissionen (3,2 Gt C/a) verbleibt in der Atmosphäre. Durch die Ozeane werden weitere 2+/- 0,8 Gt T/a



**aerob** = Lebensweise von tierischen und pflanzlichen Organismen, die zur Atmung Sauerstoff aus der Luft verwenden. Dementsprechend wird bei aeroben Abbauvorgängen Sauerstoff verbraucht.

Im Gegensatz dazu gibt es **anaerobe** Vorgänge, die unter Ausschluss von Sauerstoff (anoxisch) stattfinden; die entsprechenden Stoffwechselvorgänge werden als Gärung bezeichnet.

#### Abb. 20:

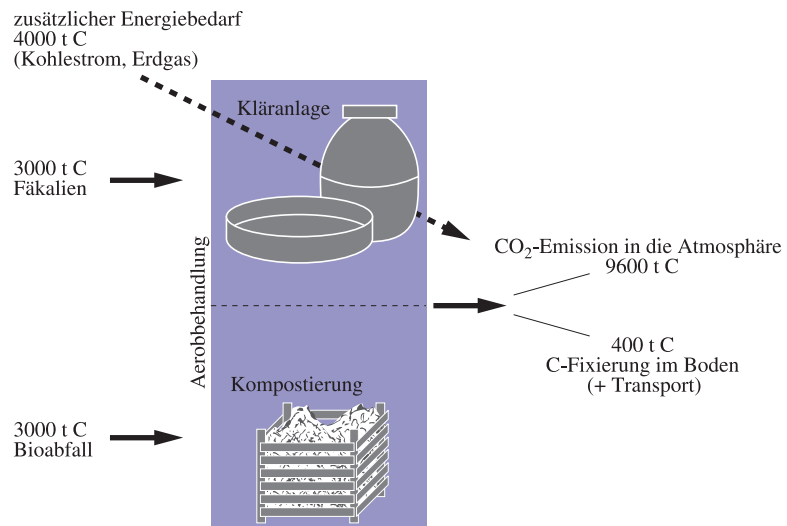
Kohlenstoffbilanz beim aeroben Abbau (a) und beim anaeroben Abbau (b) der organischen Abfälle bzw. Urin und Fäkalien von ca. 300.000 EW. Dieses gilt für Kläranlagen, die noch keine Kraftwärmekopplung in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) betreiben und ihren Energiebedarf im Wesentlichen aus Erdgas oder Kohlestrom decken. In Anlagen, die mit BHKW betrieben werden, verändert sich die  $\text{CO}_2$ -Bilanz entsprechend (ergänzt nach LINDERT, unveröffentlicht, vgl. auch LINDERT 1995)

aufgenommen. Für die Differenz („**missing sink**“) von  $1,4 \pm \text{Gt C/a}$  ist bisher noch keine befriedigende Erklärung gefunden. Eine mögliche Ursache könnten die veränderten Umsatzraten im Boden und in den Pflanzen sein, die durch veränderte, verfügbare Gehalte an Kohlenstoff, Stickstoff und geänderte Temperaturen entstanden sein könnten.

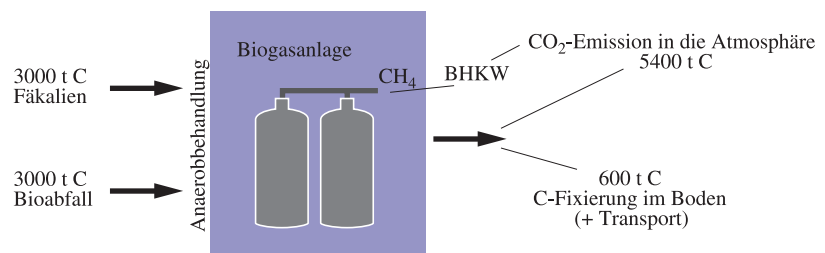
Wenn man die einzelnen **Kohlenstoffdepots** auf der Erde betrachtet, so fällt als relativ schwer einzuschätzende Größe der Boden auf. Der Boden ist zwar absolut gesehen ein relativ kleines Depot für Kohlenstoff, aber ein wichtiger Schlüssel für das Verständnis der Nährstoffkreisläufe. Unter anderem hängt es wesentlich vom Humusanteil der Böden ab, wieviel Kohlenstoff in ihnen gespeichert bleibt. Je höher der Anteil, desto größer die Speicherung von Kohlenstoff im Boden.

Beim aeroben Abbau von organischen Stoffen (in Anwesenheit von Sauerstoff) kommt es zu einer Umwandlung in  $\text{CO}_2$ , Wasser und einer teilweisen Mineralisierung von Stickstoff, Phosphor etc. Der anaerobe Abbau (vgl. Vergärung, Kap. 8.3.3, Tab.58) führt zur Bildung von Methangas ( $\text{CH}_4$ ), Wasser und ebenfalls zur Mineralisierung eines kleineren Teils von Phosphor und Stickstoff. Für die Praxis liegt ein wesentlicher Unterschied darin, dass das Methangas vor der Oxidation/Verbrennung zu  $\text{CO}_2$  noch zur Energiegewinnung genutzt werden kann und so den Einsatz eines anderen Energieträgers erspart.

#### (a) Konventionelle Kläranlage + Bioabfallkompostierung



#### (b) Vergärung von Fäkalien, Urin und Bioabfall



Die meisten Kläranlagen beruhen im Wesentlichen auf dem Belebtschlammverfahren, das einen großen Teil der organischen Substanzen zunächst unter **aeroben** Bedingungen (durch energieaufwendige technische Belüftung) zu Kohlendioxid  $\text{CO}_2$  abbaut. In der Regel wird nur der Klärschlamm zusammen mit den abgesetzten Stoffen aus der Vorklärung (vgl. Abb. 15) in „Faultürmen“ (Biogasanlagen) zur Mengenreduzierung und zur Deckung eines Teils der Energie, die die Kläranlagen benötigen, genutzt.

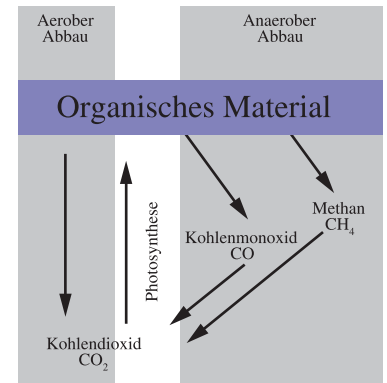
Selbst wenn der gesamte Klärschlamm in der Landwirtschaft ausgebracht würde, kämen nur etwa 15 % des eingesetzten Kohlenstoffs zurück in den Boden. Bei einer Vergärung der Bioabfälle und des Schwarzwassers (wenig verdünnte Fäkalien und Urin) könnten es immerhin 20 - 25 % des Kohlenstoffs sein. Hinzu kämen Einsparungen beim  $\text{CO}_2$ -Ausstoß durch die Produktion und Nutzung von **Methan** ( $\text{CH}_4$ ) sowie die Einsparung von Betriebsenergie in der Kläranlage. In Abb. 20 ist eine **Kohlenstoffbilanz** dargestellt.

### 2.3.2. Das Meer und der Klärschlamm - Endlager für die Nährstoffe Phosphor, Stickstoff und Kalium

Durch die umfangreichen Maßnahmen zur weitergehenden Abwasserreinigung und den Verzicht auf **Phosphat** in Waschmitteln gehen die Frachten an Phosphor in den Flüssen stark zurück. Die Landwirtschaft trägt etwa zu 38 % zum Phosphateintrag in Fließgewässern bei. 58 % der Gesamteinträge (ca. 4 000 t/Jahr) entstammen aus Klärwerken, davon 5/6 aus kommunalen Anlagen (UBA 1994).

Abb. 21:

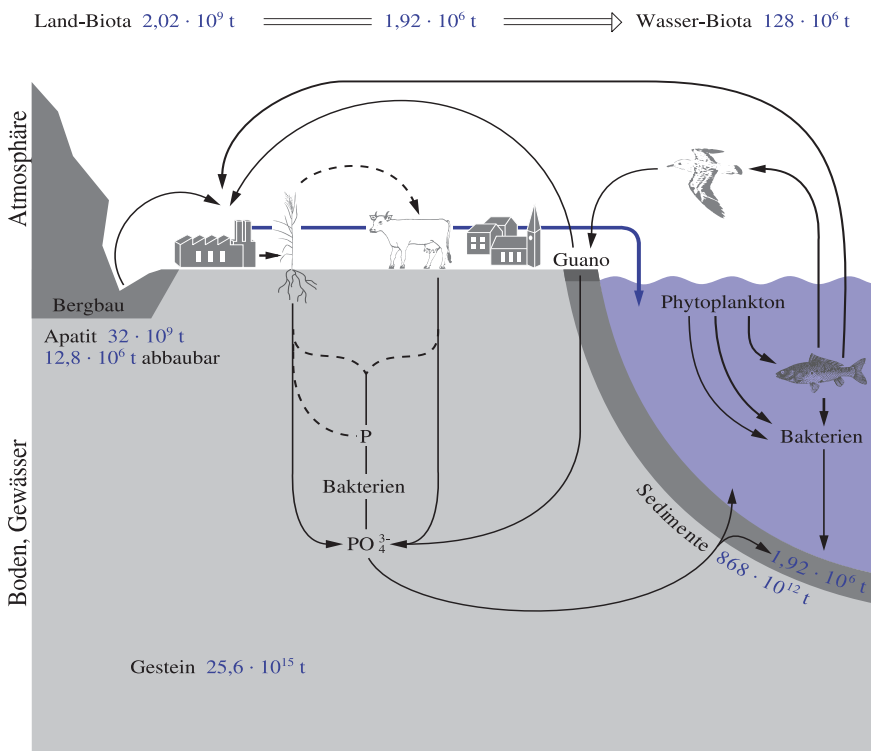
Schema: Aerober (in Anwesenheit von Luft-Sauerstoff) und anaerober (in Abwesenheit von Luft-Sauerstoff) Abbau.



Phosphor

Abb. 22:

Stoffströme des Phosphors (verändert nach dtv-Atlas zur Ökologie 1990). In der oberen Zeile wird der hohe Netto-Export in die Gewässer deutlich.



## Cadmium und Phosphor

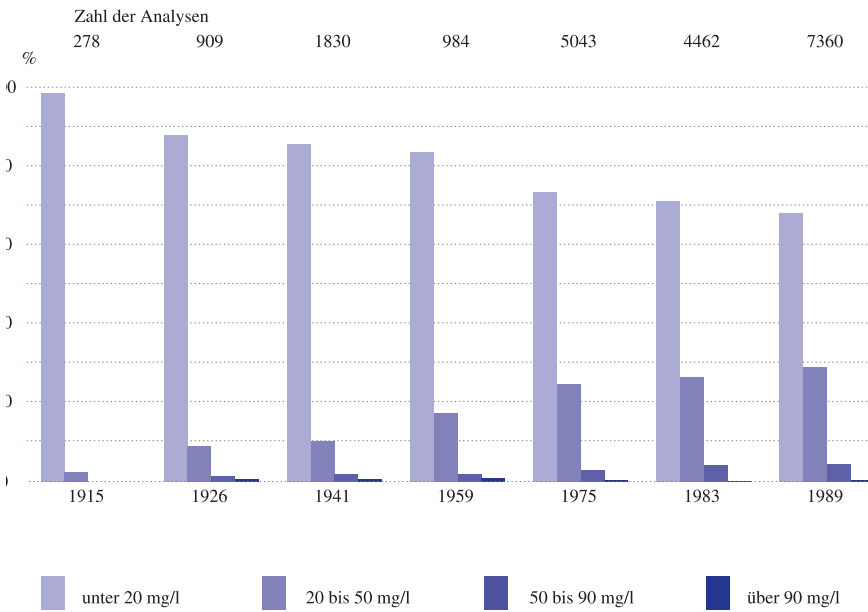
Eines der für den Menschen bedenklichsten Schwermetalle ist das kanzerogen und hoch toxisch wirkende Cadmium (Cd), das von uns mit der Nahrung aufgenommen wird und sich in Leber und Niere anreichert. Laut WHO ist die tolerierbare Cadmium-Belastung bereits zu 40 % erreicht (zit. in MÖNITCKE 1994). Die Versorgung mit gering Cadmium-belastetem Phosphordünger wird mit Erschöpfung der Lagerstätten (z.B. des Kolaapatits) immer schwieriger. Die Wiederverwendung der in Lebensmitteln gespeicherten Nährstoffe in der Landwirtschaft ist daher ein wichtiger Schritt, um zu annähernd geschlossenen Nährstoffkreisläufen zu gelangen (vgl. Abb. 22 und 24). Die Phosphatfällung mit Eisen oder Aluminium in herkömmlichen Kläranlagen setzt die Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors deutlich herab. In Zukunft sollte daher soweit wie möglich biologisch „eliminiert“ werden.

**Tab 11:**  
Phosphor und Stickstoffeinträge  
in Fließgewässern (UBA 1994a)

	<b>Phosphoreinträge [1000 t] Alte Länder 1987 - 1989, Neue Länder 1991/92</b>	<b>Stickstoffeinträge [1000 t] BRD 1989/91</b>
Diffuse Einträge (ca.90 % aus Landwirtschaft)		
Direkteinleitungen	12	79
Dränwasser	2,7	54
Erosion	31	73
Grundwasser	1,2	400
Niederschlag, Streu	0,9	22
Punktförmige Einträge		
Industrielle Abwässer	6	91
Regenwasserbehandlung häusliche Abwässer einschl. Indirekteinleiter	8	29
	38	290
<b>Summe</b>	<b>99,8</b>	<b>1038</b>
<b>P/N</b>	<b>1</b>	<b>10</b>

## Stickstoff

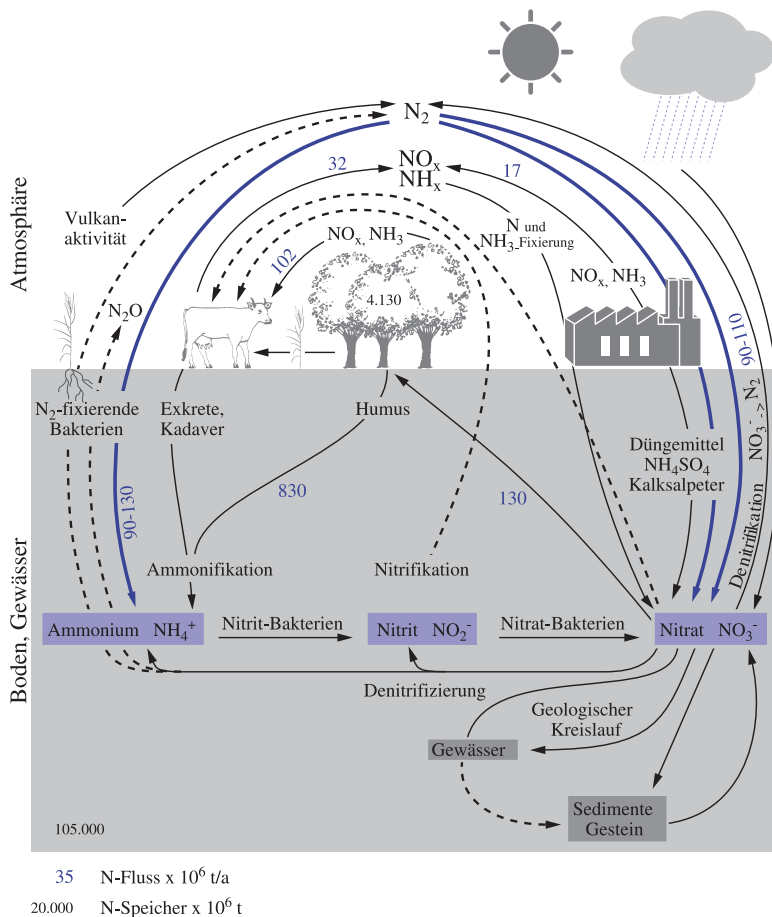
Der **Stickstoffkreislauf** gilt als kompliziertester der geochemischen Kreisläufe. Das liegt unter anderem daran, dass Stickstoff in so unterschiedlichen Formen vorliegen kann (z.B. in der Gasphase als  $N_2$  od. in organischer Form als Eiweiß) und der gesamte mineralische Stickstoff in ca. 1 - 2 Monaten umgesetzt wird. Eine wichtige Rolle nimmt die Fixierung des Luftstickstoffes ein. Durch die Aktivität des Menschen wird ungefähr noch einmal so viel Luftstickstoff fixiert wie durch „natürliche“ Vorgänge; ca. 140 Tg N/a [Tg = Terra-gramm =  $10^6$ t]. Ein beträchtlicher Teil dieses aus der Luft fixierten Stickstoffs wird ins Grundwasser und in die Küstengewässer umverteilt. Das C/N- und N/P-Verhältnis verschiebt sich dort immer weiter zugunsten des Stickstoffs, die N-Frachten in den Fließgewässern steigen weiter. Viele der Gewässer sind deshalb nicht mehr stickstofflimitiert. Die Nitratbelastung in Böden und Gewässern ist heute flächendeckend. Dies spiegelt sich auch in den Nitratkonzentrationen im Trinkwasser wieder (GALLOWAY et al. 1995, NEVISON et al. 1996).



**Abb. 23:**

Nitratgehalte des Trinkwassers in den alten Bundesländern (UBA 1994b); viele der Brunnen, die Messwerte über 50 mg/l aufwiesen, mussten geschlossen wer-

Durch die Abnahme der Phosphorfracht verschiebt sich insbesondere das N/P-Verhältnis immer stärker. Dies kann dazu führen, dass Algenpopulationen so schnell wachsen, dass sie den Phosphor vollkommen aufbrauchen. Der Stickstoff bleibt aber in solch großem Überschuss vorhanden, dass selbst gelöste Formen des Stickstoffs, die normalerweise als allererstes von den Algen aufgenommen werden, im Wasser verbleiben. Die gelösten Stickstoffverbindungen wirken auf viele Organismen toxisch (vgl. unten).



**Abb. 24:**

Stickstoffkreislauf (verändert nach dtv-Atlas zur Ökologie 1990)

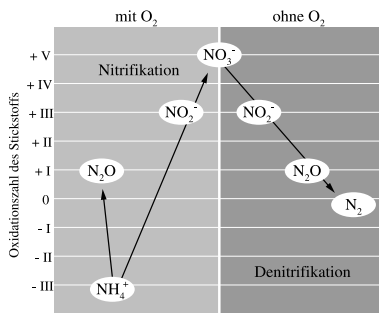


Abb. 25:

Mikrobielle Stickstoffumwandlungen (verändert nach MENGES & SCHULTHESS 1995)

## Kalium

## Endlager Meer

### Stickstoff und seine Verbindungen (vgl. RHEINHEIMER 1988)

Stickstoff liegt im häuslichen Abwasser zum größten Teil als Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) vor, z.B. als Abbauprodukt des Harnstoffs, und zu kleineren Teilen in organischer Form oder als Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) oder Nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>).

Nitrat: Salz der Salpetersäure; Bestandteil stickstoffhaltigen Düngers; wird im Grundwasser und bei der Abwasserreinigung in Nitrit umgewandelt.

Nitrit: Salz der salpetrigen Säure, das als Zwischenprodukt (der Nitrifikation) bei der Abwasserreinigung entsteht. Beim Menschen kann Nitrit den Sauerstoff im Blut blockieren und im Körper zu den krebserregenden Nitrosaminen reagieren.

Die Oxidation von Ammonium bzw. Ammoniak durch Bakterien zum Nitrat über das Nitrit bezeichnet man als **Nitrifikation**. Die Bakterien (Nitrifikanten) vermehren sich relativ langsam und haben für die Nitrifikation einen Sauerstoffbedarf von ca. 4,6 g O<sub>2</sub>/g NH<sub>4</sub>-N („-N“ bedeutet, dass die Gewichte nur auf dem im Ammonium enthaltenen Stickstoff bezogen werden). Die „Reduktion“ (Respiration) des oxidierten Stickstoffs (Nitrat oder Nitrit) zum molekularen Stickstoff (N<sub>2</sub>) durch Bakterien bezeichnet man als **Denitrifikation**. Hierfür werden ca. 2,86 g O<sub>2</sub>/g NO<sub>3</sub>-N gebraucht.

Ein weiterer wichtiger Nährstoff ist das **Kalium** (K). Konventionelle Kläranlagen haben den gravierenden Nachteil, dass sie Kalium kaum im Klärschlamm zurückhalten. Auch Kaliumdünger ist eine begrenzte Ressource, insbesondere in weniger industrialisierten Ländern. Diese besitzen nur wenige Prozent der weltweit vorhandenen fossilen Vorkommen.

Die Wasserwirtschaft ist in weiten Teilen Europas eine **Wirtschaft des Stoffdurchflusses mit partieller Rückhaltung**, beispielsweise im Klärschlamm oder mit unterschiedlicher Aufenthaltsdauer im Grundwasser. Die Nord- und Ostsee, der Atlantik und das Mittelmeer sind dabei für viele Stoffe das Endlager.

### Dunkle Flecken im Wattenmeer

Im Juni 1996 ging es durch die Presse: Quadratkilometer große Flecken des Wattenmeers waren „umgekippt“. Selbst vom Hubschrauber aus war der faulige Geruch des aufsteigenden Schwefelwasserstoffs zu riechen. Ein Zeichen für Sauerstoffmangel des dunklen, schleimigen Wattbodens, der den Wattwürmern, Muscheln und Schnecken ein Leben nun unmöglich macht. Die Algenteppiche, die sich auf überdüngtem Wattboden ausgebreitet haben, werden nicht mehr gefressen, sterben ab und fangen an zu faulen. Der Sauerstoff des Wattbodens ist dabei schnell aufgebraucht und viele Organismen sterben und verwesen. Die seit Jahrzehnten andauernde Düngung des Wattenmeers über Luft und Flüsse ist zwar nicht der einzige Grund - der kalte Winter 95/96 hat gewiss auch dazu beigetragen - aber sicher ein wichtiger. PolitikerInnen wie die niedersächsische Ministerin Frau Griefahn betonen angesichts des Wattsterbens ihre Betroffenheit. Sie verweisen jedoch darauf, dass bereits fast 100 % der Bevölkerung an Kläranlagen angeschlossen seien, dass Bauern, die auf Düngung im Randbereich von Fließgewässern verzichten, bereits Zuschüsse erhielten und dass Schiffe ihr Öl in Niedersachsen kostenlos entsorgen lassen könnten. Alles weitere liege jetzt im Bereich internationalen Handelns (nach Badische Zeitung vom 18.6.96, S.3).

Durch den Bau und Ausbau der Kläranlagen werden die Flüsse sowie das Endlager Meer vor allem von den Nährelementen Phosphor (P) und Stickstoff

(N) entlastet - allerdings zu Lasten der Klärschlammdeponie oder der Luft (Klärschlamm-Verbrennung). Die Verminderung der P- und N-Frachten in den Flüssen geschieht allerdings in ungleichem Maße. Die Folgen sind schon jetzt nicht mehr zu übersehen. Immer häufiger und länger ist das N/P-Verhältnis in der Nordsee größer als 16 (EBERLEIN 1994, GUNKEL 1994). Das führt zu einer Eutrophierung durch Stickstoff und in der Folge zu Änderungen des Algenbestandes. Unter den Algen finden sich verstärkt solche, die Toxine produzieren, die für andere Organismen und auch den Menschen gefährlich werden können (RIEGMAN et al. 1992).

Bis heute wird die Leistung der Abwasserbehandlungsanlagen anhand weniger Parameter bewertet (CSB, BSB, N, P, vgl. Tab. 6, Kap. 2.1). Hinsichtlich dieser Parameter hat sich die Wasserqualität beispielsweise des Rheins gegenüber 1970 enorm verbessert (vgl. IKS 1993, 1994 a,b,d).

Dagegen nimmt die Zahl der „**Mikroverunreinigungen**“ noch zu. Unter Mikroverunreinigungen sind Stoffe zu verstehen, die nicht in der Kläranlage zurückgehalten werden und relativ schwer abbaubar sind. Ihren ökologischen Auswirkungen ist eine angemessene Aufmerksamkeit bisher verwehrt geblieben (vgl. ZULLEI-SEIBERT 1987). Die problematischsten Verbindungen stammen aus dem Straßenverkehr (vgl. KRAUTH & HAUBER 1988), dem Gebrauch von Wasch- und Reinigungsmitteln, der Zellstoffindustrie der Textilveredelung (als Textilabwasser und als Emission beim Waschen der Textilien beim Verbraucher) und aus Klinikabwässern. Entsprechende Untersuchungen werden erst allmählich bzw. durch eine verbesserte Analytik möglich.

Der höhere Anschlussgrad an die Kanalisation, der Ausbau der Kläranlagen, insbesondere die Phosphatelimination durch Fällung, bedeutet aber mehr und zum Teil belasteteren Klärschlamm. Mit der jährlichen **Klärschlammproduktion** in Deutschland könnten 400 Fußballfelder 10 m hoch geflutet werden. Vor wenigen Jahren noch sagten Experten voraus, dass die Mengen an Klärschlamm durch die weitergehenden Reinigungsstufen und den Ausbau in den Neuen Bundesländern zu und die Verbringung in die Landwirtschaft abnehme. Das Gegenteil ist der Fall (Abb. 26). Die Vermeidung und Vorbehandlung des Abwassers bei Gewerbe und Industrie haben zu einer Verringerung der Klärschlammengen geführt. Statt der prognostizierten gesteigerten Klärschlammverbrennung wird derzeit der meiste Klärschlamm in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau untergebracht. Ein großer Teil davon in den Neuen Ländern (LOLL 1998). Sollte sich die Klärschlammentsorgung tatsächlich danach richten, wie sie die TA Siedlungsabfall (TASi seit 1.1.1993 in Kraft) nach einer Übergangszeit von 12 Jahren vorsieht - das heißt, dass der Klärschlamm ab 2005 vor der Ablagerung weitestgehend zu mineralisieren ist - so bliebe nur die Verbrennung oder eine andere thermische Behandlung (nassoxidative Verfahren) des Klärschlammes. Allein aufgrund der weitaus schlechteren Ökobilanz der Klärschlammverbrennung (zwischen 60 und 130 % mehr CO<sub>2</sub>-Emissionen, vgl. PENZBERG 1994; Schadstoffemissionen, vgl. RÖMER 1994) gegenüber der landwirtschaftlichen Verwertung sollte diese Entwicklung vermieden werden, abgesehen von den ungenutzten Nährstoffen, die mit der Verbrennung für die Landwirtschaft verloren gehen (AHRENS & LOHSE 1993).

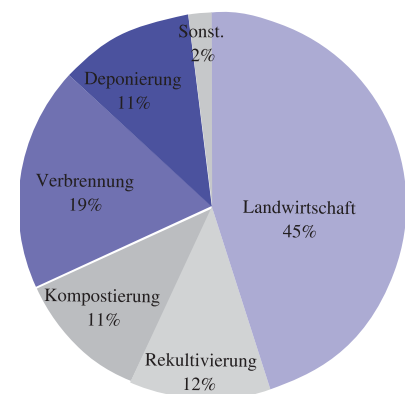
#### Literaturtipps!

LOZAN et al. 1990: Warnsignale aus der Nordsee.- Parey, Ham-

#### Endlager Klärschlamm

**Abb. 26:**

Verwertung der ca. 2,7 Mio. Tonnen Klärschlamm (TS) pro Jahr in Deutschland (LOLL 1998)





### Zu viel Kupfer im Klärschlamm von Gütersloh

Immer häufiger überschreitet Kupfer im Klärschlamm der Stadt Gütersloh die Grenzwerte. Im Trinkwasser liegen die Konzentrationen z.T. weit über den Richtwerten. Die Quelle vermutet man daher in den Rohrleitungen. Kupfer gilt insbesondere für Säuglinge als gesundheitsgefährdend. Für Gütersloh besteht aber vor allem wegen des Klärschlammes akuter Handlungsbedarf, da der Klärschlamm sonst nicht mehr wie bisher landwirtschaftlich verwertet werden kann. Zur Verbesserung der Situation haben die Gemeinderäte in Gütersloh beschlossen den Einbau von Wasserleitungen aus Kunststoff oder Edelstahl zu bezuschussen und so lange wie nötig zur Bindung des Kupfers das Trinkwasser zu

Nach Meinung einiger Abwasserfachleute ist ein großer Teil des derzeit anfallenden Klärschlammes in seiner jetzigen Qualität für eine landwirtschaftliche Nutzung weitgehend unbedenklich verwendbar (z.B. POLETSCHNY 1994). Angesichts der gerademal für sieben Schwermetalle sowie Dioxine und Furane, PCBs und Organohalogene (AOX) existierenden Grenzwerte und der Unkenntnis über Tausende andere organische Schadstoffe im Klärschlamm eine vielleicht sehr optimistische Auffassung. Das Umweltbundesamt (UBA) hat den Klärschlamm inzwischen auch auf Phtalate (DEHP), zinnorganische Verbindungen, Tenside (LAS) und Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Mineralölkohlenwasserstoffe und Chlorparaffine untersucht. Dabei wurde insbesondere geprüft, woher die Stoffe kommen.

### Mehr Schlamm als Hausmüll

Jährlich werden schätzungsweise 50 Millionen Kubikmeter Schlamm und Schlick aus Häfen und Flüssen entfernt. Das ist etwa doppelt soviel wie die Deutschen an Hausmüll produzieren. Bis vor 20 Jahren galt dieser Schlamm bei Landwirten als ausgezeichnete Dünger. Nachdem sich jedoch herumgesprochen hat, wie stark belastet dieser Schlamm mit Schwermetallen und anderen schwer abbaubaren Inhaltsstoffen ist, ist er zu einem der größten Entsorgungsprobleme geworden. Überall da, wo das Wasser nur langsam fließt, z.B. in Häfen oder in durch Stauwehre unterbrochenen Flussabschnitten, sinken die Schwebstoffe zu Boden. An ihnen adsorbiert befindet sich ein großer Teil der Schadstoffe, die durch Kläranlagen, Landwirtschaft, Straßen oder Industrie in die Flüsse gelangen (JANSEN 1988). Das führt dazu, dass sich die Schadstoffe im Schlamm anreichern und dieser in vielen Fällen als „Sondermüll“ betrachtet werden muss. Die Schlämme sind teilweise so stark belastet, dass bei einfacher Deponierung auf dem freien Feld die Schadstoffe durch Auswaschung auch ins Grundwasser gelangen. Daher müssen mittlerweile viele der Schlämme entweder auf teuren abgedichteten Kippen deponiert werden oder aufwendig so verarbeitet werden, dass ein Teil davon zumindest als Baumaterial verwendet werden kann (Spiegel 2 1996, S.44). Jedes Jahr müssen ungefähr 23 Millionen m<sup>3</sup> Schlamm aus dem Rotterdamer Hafen gebaggert werden, um ihn funktionsfähig zu halten. Der größte Teil, ca. 13 Millionen m<sup>3</sup>; aus dem westlichen Hafengebiet wird in die Nordsee verklappt. Die restlichen 10 Millionen m<sup>3</sup> aus dem östlichen Hafengebiet sind so stark mit Schwermetallen und organischen Mikroverunreinigungen belastet, dass sie seit 1987 in einer speziellen Schlammdeponie, dem „Slufter“, gelagert werden müssen. Die Kapazität dieses Slufters beträgt ca. 150 Millionen m<sup>3</sup>, sie wird daher zu Beginn des 21. Jahrhunderts erschöpft sein. Angesichts dieser Aussicht hat die Stadt Rotterdam 1985 begonnen, die Verursacher zu ermitteln, um mit ihnen zu Vereinbarungen über eine weitgehende Reduzierung der Schadstoffemissionen zu kommen. Auch im Hamburger Hafen fallen riesige Schlickmengen an. Diese werden zum Teil mit Eggen künstlich aufgewirbelt, um sie mit der Elbströmung in die Nordsee zu schwemmen. Dieses Vorgehen ist wie die Verklappung eine vergebene Chance der Nutzung einer natürlichen Wasserreinigung. Die Kosten wären aber auf alle Abwassereinleiter umzulegen, die Anteil an der Verwandlung von Sediment in Sondermüll haben. Dieses könnte durch eine prozentuale Abführung der Abwasserabgabe geschehen, die nach AOX- und Schwermetallemissionen berechnet wird.

Eine entsprechende Publikation gibt Auskunft über „Technische, analytische, organisatorische und rechtliche Maßnahmen zur Verminderung der Klärschlammbelastung mit relevanten organischen Schadstoffen“ (UBA-TEXTE Nr. 35/98).

Zur Minimierung der sich anreichernden Schadstoffmengen und des Risikos ihrer noch weitgehend unbekanntem Langzeitwirkungen könnte auch die Trennung von schadstoffreichen (z.B. der Vorklärschlamm = „Primärschlamm“) und schadstoffärmeren Klärschlammfraktionen (Überschussschlamm) erheblich beitragen (SCHÄFER & HOFFMANN 1998a,b). Eine weitgehende Verwendung des Überschussschlammes in der Landwirtschaft könnte den Nährstofffluss spür- und messbar vom Durchfluss zur teilweisen Kreislaufwirtschaft verschieben, ohne den Boden mit allzu vielen Schadstoffen zu belasten.

Eine weitere Chance, Schadstoffe im Klärschlamm zu minimieren liegt in ihrer dezentralen Behandlung. Unter Umständen gewährleisten sie eine Vermeidung bestimmter Stoffe und eine qualifizierte Behandlung eher, und Fehler können frühzeitig bemerkt und behoben werden. Mit der aktuellen Klärschlammverordnung ist nicht einmal mehr für landwirtschaftliche Betriebe selbst ein Anreiz gegeben, ihre eigenen Fäkalschlämme auszubringen. Dabei sind Fäkalschlämme aus landwirtschaftlichen Betrieben allenfalls durch Schwermetalle, aus Hausinstallationen (z.B. Zink und Kupfer) gering belastet (vgl. Kap. 3 und 5). Die derzeit zulässige Verwertung von Klärschlamm aus größeren kommunalen Kläranlagen bis zu 5 Tonnen Trockenmasse/ha in 3 Jahren sollte dagegen in ihrer Langzeitwirkung stärker untersucht werden.

## 2.4. Das ökologische Risiko von Spurenstoffen

Die Zahl der chemischen Stoffe, die man in der Umwelt nachweisen könnte, liegt bei über 200.000. Bis zum Jahr 1979 wurden von der Europäischen Union rund 73.000 „Altstoffe“ (auf dem europäischen Markt vorhandener Chemikalien) registriert. Bis 1993 sind etwa 500 „Neustoffe“ hinzugekommen, die seitdem meldepflichtig sind (gem. §4 Chemikaliengesetz). Nur für einen geringen Teil dieser Stoffe existieren zuverlässige (routinemäßig einsetzbare) Nachweisverfahren. Bei Untersuchungen zur Auswirkung von Abwasser auf die Umwelt werden daher (auch aus Kostengründen) in aller Regel nur sehr wenige Stoffe, und vielfach nur in Summenparametern, erfasst. Über Verbleib und Auswirkung vieler Stoffe in Abwässern von Indirekteinleitern (wie z.B. Textilbetrieben oder Kliniken) und aus der Produktverwendung, ist daher immer noch überraschend wenig bekannt.

Mit der EU-Richtlinie über den freien Zugang zu Umweltinformationen (und dem daraus abgeleiteten Umweltinformationsgesetz) sind Daten zur Umwelt zwar prinzipiell zugänglich; für den Einzelnen ist es jedoch in den allermeisten Fällen unmöglich zu erfahren, mit welchen Stoffen er wie, wo und bei welchem Produkt in Kontakt kommt und wie umweltrelevant bzw. humantoxisch diese Stoffe sind. Neu auf den Markt gebrachte Chemikalien sind aufgrund der EU-Richtlinie 67/548/EWG bzw. des deutschen Chemikaliengesetzes seit über 12 Jahren einem Anmeldeverfahren unterworfen. Der Umgang mit den

### **Normentwurf „Charakterisierung von Schlämmen - Management von Schlamm zur Verwertung oder Beseitigung“ des Europäischen Komitees für Normung (CEN) vom Dez.99 (prEN 13714, „Rosadruck“; A4, 25 S)**

Der Entwurf sieht in der landwirtschaftlichen Verwertung von kommunalen Klärschlämmen die am wenigsten umweltschädliche Verwertungsstrategie - zumindest wenn es sich um schadstoffarme Schlämme handelt. Um die Schadstoffarmut zu gewährleisten, fordert der Normentwurf nicht nur die Verminderung industriell-gewerblicher Schadstoffe, sondern auch die Verminderung der diffusen Schadstofffracht z.B. aus Haushalten. Europäische Normen müssen vollständig und unverändert in nationale Normen übernommen werden. Allerdings ist noch offen, ob die Norm tatsächlich als Norm oder nur als „Technischer Bericht“ herausge-

Umweltinformationsgesetz (UIG): Nach EU-Vorgabe ist das UIG seit 16. 7. 1994 in Kraft. Es hebt den im deutschen Verwaltungsrecht bisher geltenden Grundsatz der beschränkten Aktenöffentlichkeit auf.

sich in Europa auf dem Markt befindlichen Altstoffen wird erst mit der Verordnung 793/93 des „Rates zur Bewertung und Kontrolle der Umweltrisiken chemischer Altstoffe“ für alle EU-Staaten rechtsverbindlich geregelt. Darin ist festgelegt, dass für Altstoffe, von denen mehr als 1000 t/a vermarktet werden, die Hersteller oder Importeure der EU-Kommission alle verfügbaren Informationen liefern müssen. Aus diesen Angaben veröffentlicht die EU-Kommission anschließend Listen mit „prioritären“ Stoffen, zu denen Risikobewertungen durchgeführt werden. Die Risikobewertung erfolgt nach den sogenannten „Technical Guidance Documents“, die für den Umweltbereich vom Umweltbundesamt in Zusammenarbeit mit Experten aus den EU-Ländern im Auftrag der EU-Kommission erarbeitet wurden. Hierbei wird die Konzentration, mit der ein Stoff in der Umwelt vorkommt (Predicted Environmental Concentration, PEC), unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors mit derjenigen verglichen, bei der voraussichtlich noch keine biologischen Wirkungen auf Organismen oder Ökosysteme auftreten (Predicted No-Effect Concentration, PNEC). Es wird hierbei spezifisch nach Wasser, Sediment, Boden und Luft bewertet, d.h. beispielsweise die Konzentration im Kompartiment Wasser mit der Wirkung auf aquatische Organismen verglichen. Ist die ermittelte Umweltkonzentration größer als die PNEC, so sind weitere Informationen und/oder Risikominderungsmaßnahmen erforderlich (AHLERS 1994). Die Stoffe können so nach dem Stand des gerade herrschenden Wissens bewertet werden. Das tatsächliche Risiko wird aber mit einer solchen Bewertung im Einzelfall noch nicht minimiert, da sich unter Umständen erst nach Jahrzehnten herausstellt, welchen Schaden einzelne Stoffe in der Umwelt allein oder in Kombination verursacht haben. Im Folgenden ein Beispiel:

### **Fallbeispiel endokrin wirksame Stoffe (Nonylphenol u.a.)**

Bekannt geworden ist das folgende Beispiel durch die Fernsehsendung „Angriff auf die Manneskraft“ der BBC. Wissenschaftler an der Kopenhagener Universitätsklinik haben über 60 Spermienzählungen bis in die 1930er Jahre ausgewertet und kamen zu dem Ergebnis, dass sich die Zahl der Spermien im Ejakulat im Durchschnitt halbiert hat (CARLSEN et al. 1992, GIWERCMAN et al. 1992). Inzwischen gelten aus Gründen der methodischen Nichtvergleichbarkeit und der überhaupt starken Variation des Spermiengehaltes die Ergebnisse als sehr umstritten. Ein weiterer beunruhigender Hinweis ist jedoch die Häufung an Hodenkrebs in Amerika und Großbritannien, die häufigste Krebsart bei jungen Männern. Auch in Dänemark zählt man heute 300 - 400 % mehr Fälle als vor 50 Jahren. Als Ursache für diese Entwicklung werden weibliche Geschlechtshormone diskutiert. So hemmt Östrogen nachweislich die Vermehrung der „Sertoli-Zellen“, die eine wichtige Funktion bei der Spermienproduktion erfüllen (vgl. WHITE et al. 1994, SOTO 1994, RALOFF 1994). Aus Untersuchungen der großen Seen Nordamerikas ist bekannt, dass Pestizide (SOTO et al. 1994) und eine ganze Reihe weiterer Stoffe hormon- bzw. östrogenähnliche Wirkungen haben (JOBLING & SUMPTER 1993). Eine erste wissenschaftliche Konferenz zu diesem Thema kam zu dem Schluss, dass

gesendet vom Süddeutschen Rundfunk in der Sendung „Abenteuer Wissenschaft“, am 6.3.94 um 21 Uhr, Autorin DEBORAH CADBURY (vgl. auch Spiegel 20/94)

eine Vielzahl von Chemikalien das Hormonsystem der Menschen und Tiere beeinflusst bzw. schädigen kann (COLBORN et al. 1992). Bisher lassen sich die wahren Ursachen nur schwer nachweisen, da die Verbreitung eines Stoffes Jahre zurückliegt und die Konzentrationen im Wasser selbst längst zu gering sind, um einen einfachen Zusammenhang zu beweisen.

In Großbritannien wurde bei der Hälterung von Fischen im Ablauf von Kläranlagen eine Geschlechtsumwandlung männlicher Fische festgestellt. Im Wasser waren eine Vielzahl östrogenartiger Stoffe nachweisbar, jedoch meist in sehr geringer Konzentration. Ein Zufall führte dazu, dass Alkylphenol-Ethoxylate (APnEO), verwendet in Farben, Waschmitteln und Pestiziden, und vor allem deren Abbauprodukt Nonylphenol als mögliche Ursache in Verdacht geraten sind. In Flüssen und Seen Großbritanniens konnten Konzentrationen bis über 50 µg/l des Nonylphenols nachgewiesen werden. Bei dieser Konzentration produzieren die Fischmännchen große Mengen an Vitellogenin, das zur Geschlechtsumwandlung führen kann. Auch in der Schweiz ist der Stoff als problematisch erkannt worden (AHEL et al. 1993), wie die Arbeiten zum Abbau (AHEL 1994c), zur Konzentration im Wasser (AHEL 1994b) und im Klärschlamm (AHEL 1994a) erkennen lassen. Die hohe Toxizität des Nonylphenols für aquatische Organismen ist lange bekannt (JANICKE et al. 1969, STEPHANOU & GIGER 1982, GIGER et al. 1984, 1987, MARCOMINI et al. 1989, TALMAGE 1994). Seit den 80er Jahren ist es in Kläranlagen und Flüssen der Schweiz nachgewiesen. Mittlerweile sind toxische Effekte bei Konzentrationen unter 6 µg/l (NAYLOR et al. 1992) bekannt geworden sowie die Anreicherung bis zum 10 000-fachen in der Süßwasseralge *Cladophora glomerata* (AHEL 1993, 1994d). Die Auswirkungen, die Nonylphenol als östrogenoid wirkender Stoff besitzt, sind bisher kaum abschätzbar:

- die in herkömmlichen Kläranlagen entstehenden Abbauprodukte wie das Nonylphenol sind bei weitem toxischer als der Ausgangsstoff APnEO und reichern sich im Klärschlamm und in aquatischen Organismen an,
- die Toxizität ist zwar schon lange bekannt, die Grenzkonzentrationen, bei denen sich Schädigungen zeigen, werden jedoch immer niedriger bestimmt,
- **die schädigenden, östrogenoiden Wirkungen** der Alkylphenole bzw. die ihrer Abbauprodukte wurden erst Jahrzehnte nach ihrer weltweiten Verbreitung bekannt. Das Ausmaß der Langzeitschäden ist derzeit noch nicht abschätzbar.

Die betroffenen Industrieverbände haben sich daher im Januar 1986 verpflichtet, auf den Einsatz von APnEOs bis spätestens 1992 zu verzichten. Mitte der achtziger Jahre wurden noch ca. 20.000 t in Wasch- und Reinigungsmitteln eingesetzt. Ob die Alkylphenole die einzigen Stoffe sind, denen man aus den geschilderten Gründen Aufmerksamkeit schenken sollte, ist mehr als fraglich (FENT 1995, GIGER 1995).

Das Beispiel sollte zeigen, dass sich die Risikobewertung eines Stoffes zeitlich und qualitativ ändern kann. Keine noch so gute Bewertung gibt Auskunft über das tatsächliche Risiko, sondern nur über den aktuellen Wissensstand (dies gilt auch für Spermienzählungen und daraus abgeleitete Trends). Neben der

#### **Zinnorganische Verbindungen, z.B. Tributylzinn (TBT)**

stehen ebenfalls im schweren Verdacht östrogenoid und krebserregend zu wirken. Zinnorganische Verbindungen werden im Schiffsbau als Schutzanstriche und in der Textilindustrie als Schutz vor Pilzbefall etc. verwendet (z.B. Plusminus-Sendungen vom Januar und Februar 2000).

## Phänomen der Grenzkonzentrationen

Ansammlung von Wissen über die Stoffe sollte eine Risikominimierung daher auch durch die Reduzierung der prinzipiell in die Umwelt gelangenden Mengen vorgenommen werden, vor allem, wenn es sich um Stoffe handelt, die als schwer abbaubar (=persistent) gelten und von denen subletale (d.h. dauerhaft schädigende, jedoch nicht tötende) Wirkungen bekannt sind (BRAUNBECK 1994, vgl. Kap. 2.4.2 und 2.4.3). Eine Zusammenstellung einiger schwer abbaubarer Substanzen (=Xenobiotika) verschiedener Stoffgruppen mit reproduktionsstörender Wirkung auf aquatische Organismen findet sich bei GUNKEL (1994).

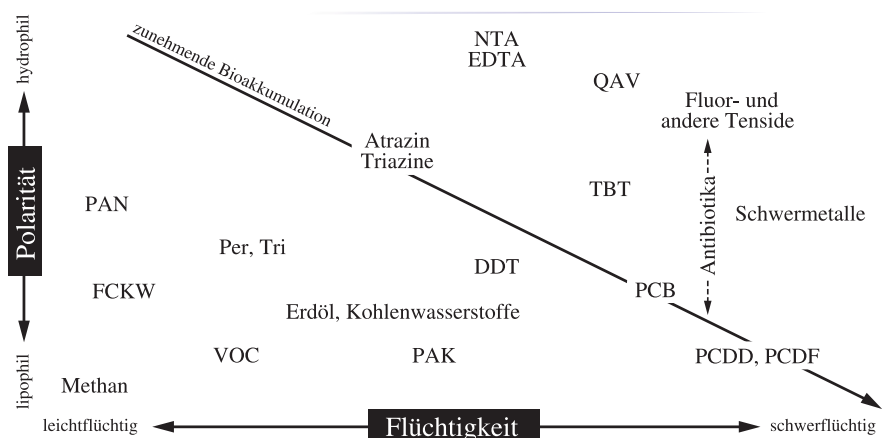
In den letzten Jahren ist bei Untersuchungen zur Abbaubarkeit von Stoffen festgestellt worden, dass bei einigen Substanzen ab einer gewissen unteren „Grenzkonzentration“ kein Abbau mehr stattfindet. (vgl. z.B. RHEINHEIMER et al. 1990, FURTMANN 1993). Dies wird damit erklärt, dass die abbauenden Organismen bei zu niedrigen Schadstoffkonzentrationen die entsprechenden Enzyme, z.B. aus energetischen Gründen, nicht bilden können. Da bei den typischen Abbautests solche Konzentrationen in der Regel nicht unterschritten werden, gelten solche Stoffe, trotz ihrer „schleichenden“ Persistenz bei niedrigen Konzentrationen, als abbaubar.

Neben der Abbaubarkeit stellt auch die Anreicherung der Stoffe in Organismen einwichtiges Bewertungskriterium dar. Das sich daraus ergebende **Gefährdungspotential** lässt sich aus **Polarität** (Wasserlöslichkeit) und der **Flüchtigkeit** eines Stoffes abschätzen (vgl. Abb. 27). Experimentell wird dieses Potential durch den sogenannten Octanol/Wasser Verteilungskoeffizient ermittelt. Dabei wird untersucht, wieviel Anteil eines Stoffes sich in der lipophilen Phase des Octanols und wieviele sich in der wässrigen Phase lösen.

Abb. 27:

Organische Umweltchemikalien (verändert nach GIGER 1995) im Polarität-Flüchtigkeitsdiagramm

- FCKW = Fluorchlorkohlenwasserstoffe
- PAN = Peroxyacetylnitrat (Smog-Substanz)
- VOC = J&J&J&J flüchtige org. Verbind.
- PER = Perchloroethylen
- Tri = Trichloroethylen
- PAK = &J&J&J&J polycycl. aromatische Kohlenwasserstoffe
- PCB = J&J&J&J polychlorierte Biphenyle
- PCDD = polychlorierte Dibenzodioxine
- PCDF = polychlorierte Dibenzofurane
- TBT = Tributylzinn
- NTA = Nitritotriacetat
- EDTA = Ethylendiamintetraacetat
- Tenside = oberflächenaktive, waschaktive Substanzen





### 2.4.1. Vermeidung naturfremder Stoffe - „Sanfte Chemie“

„Sanfte Chemie“ ist ein vor etwa einem Jahrzehnt eingeführter Begriff, welcher der „Harten Chemie“ gegenübergestellt wird. Sie zielt darauf ab, Risiken durch die Vermeidung des Einsatzes von gefährlichen Chemikalien zu vermindern. Eine erste zusammenfassende Darstellung über das Konzept der „Sanften Chemie“ findet sich in dem gleichnamigen Buch von FISCHER (1993), dem die meisten der folgenden Gedanken entnommen sind.

#### **Auszug aus den 9 Thesen zur „Sanften Chemie“ von FISCHER 1993**

*„Sanfte Chemie entsteht ... nicht allein aus einer angestrebten Alternative zu den real existierenden Chemikalien und Produkten mit deren toxikologischen und ökotoxikologischen Zahlenwerten (MAK, ADI, LD50, LC50, WGK etc.), sondern noch mehr aus einer ganzheitlichen Sichtweise der gesamten Biographie, den Prozeßketten und Produktlinien der betreffenden Produkte. Dieser prozessuale Aspekt setzt bei primären Rohstoffen an, betrachtet alle Zwischenschritte der Produktion, das Produkt selbst - und zwar vor, während und nach dem Gebrauch - sowie die Schritte bis zur Entstehung der letzten Zersetzungsprodukte und deren Verbleib in der Umwelt.“ (These 1)*

*„Sanfte Chemie geht von der Überzeugung aus, daß die enorme, noch nicht einmal übersehene Vielfalt der aus Naturprozessen entstandenen Stoffe ... bei intensiver Anwendungsforschung vielleicht nicht alle, aber doch die wesentlichen stofflichen und auch viele energetischen Grundbedürfnisse des menschlichen Lebens ohne einschneidende Einschränkungen an Lebensqualität zu befriedigen vermag.“ (These 3)*

*„Die Überlegungen zu einer Sanften Chemie stützen sich nicht zuletzt auf die schlichte Tatsache, daß in einer endlichen Welt die gängigen Produktionsverfahren ohne wirklichen stofflichen Kreisschluss keine Zukunft haben werden: in bald absehbarer Zeit werden die bislang genutzten fossilen Ressourcen als Quellen aufgezehrt sein, während andererseits auch die zur Verfügung stehenden Deponierungsmöglichkeiten für die unvermeidlichen Abfall- und Reststoffe chemischer Produktion als stoffliche Senken ausgeschöpft sein werden.“ (These 9)*

Danach ist die „Sanfte Chemie“ die Alternative zu der schleichenden Vergiftung unserer Umwelt aufgrund der Folgewirkungen der „Harten Chemie“, die immer mehr Menschen - Allergiker, Neurodermatiker, Asthmatiker etc. - in eine unfreiwillige Askese gegenüber zahlreichen Freuden des Daseins zwingt. *„Die allmähliche Wiedergewinnung einer Umwelt ohne persistente Stoffe ist demgemäß ein ausgesprochen weltliches und lustbetontes Ziel.“*

Das zitierte Buch zeigt auf, wie wichtig, wissenschaftsgeschichtlich gesehen, die grob vereinfachte Sichtweise der Chemie durch Abtrennung sozialer und ökologischer Fragen für ihre Entwicklung war. Die Idee der „sanften Chemie“ ist demgegenüber die Einbeziehung ökologischer und sozialer Fragen in die heutige chemische Massenproduktion.

Wie eine kleine Auswahl der von FISCHER zitierten Thesen (vgl. Kasten) verdeutlichen soll, ist auch die „Sanfte Chemie“ wie eine vorsorgende Wasserwirtschaft orientiert an der Nutzung oder Nachahmung natureigener Vorgänge insbesondere von weitgehend geschlossenen Stoffkreisläufen, d.h. einer ganzheitlichen Sichtweise.

In Bezug auf die Wasserwirtschaft wäre ein konkreter Schritt in diese Richtung die systematische gewässerökologische Beurteilung und Erfassung sämtlicher schwer abbaubarer (=refraktärer) Stoffe und ihre weitgehende Substitution. Dies ist eine notwendige Voraussetzung, um die in privaten Haushalten verwendeten Stoffe im Kreislauf halten zu können.

#### 2.4.2. Harte Chemie Beispiel I: Textilabwässer

Von den Abwässern der etwa 320 Textilveredelungsbetriebe in den alten Bundesländern werden etwa 96 % in die öffentliche Kanalisation eingeleitet. Eine über die Neutralisation hinausgehende innerbetriebliche Behandlung dieser Abwässer ist die Ausnahme (MINKE & ROTT 1994). So ist oft der Gehalt an schwer abbaubaren organischen Chemikalien („refraktärer CSB oder TOC“) in kommunalen Kläranlagen auf Abwässer der Textilveredelungsindustrie zurückzuführen (vgl. Tab. 12, KILLER & SCHÖNBERGER 1993, SCHÖNBERGER 1994).

**Tab. 12:**

Beispiele refraktärer Stoffe, die bei der Veredlung von Textilien ins Abwasser gelangen - gegliedert nach den wichtigsten Veredelungsschritten (aus KILLER & SCHÖNBERGER 1993)

<b>Vorbehandlung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Synthetische Schlichtemittel (Carboxymethylcellulose, Polyvinylalkohole, Polyacrylate, Polyester)</li> <li>• Nebenprodukte in Linearen Alkylbenzol-sulfonatehaltigen Waschmitteln</li> <li>• Polyglykol/propylenglykol in Präparationsmitteln für die Texturierung</li> <li>• Polycarboxylate</li> </ul>
<b>Vorbehandlung und Färberei</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Niedermolekulare Polyacrylate</li> <li>• Phosphonate</li> <li>• Ethylendiamintetraacetat (EDTA)</li> <li>• Diethylenetriaminpentaacetat (DTPA)</li> </ul>
<b>Färberei</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Farbstoffe</li> <li>• Kondensationsprodukte aus <math>\beta</math>-Naphthalin-sulfonsäuren und Formaldehyd sowie Ligninsulfonate als Dispergiermittel vor allem für Küpen- und Dispersionsfarbstoffe</li> <li>• N-Alkylphthalimide, Methylnaphthalinderivate, o-Phenylphenolderivate als Färbebeschleuniger</li> </ul>
<b>Druckerei</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Farbstoffe</li> <li>• m-Nitrobenzolsulfonat und das korrespondierende Amin (vor allem im Druckereiabwasser)</li> <li>• aromatische Amine mit Sulfonsäuregruppen aus der reduktiven Spaltung von Azofarbstoffen beim Ätzdruck</li> </ul>
<b>Ausrüstung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoffe für die Hochveredlung mit N-Hydroxymethyl- oder N-Methoxymethylgruppen, z.B. bis (hydroxymethyl)-dihydroxyethen-harnstoff</li> </ul>

Nach Auskunft des Textilhilfsmittelkataloges existieren etwa 6800 unterschiedliche **Textilhilfsmittel**. Nach Schätzungen der BASF kann man davon ausgehen, dass sich hinter diesen Zahlen tatsächlich etwa 600 Wirkstoffe verbergen. Für



1992 wurde von einer deutschen Produktion von rund 340 000 Tonnen dieser Hilfsmittel ausgegangen, davon schätzungsweise ca. 67 000 Tonnen Farbstoffe. Von diesen werden wiederum etwa 15 000 Tonnen in der Bundesrepublik Deutschland verbraucht. Etwa 4000 verschiedene im Handel befindliche Farbstoffe werden im sogenannten Colour Index aufgelistet. Pro Kilogramm zu veredelnder Textilie wird von einem Wasserverbrauch von ca. 100 Litern ausgegangen. Bei diesem Veredelungsprozeß kommen etwa 300 - 400 Chemikalien zum Einsatz, ca. 20 - 30 % der Stoffmengen davon gelangen ins Rohabwasser. (Datenmaterial aus JÄGER & MEYER 1995: Toxizität und Mutagenität von Abwässern der Textilproduktion; UBA-FB 95-045).

Wieviel der oben genannten Stoffe an den Textilien haften bleibt und später in den privaten Haushalten ausgewaschen wird, ist weitgehend unbekannt. Etwa ebenso groß ist die Unkenntnis bezüglich der Auswirkungen auf den Menschen. Die Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages zum „Schutz des Menschen und der Umwelt“ kommt demzufolge auch zu dem Schluss, dass Abwasserbelastungen durch die Betriebe der Textilveredelung ein wichtiges ökologisches Problem darstellen.

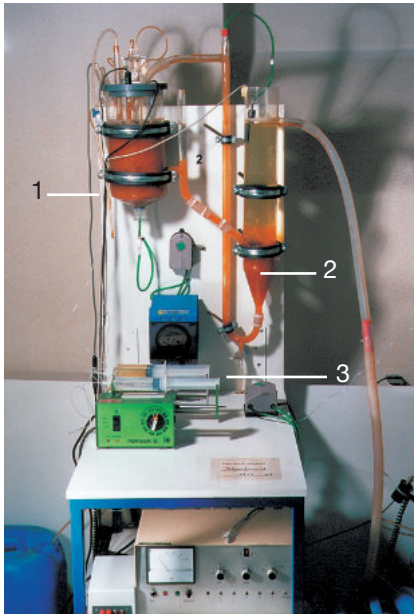
Trotz der geschilderten Problematik werden Abwässer der Textilveredelungsindustrie bisher im Rahmen der routinemäßigen behördlichen Überwachung (Rahmenabwasser-Verwaltungsvorschrift incl. Anhang) neben den chemisch-physikalischen Parametern ökotoxikologisch lediglich auf ihre Fischgiftigkeit hin untersucht. Untersuchungen von Abwässern verschiedener Textilveredler im Auftrag des Umweltbundesamtes ergaben, dass diese Abwässer in ihrer Toxizität für Kleinkrebse (Daphnien) und Fische mit anderen Industrieabwässern vergleichbar sind. In den meisten Proben wurde eine mittlere bis starke Toxizität gefunden (vgl. Tab.13).

Herkunftsbereich	G <sub>F</sub>	G <sub>D</sub>
<b>Getränkeindustrie</b>	4 - 64	32 - 256
<b>Lackindustrie</b>	8	32 - 256
<b>Zuckerherstellung</b>	8 - 128	4 - 32
<b>Papierindustrie</b>	2 - 8	2 - 8
<b>Steinkohleverkokung</b>	64 - >128	32 - 512
<b>Wollkämmereien</b>	8 - 16	8 - 128
<b>Krankenhäuser</b>	4 - 128	2 - 1024
<b>Textilveredelung</b>	2 - 32	1 - >192
<b>zum Vergleich: kommunale Kläranlagen</b>	2 - 4	2 - 4

Anders sieht dies allerdings für die Erbgut verändernde Wirkung (Mutagenität) dieser Abwässer aus. In der erwähnten Auftragsstudie des UBA erwiesen sich 12 von 45 Abwasserproben aus der Textilveredelung als mutagen im bakteriellen Ames-Test. Einige dieser Proben zeigten auch in einem Testsystem, dass das Mutagenitätspotential für höhere Organismen besser repräsentiert als der bakterielle Test, nämlich im sogenannten Hamsterzelltest, eine Mutagenität (JÄGER et al. 1996). Teilweise blieb die ermittelte Mutagenität selbst nach der Abwasserbehandlung erhalten. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit der

**Tab. 13:**

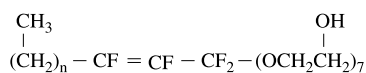
Toxizitätsdaten zu Abwässern aus verschiedenen Industriebereichen auf Kleinkrebse (*Daphnia magna*) und Fische (*Leuciscus idus*). Angegeben wird jeweils die erforderliche Verdünnungsstufe (als ermittelter Bereich) der Abwasserprobe, ab der für den jeweiligen Organismus kein akut toxischer Effekt mehr zu beobachten ist (G<sub>F</sub>: Verdünnungsstufe für Fische; G<sub>D</sub>: Verdünnungsstufe für Daphnien). Mit Ausnahme der Getränkeindustrie handelt es sich um Werte, die jeweils im Zulauf der entsprechenden nachgeschalteten Kläranlage gemessen wurden (JÄGER et al. 1996).



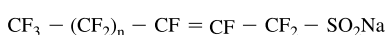
**Abb. 28:**

Modellkläranlage zur Untersuchung der Abbaubarkeit von Abwasser bzw. dessen Inhaltsstoffen. Die Apparatur simuliert die Abbauprozesse im Belebtschlammbecken (1) kommunaler Kläranlagen. Das gereinigte Abwasser gelangt von dort ins Absetzbecken (2). Der abgesetzte Belebtschlamm wird über (3) nach (1) zurückgeführt.

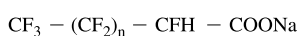
Fluortensid (ungeladen, Ethoxylat-Typ,  $n = 4 - 7$ )



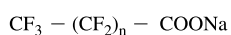
Fluortensid (anionisch, Sulfonat-Typ,  $n = 6 - 7$ )



Fluortensid (anionisch, Carboxylat-Typ,  $n = 4 - 10$ )



oder ( $n = 4 - 10$ )



1992 von einer amerikanischen Forscherin (HOUK 1992) aufgestellten Klassifizierung, wonach die Textilveredelungsindustrie zu den Branchen mit dem größten mutagenen Potential im Abwasser gehört. Mehrere Indizien deuten neben Schwermetallen vor allem auf Farbstoffe als Verursacher der Mutagenität hin. So ist von einigen Farbstoffen, insbesondere aus der Gruppe der Azo-Verbindungen, aus Tierversuchen ein mutagenes Potential bekannt [Literatur siehe JÄGER et al. 1996]. Zudem zeigte sich in der erwähnten UBA-Studie, dass ein Zusammenhang zwischen der festgestellten Toxizität und Mutagenität der Abwasserproben und deren Färbung besteht. Bereits in früheren Studien fand man, dass diese Färbung mit einem erhöhten Rest-CSB (refraktärem CSB) nach der Abwasserbehandlung einherging, was darauf hindeutet, dass diese Substanzen schlecht oder überhaupt nicht abbaubar sind. Sollte sich dieser Verdacht im Zuge weiterer Untersuchungen bestätigen, so bedeutet dies letztlich, dass auch durch den Gebrauch dementsprechend gefärbter Textilien über Waschwässer mutagenes Potential in das Abwasser und die Gewässer eingebracht wird.

Daneben ist natürlich auch der Träger bzw. Anwender dieser Textilien einem gewissen mutagenen Potential ausgesetzt, da die Farbstoffe auch an die Haut abgegeben werden können (JÄGER et al. 1996, WINKELER 1996). Wenn auch bisher kaum Fälle von Haut- oder anderen Reaktionen eindeutig auf an Textilien haftende Stoffe zurückgeführt werden konnten, sollte dem möglichen Zusammenhang zwischen derartigen Erkrankungen und der Belastung mit solchen Problemstoffen größere Aufmerksamkeit geschenkt werden als bisher. Möglicherweise sind diese Substanzen mit verschiedenen allergischen Hauterkrankungen in Verbindung zu bringen, deren Ursache bisher meist nicht bekannt ist. Denkbar ist auch, dass solche allergische Reaktionen erst durch das Zusammenkommen verschiedener Stoffe hervorgerufen werden. Neben der Toxizität spielt die Abbaubarkeit eine entscheidende Rolle in der Beurteilung des Gefährdungspotentials der eingesetzten Substanzen. Die Abbaubarkeit kann in standardisierten Verfahren im Labor untersucht werden. Ein Beispiel für einen derartigen Test zeigt die in Abbildung 28 dargestellte Modellkläranlage.

Eine Reihe von Stoffen, die in der Textilindustrie verwendet werden und die als schwer abbaubar gelten, werden bereits heute teilweise durch leichter abbaubare Stoffe ersetzt. Bei anderen Stoffen wird dagegen mit steigenden Einsatzmengen gerechnet.

Ein Beispiel für schwer abbaubare Stoffe sind die Fluortenside. Sie werden in der Textilveredelung verwendet, um Gewebe schmutz- und wasserabweisend zu machen. Außer in der Textilveredelung finden diese Stoffe auch noch Anwendung in der Galvanik, bei der Film- und Photoherstellung sowie als Feuerlöschmittel (RÖMPP 1989). Das zuletzt genannte Einsatzgebiet deutet schon auf eine geringe chemische Reaktionsbereitschaft hin. In der Tat erweisen sich die Fluortenside als biologisch schlecht bzw. nicht abbaubar, bei gleichzeitig guter Wasserlöslichkeit (PRESCHER et al. 1984, 1985, 1986). Kenntnisse über das Vorkommen und mögliche Auswirkungen dieser Stoffe in der Umwelt sind kaum vorhanden (SCHÖBERL et al. 1988, FRITSCH & HÜTTENHAIN, 1994). Es ist jedoch denkbar, dass diese Tenside Biomembranen von wasserlebenden

Pflanzen und Tieren beeinträchtigen, wie dies für andere Tenside bereits nachgewiesen wurde (STEGGER-HARTMANN et al. 1995).

Ein weiteres Beispiel für schlecht abbaubare Substanzen in Textilabwässern stellen die Reaktivfarbstoffe dar. Sie werden in wachsendem Maße zur Baumwollfärbung eingesetzt, weil sie sich durch hohe Farbtintensität und -echtheit auszeichnen; in der Kläranlage tragen sie häufig zur Ablauffärbung bei (MINKE & ROTT 1994). Die Behandlung in der Kläranlage mit  $H_2O_2$  (Wasserstoffperoxid), durch Zugabe von Pulveraktivkohle oder durch Umkehrosmosefiltration ist zwar möglich, aber auch entsprechend kostspielig. Zudem ist fraglich, inwieweit teure Spezialverfahren zur Reinigung von Problemabwässern kommunalen Klärwerken aufgebürdet werden sollen. Unter anderem aus diesem Grund verfolgt der Anhang 38 zur Rahmen-Abwasser-Verwaltungsvorschrift auch die Absicht der Teilstrombehandlung von ökologisch bedenklichen Abwässern der Textilindustrie.

Neben den Belastungen der Textilindustrie gelangt durch das Waschen von neuen Textilien ein breites Spektrum unterschiedlichster Veredelungs-Chemikalien ins Wasser.

### 2.4.3. Harte Chemie Beispiel II: Arzneimittel und Klinikabwasser

Die ca. 2380 Krankenhäuser in Deutschland gehören ähnlich wie die Textilveredelungsbetriebe nahezu ausschließlich zu den Indirekteinleitern von Abwässern in kommunale Kläranlagen. Im Vergleich zu bekannten problematischen Einleitern, wie z.B. Galvanisierbetrieben oder Gerbereien erfuhren Klinikabwässer bisher eher untergeordnetes Interesse. Dementsprechend existieren für Klinikabwässer, die zusammen mit Forschungs- und Entwicklungslabors, Arztpraxen, Röntgeninstituten, Laboratorien und technischen Prüfständen im Herkunftsbereich 10b ("sonstige Bereiche") der Rahmenabwasserverwaltungsvorschrift aufgeführt sind, derzeit auch keine spezifischen Mindestanforderungen. Grenz- oder Schwellenwerte bestehen lediglich im Rahmen kommunaler Vorgaben (Abwassersatzungen) für bestimmte Summenparameter wie pH, CSB oder AOX. Allerdings hat sich die Abwassertechnische Vereinigung (ATV) in jüngster Zeit dem Thema Klinikabwasser angenommen und dafür eine eigene Arbeitsgruppe eingerichtet, die möglicherweise ein Mindestanforderungsprofil für diesen Herkunftsbereich empfehlen wird.

Frühere Untersuchungen an Klinikabwässern hatten häufig zwei sich gegensätzlich verhaltende Fragestellungen als Ausgangspunkt. Einerseits existierte die Vermutung, dass Klinikabwässer in besonderem Maße mit pathogenen Keimen (Bakterien, Viren) belastet sein könnten und damit eine Gefährdung für das Kläranlagenpersonal, aber auch für Benutzer des Vorfluters darstellen würden. Andererseits vermutete man aufgrund des hohen Gehaltes an Desinfektionsmitteln, die über entsorgte Gebrauchslösungen in das Abwasser gelangen können, einen eher umgekehrten Effekt, nämlich die Beeinträchtigung des mikrobiellen Klärprozesses aufgrund der bakteriziden oder bakteriostatischen Wirkung dieser Mittel. Beide Vermutungen sind mittlerweile im Kern widerlegt. So ergaben bakteriologische Untersuchungen, dass Klinikabwässer - mit der

Ausnahme von speziellen Isolierstationen - seuchenhygienisch keine Sonderstellung einnehmen. Pathogene Keime (Coliforme und Viren) wurden dabei in etwa gleicher Häufigkeit auch in häuslichem Abwasser gefunden (GROSSER, 1990). Die Bestimmung der Konzentration ausgewählter Desinfektionsmittel ergab Werte, die keine mikroziden Effekte auf Abwasserbehandlungsanlagen erwarten lassen (JORDAN, 1987). Im Hinblick auf die bereits erwähnten Summenparameter CSB und BSB nimmt Klinikabwasser eine mit häuslichem Abwasser vergleichbare Position ein (BUTTSTEDT, 1986).

Allerdings blieben die Desinfektionsmittel dennoch im Mittelpunkt weiterer Untersuchungen, da in Klinikabwasserproben häufiger als in häuslichem Abwasser erhöhte AOX-Werte festgestellt wurden, als deren Ursache zunächst chlorhaltige Desinfektionsmittellösungen vermutet wurden. Seit Beginn der 90er Jahre werden diese Desinfektionsmittel daher vermehrt durch Aldehyd oder Quaternäre Ammoniumverbindungen (QAV) enthaltende Desinfektionsmittel ersetzt (SCHRÖDER, 1993). Allerdings wurde das Problem erhöhter AOX-Werte durch diese Maßnahmen nicht gelöst (GARZISER ET AL. 1996) belegen, daß mit diesem Summenparameter auch iodhaltige Kontrastmittel erfaßt werden, die nach Anwendung am Patienten über Körperausscheidungen und das Abwasser gelangen. Das Gefährdungspotential dieser Substanzen wird jedoch als gering gewertet (SCHWEINFURTH & LÄNGE 1996).

**Tab. 14:**

Inhaltsstoffe von Instrumenten- und Flächendesinfektionsmitteln (nach WALTHER-MAURUSCHAT & WALZ, 1992; MÜLLER und GIERSBERG, 1993; KOPPE & STOZEK 1993; RHEINBABEN 1994)

Alkohole:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2-Propanol</li> <li>• 1-Propanol</li> <li>• Ethanol</li> </ul>
Phenole:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kresole</li> <li>• Xylenole</li> <li>• Arylphenole</li> </ul>
Chlor- bzw. halogenhaltige und chlorabspaltende Verbindungen:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• methylierte Chlorphenole</li> <li>• Tetra-,Penta-, Hexachlorphenole</li> <li>• Bromphenole</li> <li>• Natriumhypochlorit</li> </ul>
Aldehyde:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formaldehyd</li> <li>• Glutardialdehyd</li> <li>• Glyoxal</li> </ul>
Iodhaltige Verbindungen Peroxide (sauerstoffabspaltende Verbindungen) Amphotenside quarternäre Ammoniumverbindungen (QAV) Triamine Biguanide zwitterionische Tenside vom Sulfobetain-Typ	
Komplexbildner :	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EDTA</li> <li>• NTA</li> <li>• Polycarboxylate</li> </ul>

Aufgrund der Vielzahl von Stoffen, die in Desinfektionsmittel enthalten sein können (vgl. Tab. 14), kann bezüglich der Abbaubarkeit in Kläranlagen bzw. ihrem Verbleib in der Umwelt kein einheitliches Urteil gefällt werden. Ein Teil der Inhaltsstoffe kann jedoch aufgrund der schlechten Abbaubarkeit als refraktär betrachtet werden (Chlororganika, bestimmte QAVs, Biguanide, EDTA).

Bilanzierung der wichtigsten Inhaltsstoffe von Desinfektionsmitteln auf der Basis von Einkaufszahlen und Wasserverbrauchsmengen ergab für das Universitätsklinikum Freiburg die in Tab. 15 wiedergegebenen theoretischen Abwasserfrachten.

Inhaltsstoff	Fracht [kg/a]
<b>k-Tenside (vor allem QAV)</b>	148
<b>Alkohole</b>	4875
<b>Aldehyde/Aldehydabspalter</b>	1331
<b>Phenole</b>	8
<b>organische Chlorträger</b>	794

Während wenigstens für einige Desinfektionsmittelbestandteile, die auch in Reinigungslösungen angewendet werden aufgrund des Waschmittelgesetzes ökotoxikologische Untersuchungen durchgeführt werden müssen und damit auch Daten zur Abbaubarkeit vorliegen, ist das Bild für Medikamente, die nach der Applikation ausgeschieden werden und in das Abwasser gelangen, noch relativ unklar.

Von den wenigen Medikamenten, die bisher auf ihre biologische Abbaubarkeit untersucht wurden, erwiesen sich mehr als 50 % als nicht biologisch abbaubar (RICHARDSON & BOWRON, 1985). Der Fall der Clofibrinsäure, deren Ethylester als Lipidsenker zur Herzinfarktprophylaxe medikamentös zum Einsatz kommt, alarmierte 1994 das damalige BGA (heute: Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin). Clofibrinsäure wurde zwar schon in den 70er Jahren in amerikanischen Kläranlagenabläufen nachgewiesen (HIGNITE & AZARNOFF, 1977), jedoch zeigten erst neuere Untersuchungen das nahezu ubiquitäre Vorkommen in Grund- und Trinkwässern (STAN et al., 1994) und mittlerweile sogar in der Nordsee (BUSER & MÜLLER 1998). Zwar sind die ökotoxikologischen Konsequenzen dieser Befunde noch nicht bekannt, doch belegt dieses Beispiel, dass auch Medikamente zur Gruppe der Umweltchemikalien gehören können.

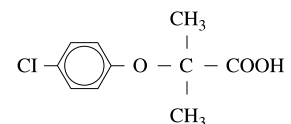
Wirkstoffklasse	Fracht [kg/a]
<b>β-Lactam-Antibiotika</b>	165,585
<b>Tetracycline</b>	0,260
<b>Aminoglykoside</b>	5,004
<b>Chloramphenicol</b>	0,017
<b>Lincomycine, Makrolide</b>	1,096
<b>Polypeptid-Antibiotika</b>	2,219
<b>Chinolone</b>	2,624
<b>andere</b>	3,286
<b>Summe</b>	180,091

Der Fall der Clofibrinsäure hat eine Vielzahl von Untersuchungen zum Vorkommen von Arzneimitteln in der Umwelt ausgelöst. Mittlerweile konnten Medikamente der unterschiedlichsten Indikationsgruppen in diversen Umweltkompartimenten nachgewiesen werden. Schmerzmittel, Antibiotika, β-Blocker, synthetische

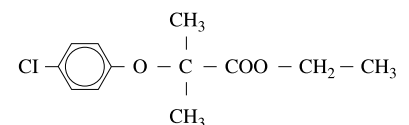
**Tab. 15:**

Jahresabwasserfrachten (1992) ausgewählter *Desinfektionsmittel*-bestandteile für das Universitätsklinikum Freiburg (nach BRINKER 1992)

Clofibrinsäure



Clofibrat



**Tab. 16:**

Nach Wirkstoffklassen geordnete Jahresabwasserfrachten (1992) von *Antibiotika* für das Universitätsklinikum Freiburg (nach BRINKER 1992)



Hormone finden sich in Abwässern, Oberflächengewässern und vereinzelt auch im Trinkwasser (HALLING-SØRENSEN et al. 1998, HIRSCH et al. 1996).

Der Eintrag von Medikamenten in das Abwasser beschränkt sich natürlich nicht auf Krankenhäuser. Tatsächlich wird der Anteil an Humanarzneimitteln, die in Kliniken verabreicht werden, auf lediglich 10% der verordneten Gesamtmenge geschätzt (Jahresbericht des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen, 1997). Bei einzelnen Medikamenten, wie z.B. Schmerzmittel, Lipidsenker und Antibiotika kann sogar davon ausgegangen werden, dass der Haupteintrag über häusliche Abwässer stattfindet. Der Eintrag über die Produktionsstätten von Pharmazeutika wird dagegen generell als gering eingeschätzt (RICHARDSON & BOWRON, 1985). Verbrauchsdaten für verschreibungspflichtige Medikamente, die als Basis für eine grobe Abschätzung des Eintrages in das Abwasser dienen könnten, sind kaum vorhanden. Zwar werden Menge und Anzahl verschreibungspflichtiger Medikamente vom Wissenschaftlichen Institut der AOK, Bonn, bundesweit erfasst, diese Daten sind jedoch nicht öffentlich zugänglich. Arzneimittel der Selbstmedikation könnten nur über die ebenfalls nicht veröffentlichten Produktions- bzw. Verkaufsmengen von Seiten der pharmazeutischen Industrie bilanziert werden. In Krankenhäusern stellt sich hier eine günstigere Situation dar. Eine Abschätzung der Abwasserfracht kann über Einkaufs- bzw. Verbrauchsmengen der Klinikapotheken und dem jeweiligen Wasserverbrauch errechnet werden. Humane Ausscheidungsraten einzelner Medikamente liegen im Allgemeinen aus den klinischen Studien des Zulassungsverfahrens in der pharmakologischen Fachpresse vor. So wurden für das Universitätsklinikum Freiburg die in Tabelle 16 wiedergegebenen Antibiotika-Abwasserfrachten berechnet.

Auch Antibiotika wurden bereits in früheren Studien analytisch in Fließgewässern nachgewiesen (RICHARDSON & BOWRON 1985). In jüngster Zeit mehren sich die Befunde über Antibiotika-Rückstände in deutschen Kläranlagenanläufen, die wahrscheinlich auf die humanmedizinische Anwendung zurückzuführen sind. Allerdings muss hier berücksichtigt werden, dass neben dem Einsatz am Menschen Antibiotika in bedeutenden Mengen auch in der Tierzucht- und Haltung zum Einsatz kommen. Neben der Anwendung als Tierarzneimittel werden einige Antibiotika in der Tiermast auch als sogenannte Leistungsförderer eingesetzt, wobei Wirkungsweise und Effizienz dieser Maßnahme kontrovers diskutiert werden.

Eine mögliche Wirkung dieser Antibiotika-Freisetzung wäre ein Beitrag zur mikrobiellen Resistenzbildung, wie sie bereits für Desinfektionsmittel diskutiert wurde (HINGST et al. 1995) oder zur Verbreitung von Allergien beispielsweise gegen Penicillin (BOWRON & RICHARDSON 1985). Das Robert-Koch-Institut (Bereich Wernigerode) ist mittlerweile anhand eigener Untersuchungen zur Überzeugung gelangt, dass bestimmte Antibiotika aus der Gruppe der Leistungsförderer einen Beitrag zur Resistenzbildung gegenüber dem eingesetzten Antibiotikum sowohl bei den behandelten Tieren selbst als auch beim Personal und dessen Familienangehörigen lieferten (WITTE et al. 1998).

Inzwischen ist bekannt geworden, daß Antibiotika auch zu Resistenzen gegen verwandte Substanzen führen können (Berliner Zeitung, 22. 10.1997) oder die Verbreitung von Allergien beispielsweise gegen Penicillin (BOWRON & RICHARDSON



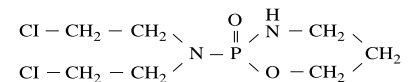
1985). Ob die in den Umweltkompartimenten bisher nachgewiesenen niedrigen Konzentrationen an Antibiotika ausreichen, um Resistenzen zu verursachen, kann bisher nicht beantwortet werden. Generell muss jedoch berücksichtigt werden, dass gerade Tierarzneimittel in hohen Mengen teilweise direkt in aquatische Ökosysteme ausgebracht werden (Fischfarmen) (RALOFF 1998), so dass an solchen Orten ein Selektionsdruck zugunsten resistenter Organismen eintreten kann.

Neben den bisher erwähnten analytischen Nachweisen von Arzneimitteln, wurden an Klinikabwässern auch toxikologische Untersuchungen durchgeführt. Im Rahmen dieser Untersuchungen ergab sich, dass Klinikabwässer vereinzelt ein genotoxisches oder mutagenes Potential aufwiesen (GIULIANI et al. 1995, GARTISER & BRINKER 1995). Inwieweit dieses Potential durch den Klärprozess verlorengeht, konnte bisher nicht geklärt werden, da die vorhandenen Testsysteme zu wenig sensitiv für den Nachweis in den stark durch andere Abwässer verdünnten Proben sind. Die Ursache für die beobachteten Effekte ist ebenfalls noch nicht vollständig aufgeklärt. Der Verdacht richtete sich zunächst auf die in der Krebstherapie eingesetzten sogenannten Zytostatika. Von einigen dieser Medikamente ist bekannt, dass sie selbst mutagen oder kanzerogen wirken. Besonders gut belegt ist das mutagene und kanzerogene Potential für eines der am häufigsten eingesetzten Zytostatika, dem Cyclophosphamid. Von diesem Medikament ist bekannt, dass es nach einer Chemotherapie zur Bildung sogenannter Sekundärtumore kommen kann, die auf die Wirkung des Medikaments zurückzuführen sind, d.h. die Substanz ist ein Kanzerogen. Cyclophosphamid und das strukturverwandte Ifosfamid erwiesen sich als biologisch nicht abbaubar und konnten mittlerweile im Ablauf einer Kläranlage nachgewiesen werden (STEGE-HARTMANN 1996), jedoch konnte in weiteren Untersuchungen ausgeschlossen werden, daß das erbgutverändernde Potential in Klinikabwässern auf diese Substanz zurückzuführen ist (STEGE-HARTMANN et al. 1997). Mittlerweile konnte eine Züricher Arbeitsgruppe (HARTMANN et al. 1998) zeigen, daß das in Klinikabwässern festgestellte erbgutverändernde Potential im wesentlichen auf Antibiotika der Fluorchinolone zurückzuführen ist.

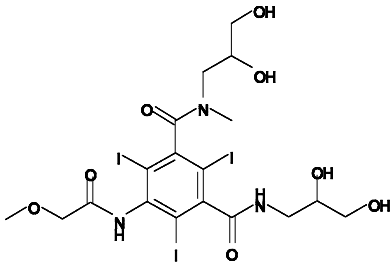
Wirkklasse	Fracht [kg/a]
<b>Alkylantien</b>	1,112
<b>Antimetabolite</b>	2,240
<b>Alkaloide</b>	< 0,001
<b>mit antibiotischer Wirkung</b>	0,040
<b>Platin-Komplexe</b>	0,226
<b>Interferone</b>	0,007
<b>Enzyme</b>	0,013
<b>andere</b>	1,052
<b>Summe</b>	<b>4,691</b>

Das Thema AOX wurde bereits weiter oben angerissen. Erhöhte AOX-Werte im Krankenhausabwasser wurden neben Desinfektionsmitteln auch auf chlorhaltige Arzneimittel oder Lösungsmittel aus dem klinischen Laborbetrieb zurückgeführt. Allerdings belegten Bilanzierungen dieser Substanzen diesen

Cyclophosphamid

**Tab. 17:**

Nach Wirkklassen geordnete Jahresabwasserfrachten (1992) von Zytostatika (Krebstherapie) für das Universitätsklinikum Freiburg (nach BRINKER, 1992)



Strukturformel des iodhaltigen Röntgenkontrastmittels Iopromid. Alle iodhaltigen Röntgenkontrastmittel bestehen in der Grundstruktur aus einem Triiodbenzolring, die Seitenketten sind in den verschiedenen Produkten unterschiedlich

Verdacht nicht (GARTISER 1995, GARTISER et al. 1996). Vielmehr ergaben diese Untersuchungen, dass der AOX in vielen Fällen von iodhaltigen Röntgenkontrastmitteln herrührt. In Kläranlagen werden diese Substanzen kaum eliminiert und tragen daher auch im Ablauf der gereinigten Abwässer zur AOX-Belastung bei (OLEKSY-FRENZEL et al. 1995). Das ökotoxikologische Profil dieser Substanzen wurde mittlerweile eingehend untersucht. Die vorliegenden Daten deuten darauf hin, dass trotz der weitgehenden Persistenz der Substanzen keine erkennbare Gefahr für die Umwelt ausgeht (HUNDESRÜGGE 1998, STEGER-HARTMANN et al. 1998, STEGER-HARTMANN et al. 1999). Demzufolge beschloss auch die Arbeitsgruppe „Krankenhausabwasser“ der ATV auf der Basis des derzeitigen Kenntnisstandes keine Empfehlung für Vermeidungsstrategien des Eintrages iodierter Röntgenkontrastmittel auszusprechen.

Generell kann davon ausgegangen werden, dass die in Oberflächen- oder Trinkwässern gefundenen Arzneimittelkonzentrationen weit unterhalb der therapeutischen Dosis und damit auch unterhalb des humantoxikologisch relevanten Konzentrationsbereiches liegen. Eine Gefährdung des Menschen durch Trinkwasserkonsum oder Baden erscheint damit unwahrscheinlich. Weniger sicher kann jedoch eine Schädigung der Umwelt ausgeschlossen werden. Zum einen existieren deutlich weniger Daten zur Ökotoxikologie der eingetragenen Substanzen, zum anderen sind gerade aquatische Organismen den Substanzen teilweise über einen sehr langen Zeitraum ausgesetzt.

Inwieweit der Eintrag von Arzneimitteln in die Umwelt durch die Behandlung der einleitenden Teilströme verringert werden kann, bleibt eine offene Frage. Die bisher eher aus Gründen der Hygienisierung vorgeschlagenen Behandlungsmethoden, wie z. B. Ultrafiltration von Klinikabwasser ließen hohe Investitions- und Betriebskosten erwarten (DORAU & LOPEZ-PILA 1994). Verschiedene Untersuchungen zum anaeroben Abbau von Xenobiotika wie Chlororganika oder Nitroverbindungen (MÜLLER 1992, HOLLIGER & SCHWARZENBACH 1995) zeigen, dass in dieser Verfahrenstechnik möglicherweise ein Potential zur Behandlung von aerob nicht abbaubaren Substanzen liegt. Produktionsrückstände der Antibiotikaproduktion werden beispielsweise schon seit längerem anaerob behandelt (LIEBMANN 1970). Bei Sanitärkonzepten mit separater Behandlung von Urin und Fäkalien mit anschließender landwirtschaftlicher Verwendung (vgl. Kap. 8) blieben die Medikamentenrückstände zwar konzentrierter, würden damit jedoch den produzierten Düngern belasten. Allerdings ist bei Verfahren wie der Kompostierung oder der Vergärung die Behandlungszeit im Vergleich zur konventionellen Abwasserbehandlung um das 10-1000-fache größer und es werden deutlich höhere Temperaturen erreicht. Dazu kommt eine längere Verweilzeit des ausgebrachten Düngers oder Kompostes im Boden. Für die weiter oben erwähnten Fluorchinolone wird beispielsweise davon ausgegangen, dass eine Ausbringung der Substanzen auf landwirtschaftlich genutzten Boden zu einem Abbau unter Sonnenlichteinwirkung führt (BURHENNE et al. 1997a,b). **Kompostierung von Arzneimittelrückständen** wird aus den genannten Gründen daher als kostengünstige und umweltverträgliche Alternative zur Deponierung vorgeschlagen (HEYWORTH 1996).

## 2.5. Gefährdung des Grundwassers

Eine Datenauswertung der Landesanstalt für Umweltschutz in Karlsruhe stellte langfristig fallende Grundwasserstände fest, obwohl die Niederschlagsmengen im Durchschnitt eher zugenommen haben. Eine von mehreren Ursachen könnte in den tendenziell abnehmenden Winterniederschlägen liegen, die für die Grundwasserneubildung entscheidend sind. Die Bodenversiegelung großer Flächenanteile und die dadurch fehlende Versickerung sowie der immense Grundwasserverbrauch der Städte und Kommunen müssen jedoch ebenso in Betracht gezogen werden.

In den letzten Jahren haben Aktivitäten zum Schutze des Grundwassers nicht zuletzt von juristischer Seite zugenommen. Diese Anstrengungen könnten auch die Diskussion dezentraler Entwässerungsstrategien beeinflussen.

So wird zu Recht auf eine mögliche Gefährdung des Grundwassers durch künstliche Versickerung oder Bodenfilteranlagen hingewiesen, da von Dächern und Wegen ablaufendes Wasser bereits mit Schadstoffen belastet ist. Entsprechend existiert die Forderung, solches Wasser überhaupt nicht zu versickern, sondern es direkt in die Kanalisation zu leiten. Nicht bedacht wird dabei jedoch, wie wichtig dieses Wasser für die Neubildung von Grundwasser ist. Zudem sind die Schadstoffmengen im Vergleich zu anderen Quellen wie der Landwirtschaft und dem Eintrag aus zentralen Klärwerken gering (vgl. Kap. 2.7). Die verbreitete Annahme, dass durch Kanalisation und zentrale Kläranlage Schadstoffeinträge in das Grundwasser weitgehend ausgeschlossen werden, ist falsch. Zum einen tritt eine nicht unerhebliche Gefährdung durch undichte Kanäle auf (GROTEHUSMAN et al. 1993), zum anderen stehen die meisten Fließgewässer mit dem Grundwasserkörper in regem Austausch, so dass Stoffe aus Kläranlagen und aus Misch- oder Regenwasserüberläufen auch auf diesem Weg ins Grundwasser gelangen. Untersuchungen zur Grenzzone zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser - dem „hyporheischen Interstitial“ - belegen einen intensiven Austausch des Wassers in beiden Richtungen, so dass schwer abbaubare Stoffe durchaus in erheblichen Mengen vom Flusswasser ins Grundwasser und umgekehrt gelangen können. Dies geschieht besonders ausgeprägt in Regionen, in denen Tagebaue durch Sümpfung (Abpumpen von Grundwasser) trockengelegt werden. Im Köln-Düsseldorfer Raum versickert der Rhein großflächig in Richtung der Braunkohletagebaue, wobei gutes Grundwasser für Jahrtausende durch belastetes Rheinfltrat ersetzt wird. Uferfiltrat gehört zu den wichtigsten Quellen für die Trinkwasserversorgung, es ist daher nur konsequent, dass sich auch die Trinkwasserversorger verstärkt um die Abwassereinleitungen kümmern (z.B. SONTHEIMER & VÖLKER 1987).

### 2.5.1. Viel hilft viel - Eintrag aus der Landwirtschaft

In einer Untersuchung des Büros für Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages wurde die Bedeutung der Landwirtschaft für den Gewässerschutz, vor allem für das Grundwasser erkannt. Dabei werden zwei Strategien vorgeschlagen (MEYER 1993a).

#### **Grundwasser:**

Versickertes unterirdisches Wasser in einer Tiefe bis zu mehreren hundert Metern, teilweise in mehreren Schichten. Steht oder fließt in Geschwindigkeiten zwischen einigen Zentimetern und zehn Kilometern pro Tag. Starker Austausch mit den Oberflächengewässern. Löst Mineralien aus Boden und Gestein und transportiert Schadstoffe. Braucht zwischen Jahrzehnten und vielen Jahrtausenden zur Regeneration. Hauptquelle für Trinkwasser in Deutschland.

**Tab. 18:**

Stickstoffeintrag ins Grundwasser durch die Landwirtschaft für die alten Bundesländer (aus MEYER 1993a-e): Als Ergebnis der Stickstoffbilanzierung wird diejenige überschüssige Stickstoffmenge ausgewiesen, die in der landwirtschaftlichen Produktion dem Boden zugeführt und nicht mit dem Erntegut wieder entzogen wird. Dabei gingen ein: Mineralische N-Düngung, N-Anfall aus tierischer Produktion, symbiotische N-Fixierung, asymbiotische N-Fixierung, N-Einträge aus der Atmosphäre, Entzug durch Erntegut und Ammoniakverluste bei Lagerung und Ausbringung des organischen Düngers

Herkunft	N [kg/ha]
<b>Zufuhr:</b>	
Mineralischer Dünger	132
Tierische Produktion	109
aus Atmosphäre und Stickstofffixierung	35
Gesamtzufuhr	276
<b>Entzüge:</b>	
Erntegut	127
Ammoniakverluste	33
Summe	160
<b>Stickstoffüberschuß</b>	<b>116</b>

Die erste hält an dem jetzigen Konzept der Wasserschutzgebiete fest, die den Trinkwasserschutz zum Leitziel des Grundwasserschutzes erklärt. Derzeit sind erst etwa 50 % der zu schützenden Gebiete der BRD durch Verordnung festgelegt. Dieser Strategie steht das Konzept des flächendeckenden Grundwasserschutzes (Strategie II) gegenüber, die den Eintrag von Stickstoff und anderen Schadstoffen auf der gesamten Fläche untersucht. Strategie II (in ihr werden 2 Varianten unterschieden) stößt in der EU auf erhebliche rechtliche Schwierigkeiten und ist politisch bisher kaum durchsetzbar (vgl. auch DVWK 1994).

Zum Leitziel des Grundwasserschutzes sollte der geschlossene (Stick)-Stoffkreislauf erhoben werden. Bodenuntersuchungen zum Nährstoffgehalt zur Vermeidung von Überdüngungen, Aufklärung der Bevölkerung, Weiterbildung der Bauern sowie eine durchsichtigere und vernünftige Güllewirtschaft sind Maßnahmen, die aus diesem Leitziel unmittelbar abzuleiten sind (vgl. KLUGE & SCHRAMM 1990). Dies würde Maßnahmen, wie sie im Kap. 8 vorgestellt werden, voraussetzen. Mit gutem Beispiel ging das Wasserversorgungsunternehmen Freiburg i.Br. voran, das den Landwirten Ausgleichszahlungen dafür leistete, wenn sie auf übermäßige Düngung und Pestizideinsatz im Wassereinzugsgebiet verzichteten (BECK 1989). Langfristig führt an einem flächendeckenden Grundwasserschutz kein Weg vorbei.

### 2.5.2. Regen, Staub und Aerosole - Eintrag aus der Luft

Ohne Luftverunreinigungen hätte der Niederschlag einen leicht sauren pH-Wert von 5-5,6. Durch die Säurebildner Schwefeldioxid, Stickoxide und Ammoniak, das als Ammonium (im Regen) oder als Ammoniumsulfat (Staub) ausgetragen wird, liegt der durchschnittliche pH-Wert des Regens heute zwischen 4,2 und 4,7. Der Regen ist also durchschnittlich 10 mal saurer als natürlicherweise. Zum Versauerungspotential tragen heute durch die Reduktion von Schwefeldioxid das in der Landwirtschaft anfallende Ammoniak (zu 45 %) sowie in steigendem Maße die durch den Autoverkehr abgegebenen Stickoxide bei. Je nach Boden kommt es zu unterschiedlich starken Auswirkungen; durch das saure Milieu werden Schwermetalle und andere Stoffe aus den Böden in die Oberflächengewässer oder ins Grundwasser ausgewaschen. Der Vorgang ist auch für die Trinkwasserversorgung von Bedeutung.

Versauerungspotential und Landwirtschaft: Ein Rind entlässt jährlich doppelt so viel Stickstoff ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) in die Luft wie ein PKW ohne Katalysator

Emission von	[1000 t/Jahr]	Hauptverursacher	Anteil [%]
<b>Stickstoffoxide (als NO<sub>2</sub>)</b>	2.700	Autoverkehr	60
<b>Ammoniak (NH<sub>3</sub>)</b>	590	Landwirtschaft	98
<b>Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)</b>	960	Kraftwerke, Industrie	80
<b>Flüchtige organische Verbindungen</b>	2.550	Autoverkehr	ca. 50
<b>Kohlenmonoxid (CO)</b>	8.250	k.A.	k.A.
<b>Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>, nur energiebedingte Emissionen)</b>	688.000	k.A.	k.A.
<b>Staub</b>	460	k.A.	k.A.

Langfristig muss mit einer Belastung des Grundwassers durch die Luft gerechnet werden, vor allem dann, wenn der „Puffer“ Boden bereits gestört ist. Da der Schadstoffeintrag über die Luft flächendeckend stattfindet, ist die Konzeption der Wasserschutzgebiete für die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung auf lange Sicht nur bedingt tauglich.

### Pestizide - „Pflanzenschutzmittel“ aus der Luft

Für die Pestizide dürfte gelten, dass der Einsatz im häuslichen Bereich (Gärten) und damit im häuslichen Abwasser gegenüber den landwirtschaftlichen Einträgen gering ist. Es muss dennoch mit einer Kontamination auch der kommunalen Abwässer gerechnet werden, da mittlerweile bekannt ist, dass Pestizide über enorme Distanzen über die Luft verfrachtet werden. So ergaben Regenwassermessungen eines vom UBA unterstützten Forschungsprogrammes an 2 Messstellen in „Reinluftgebieten“ (Schauinsland im Südschwarzwald und Deuselbach in Rheinland-Pfalz) sowie einer quellennahen Messstation (Meierhof, bei Darmstadt, Hessen) Wirkstoff- bzw. Metabolitgehalte im Regen, die teilweise über dem Grenzwert nach der Trinkwasserverordnung lagen (SCHARF & BÄCHMANN 1993). Die Tab. 20 gibt die in diesem Forschungsprojekt berechneten Depositionsmengen wieder.

Ähnliche Ergebnisse zeigten sich bei Messungen im süddeutschen Raum im Rahmen eines Forschungsprojektes der Biologischen Bundesanstalt (BBA) und dem Industrieverband Agrar (IVA). So werden Pestizide hauptsächlich in ihrer Hauptanwendungszeit nachgewiesen, was für eine rasche und großräumige Verteilung nach der Ausbringung spricht (GATH 1993).

Die Trinkwasserverordnung 1986 hat die Grenzwerte für Pestizid-Wirkstoffe für die einzelne Substanz einschließlich ihrer toxischen Hauptabbauprodukte auf 0,1 µg/l und für die Summe aller Pestizide auf 0,5 µg/l festgelegt. Seitdem stellt das Umweltbundesamt Positiv-Befunde zusammen. Die Bewertung dieser Befunde ist äußerst schwierig. Zum einen wurden bei Überprüfungen der Befunde erhebliche analytische Fehler nachgewiesen (HÄFNER, 1994), zum anderen sind die Erhebungen für eine flächendeckende Bewertung, beispielsweise der Grundwasserbelastung, nicht oder nur bedingt repräsentativ (MEYER 1993a-e).

**Tab. 19:**

Emissionen in der Luft 1989 in den alten Bundesländern (zusammengestellt von MEYER 1993a, Angaben zu Ammoniak nach ASMAN et al. 1988)



**Tab. 20:**

Wirkstoffeintrag aus der Luft durch nasse Deposition, Januar - November 1991

Wirkstoff	Depositionsmenge [g/ha]		
	Deuselbach	Schauinsland	Meierhof
<b>Simazin</b>	0,012	0,004	0,056
<b>Atrazin</b>	0,059	0,024	0,118
<b>Terbutylazin</b>	0,004	0,003	0,044
<b>Diazinon</b>	0	0,003	0,132
<b>Trialat</b>	0	0,182	0
<b>Metribuzin</b>	0	0,009	0,006
<b>Metolachlor</b>	0	0,001	0,026
<b>Fenpropimorph</b>	0,005	0,006	0,150
<b>Pendimethalin</b>	0	0,034	0,131
<b>Metazachlor</b>	0	0,001	0,016
<b>Triadimenol</b>	0	0	0,039
<b>Flusilazol</b>	0	0	0,128
<b>Propiconazol</b>	0	0,191	0,636
<b>Lindan</b>	0,421	0,292	0,309
<b>DDT</b>	0	0,003	0

Die analytischen Probleme werden von den Herstellerfirmen der Pestizide zum Teil dadurch verstärkt, dass nur die weniger geeigneten Nachweisverfahren veröffentlicht werden. Für viele Wirkstoffe und ihre Abbauprodukte (Metabolite) sind keine Analyseverfahren im Grenzwertbereich verfügbar. Die bei Analysen oft verfahrensbedingt mitgemessenen Metabolite werden oft auf Wunsch der Auftraggeber aus den Ergebnisprotokollen gestrichen. Die Einträge sind meist nicht auf punktförmige Belastungen durch Anwendungsfehler der Landwirte, sondern auf eine flächenhafte ordnungsgemäße Ausbringung zurückzuführen (ISOE 1991a, S.6 zit. in MEYER 1993a, BBA). Eine kulturart-spezifische und regional über den Wirkstoffaufwand differenzierte Abschätzung hat eine potentielle Belastung durch Überschreiten der Grenzwerte für Pestizide bei etwa 9 % der Trinkwasserversorgung aus Grund- und Quellwasser ergeben (IWS 1992 zit. in MEYER 1993a, vgl. auch MATHYS 1993, MULL & NORDMEYER 1995). Von den 229 derzeit in Deutschland (Stand 1/94) zugelassenen Pestizidwirkstoffen sind für ca. 150 geeignete (z.B. routinemäßig durchführbare) Nachweisverfahren öffentlich zugänglich (Angaben Biologische Bundesanstalt). Die wirkungsvolle Anwendung eines Pestizids ist unter anderem auch von den sogenannten Formulierungshilfsmitteln abhängig, die die Eigenschaften eines Pestizids so beeinflussen sollen, dass gleichzeitig große Flächen mit möglichst geringen Mengen Wirkstoff bedeckt werden. In einer Auflistung der BBA werden derzeit ca. 860 Formulierungshilfsmittel aufgeführt. Im Rahmen des Zulassungsverfahrens finden in der Regel zu diesen Stoffen keine Untersuchungen statt; ebenso fehlt für sie bislang ein Bewertungsschema. Die Kenntnisse über die Wirkungen von Wirkstoffen, Formulierungshilfsmitteln und deren Metabolite in der Umwelt sind im Sinne einer vorsorgenden Wasserwirtschaft mehr als ungenügend.



## 2.6. Stoffumsätze in privaten Haushalten

Über Menge und Qualität der Stoffe, die aus privaten Haushalten in das kommunale Abwasser gelangen, ist bisher überraschend wenig bekannt. Bei vielen Einzelmessungen der Nährelemente Stickstoff und Phosphor werden ansonsten häufig nur Summenparameter betrachtet. Eine in dieser Art bisher wahrscheinlich einzigartige Untersuchung ist das Projekt „Metapolis“.

Am Beispiel der mittelgroßen Schweizer Stadt St. Gallen wurden mittels der Methode der Stoffflussanalyse - also über Daten der Ver- und Entsorgung im Bezugsjahr 1991- folgende Ergebnisse ermittelt (BACCINI et al. 1993a,b):

- „Die Privathaushalte konsumieren rund 100 Tonnen pro Einwohner und Jahr an Gütern. Davon sind rund 80 % Wasser und nahezu 20 % Luft. Die Verbrauchsgüter (kurzlebige Konsumgüter) und die Energieträger (hauptsächlich Erdölprodukte) liegen bei je 1 %. Die Gebrauchsgüter (langlebige Konsumgüter wie z.B. Automobil, Möbel, Haushaltsgeräte) liegen bei 1 ‰ oder 100 kg/E\*a. [...] Der Gesamtumsatz der Stadt St. Gallen (System Metapolis) beträgt rund 270 t/E\*a. Diese Verdopplung ist zu 95 % bedingt durch die Zufuhr von Regen- und Fremdwasser in das städtische Kanalisationsnetz. Der Rest ist geprägt durch die Luftzufuhr in die Kehrlichtverbrennungsanlage (KVA) und durch die von Aussengemeinden zugeführten Abfälle in die KVA der Stadt. [...] Das Lager der mobilen Güter (exklusive fossile Energieträger) beträgt zur Zeit der Beobachtung (1990) rund 1 Tonne pro Einwohner und das jährliche Wachstum rund 2 %. In diesem Lager ist das Automobil mit rund 50 % Anteil am bedeutendsten.“
- Zum Kohlenstofffluss: Der eingeführte Kohlenstoff (1,1 t/E\*a) liegt zu 80 % in fossilen Energieträgern, zu 20 % in Nahrungsmitteln. Zu 90 % wird er oxidiert und gelangt als Kohlendioxid in die Atmosphäre. 2 % gelangen in die Kanalisation. Der Kohlenstoff in den Nahrungsmitteln gelangt zu 90 % über die Speisen in den menschlichen Körper. Bei der Zubereitung werden also nur 5 % je zur Hälfte als separat gesammelte pflanzliche und tierische Abfälle abgetrennt. Aus dem menschlichen Körper wird der Kohlenstoff anschließend zu mehr als 90 % ausgeatmet, d.h. nur etwa 6 % erscheinen wieder in den festen und flüssigen Ausscheidungen. Diese dominieren den Anteil an Kohlenstoff im häuslichen Abwasser (vgl. Tab. 21). Rund 40 % des der Kläranlage zugeführten Kohlenstoffs wird als CH<sub>4</sub> oder CO<sub>2</sub> in die planetare Grenzschicht (Atmosphäre) abgegeben. 30 % des im häuslichen Abwasser vorhandenen Kohlenstoffs gelangen in die Gewässer.
- Zum Phosphorfluss: Über die Kanalisation laufen den Kläranlagen St. Gallens pro Einwohner und Jahr ca. 930 g Phosphor zu (davon 629 g aus dem häuslichen Abwasser). Etwa 56 % davon (512 g/E\*a) kommen über die Ausscheidungen des Menschen (zu 70 % = 358 g/E\*a über den Urin) aus den Nahrungsmitteln (vor allem Fleisch, Milch und Gemüse). Die Wasch- und Reinigungsmittel liefern nunmehr nur noch (in der Schweiz besteht ein weitgehendes Phosphatverbot in den Waschmitteln) etwa 11 % (75,2 g/E\*a). Die meisten Abwässer St. Gallens werden in Kläranlagen mit Simultanfällung gereinigt, so dass sich etwa 840 g/E\*a im Faulschlamm wiederfinden, 70 g/E\*a gelangen noch in die Gewässer.

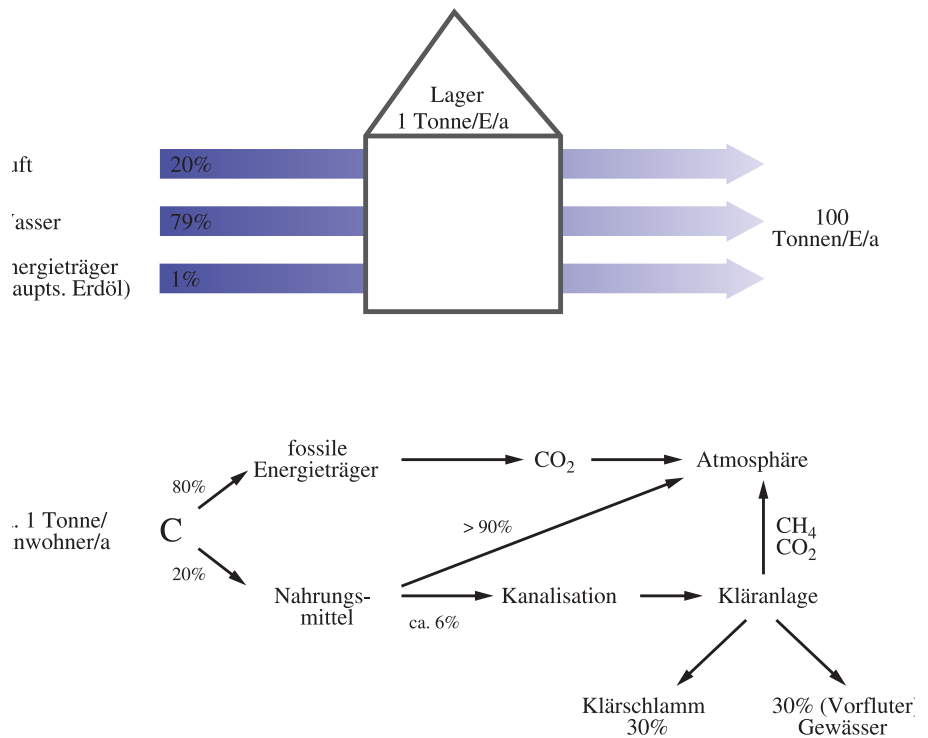
zusammengestellt aus: BACCINI et al. 1993a,b

vgl. Abb. 29

Der Anfall an Fäkalien beträgt ca. 45 kg/Person und Jahr, derjenige an Urin ca. 540 l/E\*a

**Abb.29:**

Fließschema Stoffumsätze in privaten Haushalten

**Tab. 21:**

Vergleich der Kohlenstoffträger im Schmutzwasser (aus: BACCINI et al. 1993a)

Nutzung	Verbrauchsgüter	Leitungswasser	Schmutz (incl. Ausscheidungen)
	g C/Einw. und Jahr	g C/Einw. und Jahr	g C/Einw. und Jahr
Hygiene	2.104	921	1.376
WC	1.590	801	9.168
Wäsche waschen	1.242	240	1.440
Geschirr spülen	718	140	1.365
Putzen	90	75	500
Auto waschen	36	42	250
<b>Gesamtmenge</b>	<b>5.780</b>	<b>2.223</b>	<b>14.099</b>

Zum Verhältnis zwischen Wassermenge, Reinigungsmittel und Schmutzbeseitigung: Für die äußere und innere Reinigung (persönliche Hygiene, WC) des menschlichen Körpers wird die größte Menge (ca. 80 %) an Wasser benötigt. Der menschliche Körper verursacht 97 % des im Haushalt anfallenden Schmutzes. Der menschliche Körper spielt auch bei der eingesetzten Menge an Reinigungsmitteln (sowohl feste als auch flüssige) eine wesentliche Rolle. Ca. 30 % der Reinigungsmittel werden zur Reinigung des Körpers und ungefähr 45 % zur Reinigung der Kleidung verwendet (vgl. Tab. 22).

Nutzung	Leitungswasser kg/Einw. und Jahr	Schmutz kg/Einw. und Jahr	Reinigungsmittel kg/Einw. und Jahr
Hygiene	30.700	13	7
WC	26.700	590	4
Wäsche waschen	8.000	8	14
Geschirr spülen	4.800	11	4
Putzen	2.500	2	2
Auto waschen	1.400	1	1
<b>Gesamtmenge</b>	<b>74.100</b>	<b>621</b>	<b>31</b>

Die Wissenschaftler kamen zu dem Schluss, dass „urbane Siedlungen von der Art der Stadt St. Gallen, wie sie in der ersten Welt zu Tausenden vorkommen, aus stofflicher Sicht keine signifikante Kreislaufwirtschaft zeigen. Es sind praktisch reine **Durchflussreaktoren**“ (BACCINI et al. 1993a,b).

### Gefährdung der Gewässer durch Baustoffe

Baustoffe sind eine Quelle für wassergefährdende Stoffe, über deren Gefährdungspotential am allerwenigsten Kenntnisse vorliegen. Es gibt nicht einmal genaue Angaben über Art und Menge der im Bauwesen gehandhabten Stoffe. Hinzu kommt, dass die verwendeten Bau- und Bauhilfsstoffe einem ständigen Wandel unterworfen sind. Tab. 23 gibt ausgewählte Produktionszahlen für die Jahre 1981 und 1991 chemischer Spezialerzeugnisse, die vorwiegend zur weiteren Be- und Verarbeitung genutzt werden, wieder.

Jahr	Anstrichstoffe u. Verdünnungen insg.	Mineral- farben insge- samt	Bitumen-, Dach- und Dichtungs- materialien	Bauten- schutz- mittel	Holzschutz- mittel (inkl. Feuerschutz- mittel für Baustellen)
	[Tonnen]	[Tonnen]	[1.000 m <sup>2</sup> ]	[Tonnen]	[Tonnen]
<b>1981</b>	1.316.956	1.391.220	218.953	361.251	52.859
<b>1991</b>	1.548.200	1.350.842	218.538	561.127	38.512

Systematische Angaben zu Baustoffen, die in privaten Haushalten verwendet werden, liegen nicht vor. Nach einer Schätzung (UBA 1989) werden ca. 30 % (z.B. 120 000 t im Jahr 1986) der Lösungsmittel im Heimwerkerbereich benutzt. Anwendung und Entsorgung können durch Aufklärung zwar beeinflusst werden, sind aber kaum kontrollierbar. Durch die Verwendung von schwermetall-emittierenden Baustoffen (z.B. Dächer aus Kupfer oder verzinkte Regenrinnen) entstehen z.T. erhebliche Belastungen des (sauren) Regen- und Grundwassers und des häuslichen Abwassers, z.B. durch Kupferleitungen für Trinkwasser (Forschungsvorhaben der DFG am Lehrstuhl für Hydrologie an der Uni Bayreuth). In Holland ist daher die Beschichtung von Dachrinnen aus Kupfer oder Zink mit Folien vorgeschrieben (vgl. Kap.5).

**Tab. 22:**

Vergleich der benötigten Mengen an Leitungswasser und Reinigungsmittel, um den Schmutz (incl. Ausscheidungen) zu entfernen (aus: BACCINI et al. 1993a)

**Tab. 23:**

Produktion ausgewählter chemischer Spezialerzeugnisse, die vorwiegend zur weiteren Be- und Verarbeitung genutzt werden (aus: MEYER 1993b)

#### Literaturtipps!

FÖRSTER, J. (1998): Wasser aus Dachabflüssen: saubere Ressource oder belastetes Abwasser.- in Dezentrale Abwasserbehandlung für ländliche und urbane Gebiete, Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft Technische Universität München, Bd. 138: 173 - 197.

**Literaturtipps!**

Landschaftsverband Rheinland, Rheinisches Museumsamt (1988): Die Große Wäsche (Ausstellungskatalog), Rheinland-Verlag GmbH, Köln: 149 S.

ORLAND, BARBARA (1991): Wäsche waschen. rororo, Reinbek: 328 S.

STACHE & GROSSMANN (1992): Waschmittel, Aufgaben in Hygiene und Umwelt. Springer, Berlin, 139

### 2.6.1. Waschen und Reinigen

Die Leistungsfähigkeit jedes Entwässerungssystems und damit des Gewässer- und Trinkwasserschutzes, sei es konventionell oder alternativ, ist mehr oder weniger abhängig von den Inhaltsstoffen des Abwassers.

Eine große Bedeutung liegt daher in jedem Fall, unabhängig von der Strategie der Entwässerung, im weitgehenden Verzicht auf schwer abbaubare Stoffe (Stichwort „Sanfte Chemie“). Wasch- und Reinigungsmittel spielen dabei in den privaten Haushalten mit die wichtigste Rolle.

Wie aus Tab. 22 hervorgeht, liegt der Verbrauch an Reinigungsmitteln bei etwa 30 kg pro Jahr und Kopf. Rund die Hälfte davon wird zum Wäschewaschen verwendet.

Der Waschmittelmarkt wird in Deutschland derzeit von den „drei Großen“, Henkel, Procter & Gamble und Lever mit einem Marktanteil von zusammen 88 % dominiert. Der Trend geht zu immer kompakteren Waschmitteln, die zu noch mehr Einsparungen bei Verpackung, Transport und Energie führen könnten, wenn die VerbraucherInnen nicht im Durchschnitt 20 % mehr als nötig in die Waschmaschinen schütten würden.

In der Tab. 24 finden sich einige Angaben über Zusammensetzung, Wirkung und Einsparpotentiale der wichtigsten Reinigungsmittel, die in den privaten Haushalten verwendet werden. Die Tab. 25 skizziert anhand wichtiger Neuerungen die Geschichte des Waschens.

Eingesetzte Mengen und Zusammensetzung der Waschmittel haben sich immer wieder innerhalb weniger Jahre stark verändert. Neben den Waschmitteln haben sich aber auch die Textilien stark verändert. Synthefasern gelten zwar als pflegeleicht, an ihnen haftet jedoch, wegen ihrer elektrischen Aufladefähigkeit, der Schmutz leichter. Unangenehmer Geruch ist nicht so leicht durch Auslüften entfernbar. Auch Naturfasern haben diese Eigenschaft, wenn sie mit entsprechenden Appreturstoffen beschichtet sind (vgl. Kap. 3.4.2). Die Folge: höherer Waschmittelverbrauch.

Bei den Waschmitteln kommt die Reinigungswirkung hauptsächlich von den Tensiden. Diese finden sich aber auch in Reinigungs- und Körperpflegemitteln oder als Zusatz in Farben, Klebstoffen, Lötmitteln, Frostschutzmitteln, Korrosionsschutzmitteln und selbst in Arzneimitteln.

Es werden unterschieden

- Anionische Tenside
- Nichtionische Tenside und
- Kationische Tenside und
- Amphotenside

In den letzten 30 Jahren ist der Verbrauch an Tensiden auf das 4-5-fache angestiegen. Dass trotzdem weniger Tenside in die Gewässer gelangen, ist auf den Ausbau der Kläranlagen, aber auch auf die grundsätzlich bessere Abbaubarkeit der Tenside zurückzuführen.

Nach wie vor finden sich, insbesondere unter den nichtionischen Tensiden, einige Stoffe, über die man entweder sehr wenig weiß oder von denen bereits bekannt ist, dass sie selbst oder ihre primären Abbauprodukte schwer abbaubar sind.

Mittel	Zusammensetzung, Wirkung, Wassertersparpotential und Tipps
Sanitärreiniger und Abflussreiniger	Sind stark alkalisch, enthalten Chlor in ungebundener Form und wirken neben ihrer bleichenden Eigenschaft stark desinfizierend. Noch weitaus aggressiver durch ihre hohe Alkalkonzentration sind die Abflussreiniger. Sind in aller Regel unnötig, jede mechanische Reinigung durch Saugbuckel oder Spälspritzung effektiver.
WC-Reiniger	Reagieren durch ihren Säuregehalt und durch Tenside. Achtung: der gemässige Gebrauch von alkalischen Sanitärreinigern mit den säurehaltigen WC-Reinigern kann zur Bildung des hochgiftigen Chlorgases führen. Desinfizierende Reiniger sind besonders gefährlich und unnötig.
WC-Beckensteine	Ein chlorierter Kohlenwasserstoff, der sehr schwer abbaubar ist und die Kläranlagen belastet. Von ihrer Anwendung wird mittlerweile weitgehend abgesehen – ihre Verwendung entspricht einer legalisierten Sondermüllentsorgung in den kommunalen Kläranlagen.
Allzweckreiniger	Die meisten der Allzweckreiniger sind heute frei von chlorierten Kohlenwasserstoffen, die meisten flüssigen Produkte enthalten 5–20% Tenside, 5–15% Phosphate, 0–10% Glykolyther oder Alkohol, 0–5% Alkalien sowie Wasser, Duft- und Farbstoffe. Den sogenannten Grundreiniger wird noch etwas Ammoniak beige mischt.
Handspülmittel	Enthalten 10–40% anionische und/oder nichtionische Tenside (z.B. Alkylbenzolsulfonat), 0–10% Lösungsmittel/Emulgatoren (z.B. Harnstoff, Alkohol, hochpolymere Phosphate). Zusätzlich können sie Stabilisatoren wie z.B. EDTA, Desinfektionsmittel, Hautschutzstoffe, Duftstoffe, Farbstoffe und Enzyme enthalten. Handspülmittel mit gut abbaubaren Tensiden sind in sparsamen Verbrauch für Kläranlagen nicht problematisch.
Geschirrspülmittel für Geschirrspülmaschinen	Reinigung durch Soda oder Natriumborax, daneben Silikate, Phosphate oder Citrate und eine chlorabgebende Substanz (z.B. Natriumdithiocyanat); Klarspüler enthalten organische Säuren. Sie sind sehr viel aggressiver als Handspülmittel.
Desinfektionsmittel (vgl. Tab. 14)	Sehr unterschiedliche Zusammensetzungen aus einem oder mehreren Wirkstoffen (Phenol, Aldehyd, Invertseifen oder Amphotenside). Je nach Konzentration können diese Stoffe zu erheblichen Störungen in Kläranlagen (insbesondere Bodenfilter, Pflanzenbeete) führen. Ihr Gebrauch in Haushalt ist idR. unnötig und gefährdet Kinder.

Tab. 24:

Reinigungsmittel - Zusammensetzung, Wirkung und Einsparpotentiale (verändert nach CALMANO & GRÖNGRÖFT 1990)

Literaturtipps! Öko-Test-Magazin – „Der Öko-Putzschrank (Sonderheft bei Öko-Test-Verlag, Postfach 900766, 60447 Frankfurt)

### Tenside in Waschmitteln (Fallbeispiel LAS - FAS)

Ein Beispiel ist das LAS, ein Alkylbenzolsulfonat, das aus Erdöl hergestellt wird und zumindest unter anaeroben Bedingungen als sehr schwer abbaubar gilt (GILBERT & KLEISER 1988, STEBER et al. 1988, KIMERLE 1989). Wie schnell sich die Zusammensetzung eines Waschmittels ändern kann, zeigt das Beispiel Plantaren. Mit Plantaren, einem aus pflanzlichen Ölen hergestellten nichtionischem Alkylpolyglykosid, verwendete die Firma Henkel als erstes ein relativ gut abbaubares Tensid aus nachwachsenden Rohstoffen. Da Persil-Plantaren aber nicht die gewünschten Verkaufszahlen erbrachte, wurde es wieder durch das billigere LAS im Persil-Megaperl ersetzt. Unter welchen Bedingungen die nachwachsenden Rohstoffe angebaut werden, darüber machen sich jedoch erst einige wenige „alternative“ Waschmittelhersteller Gedanken. Immerhin gibt es bereits Produkte, für die angegeben wird, dass in ihnen nur nachwachsende Rohstoffe aus ökologisch und sozial verträglichem Anbau verwendet werden, wie z.B. Sodasan oder Awal (nach Angaben aus Badische Zeitung v. 19.1.95). Waschmittel, die eine ausreichende Waschleistung aufweisen und zu keiner Gewässerbeeinträchtigung führen, gibt es noch nicht. Um so wichtiger ist neben der Verwendung der umweltverträglicheren Mittel ein sparsamer Umgang.

Weder bei Reinigungs- noch bei Waschmitteln gibt es das umweltfreundliche Patentrezept. In jedem Fall sind die Ansprüche an eine „strahlende Sauberkeit“ zu überdenken, wenn man auf umweltfreundliches Reinigen den notwendigen Wert legt. Mit der an die persönlichen Ansprüche angepassten Kombination aus angemessenem Reinigungsverhalten und Reinigungsmittel lässt sich bereits vieles erreichen.

#### Literaturtip!

zu Wasch- und Putzverhalten:  
UBA (1994): Umweltbewußt leben.- UBA Berlin, 384 S.,  
LANGBEIN et al. (1995): Kursbuch Lebensqualität.- KIEPENHEUER & WITSCH, 800 S.

#### **Tipps: Umweltfreundliches Waschen !**

- bei der Dosierung die Wasserhärte beachten, vor allem bei Waschmittelkonzentrat
- die Beladungskapazität der Waschmaschine dem Waschprogramm entsprechend optimal ausnutzen
- Vollwaschmittel nur für stark verschmutzte Wäsche verwenden, in den übrigen Fällen sind Feinwaschmittel meist vollkommen ausreichend
- das Vorbehandeln von Flecken oder vorheriges Einweichen und das Lüften der Kleider kann ebenfalls Aufwand und Mittel sparen
- eigene Ansprüche an Sauberkeit und Hygiene hinterfragen
- möglichst niedrige Wascht Temperatur wählen, eine maximale Wascht Temperatur von 60°C ist fast immer ausreichend
- Baukastenwaschmittel anderen Waschmitteln vorziehen. Dabei muss neben dem Basiswaschmittel erst ab dem Härtebereich 2 ein separater Enthärter (oder ggf. Magnet, s.u.) dazugegeben werden
- nach Möglichkeit sollte bei einem Waschmittel auf folgende Stoffe verzichtet werden: Phosphate, NTA, EDTA, Phosphonate, nichtionische Tenside (ausgenommen z.B. das leicht abbaubare Alkylpolyglykosid „Plantaren“), optische Aufheller, Enzyme, Borverbindungen (Perborat), unnötige Füllstoffe
- Notwendigkeit des Weichspülens überdenken (sehr schädlich !)
- Bleichmittel (Fleckensalz) nur im Falle stark verfleckter weißer Wäsche verwenden
- Verwendung von Dosierkugeln od. Säckchen
- Beim Kauf einer Waschmaschine auf Strom- und Wasserverbrauch (Maschine mit Umflut- oder Abflussabdecksystem) achten, eventuell können auch nachträgliche Verbesserungen sinnvoll sein, wie z.B. der Warmwasseranschluss (vgl. Kap. 4.2.).

#### Literaturtip!

Müller, R. (1998): Einfluss elektromagnetischer Felder auf Kristallisationsvorgänge: Praktische Anwendungen in der Schlammbehandlung von Kläranlagen und in Trinkwassersystemen Diss ETHZ Nr. 12 644, Zürich

Es gibt erste empirische Untersuchungen, dass durch den Einsatz von Magneten um die Wasserleitung oder in der Waschmaschine auf Enthärter ganz verzichtet werden kann. Eigene qualitative Versuche der Autoren haben dieses bestätigt. Kalk kristallisiert nach einer Magnetbehandlung anders - bei der Waschmaschine wird er beim ersten Spülgang in Plättchenform ausgeworfen (Bezug z.B. Reformhäuser). Eingehendere Untersuchungen stehen noch aus - sollte sich ihre Funktionstüchtigkeit erweisen, könnte das Abwasser deutlich entlastet werden. Auch Reinigungsmittel könnten auf diese Weise eingespart werden.



Tab. 25: Entwicklung von Waschmitteln, Waschmethoden und Textilien  
(verändert nach HARDER 1981 zit. in STACHE & GROSSMANN 1992)

Jahr	Waschmitteltyp / Roh- / Wirkstoffe	Waschtechnik	Textilfasern	Regelungen/ Bemerkungen
1876	Universalwaschmittel/ Natriumsilicat, Seife, Stärke	Kesselwäsche	Baumwolle, Leinen, Wolle	
1878	Einweich-/enthärtungsmittel / Natriumcarbonat, Natriumsilicat			
1890			Cupro	
1907	schäumende Vollwaschmittel / Natriumperborat	Holzbottich- waschmaschine	Reyon, Acetatseide	
1920			Zellwolle	
1933	Neutral reagierendes Feinwaschmittel / erste Tenside, Carboxylmethylcellulose, Natriumdiphosphat, Magnesiumsilicat			
1950	optische Aufheller	Wellenrad- u. Waschflügelmasch.	Polyamide	
1954	Parfümöle	teilautom. Trommel- waschmaschine	Polyacrylnitril	
1957	schwach schäumende Vollwaschmittel, Schaumregulatoren	autom. Trommel- waschmaschine	Polyester, hochveredelte Baumwolle	
1960	Natriumtriphosphat		Polyester, Baumwolle	
1961	biologisch abbaubare Tenside			Detergentiengesetz Pflegekennzeichnung für Textilien
1963	Avivagemittel, Antistatica, kationische Tenside			
1965		Waschtrockenautomat, Weichspülerdosiereinr.	Polyurethane	
1966	Spezialaufheller, Enzyme			
1970	60° Waschmittel / Bleichaktivatoren	Wollwaschprogramme	hochveredeltes Leinen , filzarme Wolle	
1972				Textilkennzeichnungs- gesetz (sieht bisher eine Kennzeichnung der Ausrüstung (Textilbehandlungs- stoffe) nicht vor
1973	Vollwaschmittel m. härteabh. Dosierung, spezielle nichtionische Tenside		Vliesstoffe	
1975		Energie-, Wasserspar- programme		Waschmittelgesetz
1976	Natrium-aluminium-silikat (SASIL)		wildlederähnl. Vliesstoffe	
1977	Spezialwaschmittel m. Waschbadavivage, Formspüler	Einspülsystem für flüssige Waschmittel		
1978			modifizierte Polyacrylnitrilfasern	Computersteuerung, Sensorelektronik
1980		Kurzprogramme		Phosphathöchst- mengenverordnung
1985		automatische Waschm.dosierung Ökoschleuse, Kugelverschluß		
1987			modifizierte Synthesefasern	
1989	Baukastensysteme, Konzentrate			

Tab. 26: Jährliche Verbrauchsmengen einzelner Waschmittelinhaltsstoffe und deren Abbau- bzw. Eliminationsverhalten (Größenordnung) in kommunalen Kläranlagen (zusammengestellt nach Industrieverband Körperpflege und Waschmittel e.V., LANG 1991)

Wirkstoff(gruppe)	biol. Abbau [%]	Elimination [%]	Verbrauch 1991 [t]	Verbrauch 1993 [t]
Anionische Tenside	95 - 99		131 000	133 000
Linear Alkylbenzolsulfonate (LAS)	nur unter aeroben Bed. gut abbaubar (McAvoy et al. 1993)		47 000	
Fettalkoholsulfate (FAS)			14 000	
Alkansulfonate			22 000	
Fettalkoholethersulfate			33 000	
Nichtionische Tenside	73 - 99		61 000	62 000
Alkoholethoxylate			42 000	
Alkanolamide			4 000	
auf Kohlehydratbasis			1 000	
Amphotere Tenside			4 000	5 000
Kationische Tenside		100	10 000	10 000
Phosphate	-	20-40 (90*)	14 000	4 000
Natriumperborat	-	-	116 000	98 000
Natriumpercarbonat	-	-	—	5 000
(Natrium)Citrat	> 90	-	—	15 000
Silicate	-	-	41 000	25 000
NTA (Nitrilotriessigsäure)	60-75 bei hohen Konzentrationen		26	450
EDTA (Ethylendiamintetra-essigsäure)	< 10		400	
Polyvinylpyrolidon			63	850
Enzyme	50 - 90	-	4 000	3 000
Optische Aufheller	> 10	< 90	900	650
Na-Al-Silikate	-	96	—	
Polycarbonsäuren	-	> 90	20 000	
Phosphonate	-	50	—	
TAED (Tetraacetyldiamin)	-	> 90	12 000	
CMC (Carboxymethylcellulose)	-	> 90	—	
Natriumsulfat	-	-	100 000	
Seife	-	85 - 100	100 000	

— = keine Angabe

## 2.7. Einfluss der privaten Haushalte auf die Stoffeinträge in Boden und Grundwasser im Vergleich zum Eintrag durch die Luft und die Landwirtschaft

In den alten Bundesländern wird die Belastung des Bodens mit halogenierten Kohlenwasserstoffen aus den heute bestehenden Kleinkläranlagen auf 5 - 40 kg pro Tag geschätzt (GLÜCKLICH & KÖHN 1992). Da nur ca. 10 % der privaten Haushalte an Kleinkläranlagen angeschlossen sind, ergibt sich als fiktiver Wert für die Emissionen aus allen privaten Haushalten eine Bodenbelastung von 500 - 4.000 kg halogenierter Kohlenwasserstoffe pro Tag.

Die Menge dieser Stoffgruppe, die täglich mit Pestiziden in der Landwirtschaft ausgebracht wird, ist erheblich höher. Berechnet nach Angaben der Biologischen Bundesanstalt in Braunschweig liegt sie bei täglich etwa 80.000 kg / Tag (Angaben BBA 1992 a,b).

Würden wir in Deutschland den gesamten Klärschlamm in der Landwirtschaft ausbringen - das wären 3 Mio. Tonnen Trockensubstanz, zusammengesetzt aus Stoffen der privaten Haushalte und anderen Einleitern (z.B. Industriebetrieben) - so läge die tägliche Belastung des Bodens mit halogenierten Kohlenwasserstoffen bei ca. 1.600 kg/Tag. Auch dieser Wert liegt weit unter den Mengen, die täglich von den Landwirten ausgebracht werden (berechnet nach mittleren AOX-Messungen aus POLETSCHNY 1994).

Derselbe Vergleich lässt sich für den Stickstoff (N) durchführen. CALMANO & Gröngröft (1990) haben unter der möglichst ungünstigen Annahme, dass alle in den alten Bundesländern vorhandenen Kleinkläranlagen ihre Stickstofffracht vollständig an das Grundwasser abführen würden, eine Emission von ca. 10.000 t N/Jahr berechnet (Angaben bezogen auf die Abwässer von ca. 10 % der privaten Haushalte). Dem gegenüber steht ein Stickstoffüberschuss (Bezugsjahr 1987) in der Landwirtschaft von mehr als 1.000.000 t N /Jahr (nach Meyer et al. 1993, vgl. Tab. 18). Sämtliche privaten Haushalte produzieren mit einer Emission von 100.000 t N/Jahr also ein Zehntel der in der Landwirtschaft heute üblicherweise ausgebrachten Stoffmenge.

Dabei darf nicht die kleine Belastung mit Hinweis auf die großen Wasservergifter gerechtfertigt werden. Es soll lediglich aufgezeigt werden, dass der Anschluss abgelegener Häuser an eine zentrale Kläranlage nicht die vordringlichste Maßnahme ist und kaum etwas mit Gewässerschutz zu tun hat.

Die Stickstoffbelastung des Grundwassers kann nach den hier gemachten Schätzungen auch im ungünstigsten Fall (bei Anschluss aller Bundesbürger an eine Kleinkläranlage und anschließender Versickerung) nur zum kleineren Teil den Frachten aus den „privaten Haushalten“ zugeschrieben werden. Bei ökologischen Sanitärkonzepten mit getrennter Düngemittelherstellung aus Urin und Fäkalien gäbe es bei angepasster Verwendung ohnehin keine Emissionen (vgl. Kap. 8).

Eine Umstellung auf eine ökologische Landwirtschaft ist hierfür eine Voraussetzung. Ökologische Sanitärkonzepte in Verbindung mit einer ökologischen Landwirtschaft würde beide Belastungspfade beenden. Küchenabfälle, Urin und Fäkalien aus den Haushalten würden nicht mehr die Gewässer gefährden, sondern wieder als wertvoller Dünger in der Landwirtschaft verwendet.

## 2.8. Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Die traditionelle Abwassertechnik hat sich vor allem mit Planung und Entwurf einzelner technischer Anlagen befasst, z.B. mit der Dimensionierung und Konstruktion von Kanalisationsnetzen, Mischwasserbecken, Kläranlagen, usw.

In der Regel werden diese technischen Einrichtungen isoliert von ihrer Wirkung im urbanen Wasser- und Stofftransportsystem betrachtet und noch weniger in ihren Auswirkungen auf den Naturhaushalt oder die Wahrnehmung der Menschen. Die bisherige Konzeption der Siedlungsentwässerung sah zusammengefasst folgende Ziele in der zeitlichen Reihenfolge ihrer Umsetzung vor:

- Gesundheitsvorsorge
- Entwässerung, Hochwasserschutz
- Gewässerschutz

Die Generallösung sah man in der Schwemmkanalisation und dem Bau von Kläranlagen. Die Bedeutung innerstädtischer Gewässer für die Naherholung, das Stadtklima oder Biotopverbundkonzepte wurden ebenso übersehen wie z.B. die Folgen der Flächenversiegelung für den Grundwasserhaushalt. Es gilt, eine Vielzahl wichtiger Interessen zu koordinieren. Dazu bedarf es sowohl des Wissens einzelner Spezialisten als auch der multidisziplinären Absprache, um ökologisch wie sozial verträglichere Lösungen umzusetzen.

Die Grundaussagen des Kapitels sind zusammengefasst:

- 1) Der verschwenderische Umgang mit (Ab)Wasser und seinen Inhaltsstoffen durch Spültoilette und Schwemmkanal bringt eine Reihe bisher nicht gelöster Probleme mit sich. Der Gewässerschutz basiert noch immer auf der „end-of-pipe“-Philosophie, der Zentralkläranlage. Sie kann die Vielfalt der Stoffe nicht bewältigen und trotz guter Reinigungsleistung gehen aus Sicht zukünftiger Generationen noch immer wertvolle Düngestoffe (z.B. Kalium, Phosphor) durch Verdünnung verloren. Die begrenzten abbauwürdigen Vorkommen von anorganischem Phosphor- und Kalidünger erfordern in Zukunft die Nutzung dieser Nährstoffe im Kreislauf unter Anwendung ökologischer Landbaumethoden.
- 2) Die gemeinsame Behandlung von Haushaltsabwasser mit gewerblichem und industriellem Abwasser (Indirekteinleiter) führt zu einem Stoffgemisch in Kanal, Kläranlage und Gewässern mit auf Dauer unüberschaubaren Risiken. Die Teilstrombehandlung und Kreislaufführung von Betriebswasser sowie der Ersatz persistenter Stoffe muss deutlich verbessert und ausgebaut werden.

- 3) Trotz der guten Reinigungsleistung kommunaler Kläranlagen kommt es zur allmählichen Anreicherung von Nähr- und Schadstoffen in den Gewässern. Unvorhergesehene Folgen wie das Auftreten toxischer Algen und das Wattsterben durch hohe Nährstoffgehalte und ein verändertes N/P-Verhältnis mit dem Wachstum toxischer Algen sind die Folge.
- 4) Die Abwasserbehandlung in kommunalen Kläranlagen benötigt in der Bilanz nicht unerhebliche Mengen an Energie zur Veratmung organischer Stoffe zu atmosphärischem CO<sub>2</sub>, statt durch Vergärung in der Bilanz Energie (CH<sub>4</sub>) bereitzustellen.
- 5) Die Menge an Klärschlamm wächst u.a. durch verbesserte Reinigungsstufen stetig. Die Verwertung durch die Landwirtschaft stößt auf erhebliche Akzeptanzprobleme. Klärschlamm ist somit zu einem bedeutenden ökologischen wie ökonomischen Problem geworden.
- 6) Die organischen Stoffe des Abfalls und des Abwassers sollten bei zunehmender Vermeidung bedenklicher Stoffe auf den landwirtschaftlichen Flächen zur Verbesserung der Humusschicht zugeführt werden, statt sie im deponierten oder verbrannten Klärschlamm in der Atmosphäre oder in Gewässern zu verschwenden.
- 7) Die Wasserwirtschaft darf nicht losgelöst von Industrie, Landwirtschaft, Klima und den Gewässern bis hin zum Meer betrachtet werden.





### 3. Recht und Gesetz

**Wasserrecht ist in Deutschland Ländersache!** Der Bund hat für die Wassergesetzgebung nur eine Rahmenkompetenz. Diese Rahmenkompetenz wurde durch das **Wasserhaushaltsgesetz** (WHG) vom Bund ausgefüllt. Nach dem WHG ist Abwasser so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Dem Wohl der Allgemeinheit kann nach § 18 a Absatz 1 der 6. Novelle zum WHG vom 18.11.1996 auch die Behandlung von häuslichem Abwasser durch dezentrale Anlagen entsprechen.

Die Landeswassergesetze der 16 Bundesländer enthalten präzisierende Bestimmungen, die sehr länderspezifisch ausfallen können. Bei konkreten Wasserrechtsproblemen hilft also die alleinige Lektüre des Wasserhaushaltsgesetzes nicht weiter. Parallel dazu müssen auch immer die entsprechenden Paragraphen des jeweiligen Landeswassergesetzes zu Rate gezogen werden.

Nach einer Information des Bundesumweltministeriums (Sonderteil: Bericht über den Stand des Gewässerschutzes in der Bundesrepublik in Umwelt 12/94) sind die wasserrechtlichen Bestimmungen in Deutschland im Wesentlichen von folgenden Grundsätzen (Gewässerschutzstrategien) geprägt (vgl. auch Art. 2 des ECE Übereinkommens zum Schutz und zur Nutzung grenzüberschreitender Wasserläufe und internationaler Seen):

- dem **Vorsorgeprinzip**, nach dem eine potentiell umweltbelastende Verhaltensweise schon dann unterbunden werden soll, wenn ihre Umweltschädlichkeit nicht erwiesen, sondern nur „nicht unwahrscheinlich“ oder bloß „denkbar“ ist. Unter anderem soll das Minimierungsgebot des § 7 a WHG diese Strategie zum Ausdruck bringen.
- dem **Verursacherprinzip**, das fordert, dass die Kosten für die Vermeidung, Verringerung und Kontrolle der Gewässerverschmutzung vom Verursacher zu tragen sind (vgl. AbwAG und Gefährdungshaftung nach § 22 WHG).
- sowie dem Prinzip **„Nachhaltigkeit“** („sustainability“), das zu einer Gewässerbewirtschaftung verpflichtet soll, die auch zukünftigen Generationen die Deckung ihres Wasserbedarfs garantiert.

Der wasserrechtliche Vollzug in Deutschland beruht weitgehend auf dem Emissionskonzept, d. h., das Einleiten von Abwasser wird bestimmten Einleitungsbedingungen unterworfen. Von der strikten Anwendung dieses Emissionskonzeptes wird erwartet, dass es den Gewässern eine zumutbare Abwasserbelastung zuführt.

Das Emissionskonzept seinerseits beruht auf der sog. „end-of-pipe“-Philosophie. Betrachtet und gegebenenfalls begrenzt oder mit Abgaben versehen wird das, was aus dem „Abwasserrohr“ herauskommt. Die Quelle, die Entstehungsursache des Abwassers, verschwindet damit aus dem Blickfeld. Kritiker sehen in diesem Grundsatz einen Widerspruch zum Vorsorgeprinzip. Es achtet lediglich darauf, dass Mindestanforderungen bei der Einleitung eingehalten werden. Es hält jedoch nicht dazu an, auch „zulässige“ Einleitungen weitmöglichst zu minimieren.

Literaturtipp!

BECKER, JOACHIM (1998): Die Zulässigkeit dezentraler Abwasserbehandlung.- Erich Schmidt-Verlag: 196 S.

PERNTHALER, PETER (1998): Das Recht des Wassers in nationaler und internationaler Perspektive (Schriftenreihe des Instituts für Föderalismusforschung 00074).- Braumüller: 112 S.

**Wasserrecht im Internet!**

<http://www.umwelt-online.de> (Gesetze)

<http://www.jura.uni-osnabrueck.de/ak-inet/Umweltz3.htm> (Übersicht)

**Gewässerschutzgrundsätze in Deutschland**

**Wasserhaushaltsgesetz**

**(WHG):** 1957 verabschiedet, sechsmal novelliert. Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts, Rahmengesetz für die Landeswassergesetze der Bundesländer.

**Tatbestände der Gewässerbenutzung**

Die Definition von Nachhaltigkeit, wie sie oben gegeben wurde, zielt ebenfalls nur darauf ab, eine Nutzung auch für nachfolgende Generationen zu ermöglichen, nicht aber die Erhaltung der Ressource in einer möglichst „natürlichen Form“. Sowohl diese unzureichende Definition von Nachhaltigkeit, als auch die am Emissionskonzept orientierte Praxis in der Wasserwirtschaft widersprechen dem Minimierungsgebot des § 7 (WHG).

Der Grundsatzparagraph 1a der 6. Novelle des Wasserhaushaltsgesetzes hat folgenden Wortlaut:

**§ 1a Grundsatz**

(1) *Die Gewässer sind als Bestandteil des Naturhaushaltes und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu sichern. Sie sind so zu bewirtschaften, dass sie dem Wohl der Allgemeinheit und im Einklang mit ihm auch dem Nutzen einzelner dienen und vermeidbare Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktionen unterbleiben.*

(2) *Jedermann ist verpflichtet, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten, um eine mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt gebotene sparsame Verwendung des Wassers zu erzielen, um die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushaltes zu erhalten und um eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden.*

Die meisten der weiteren Paragraphen dienen der Präzisierung dieses Grundsatzparagraphen. Einer der wichtigsten Begriffe des Wasserrechts ist der der **Gewässerbenutzung** (SEILER 1976). Was unter Benutzungen der Gewässer zu verstehen ist, wurde in § 3 festgeschrieben:

**§ 3 Benutzungen**

(1) *Benutzungen im Sinne dieses Gesetzes sind*

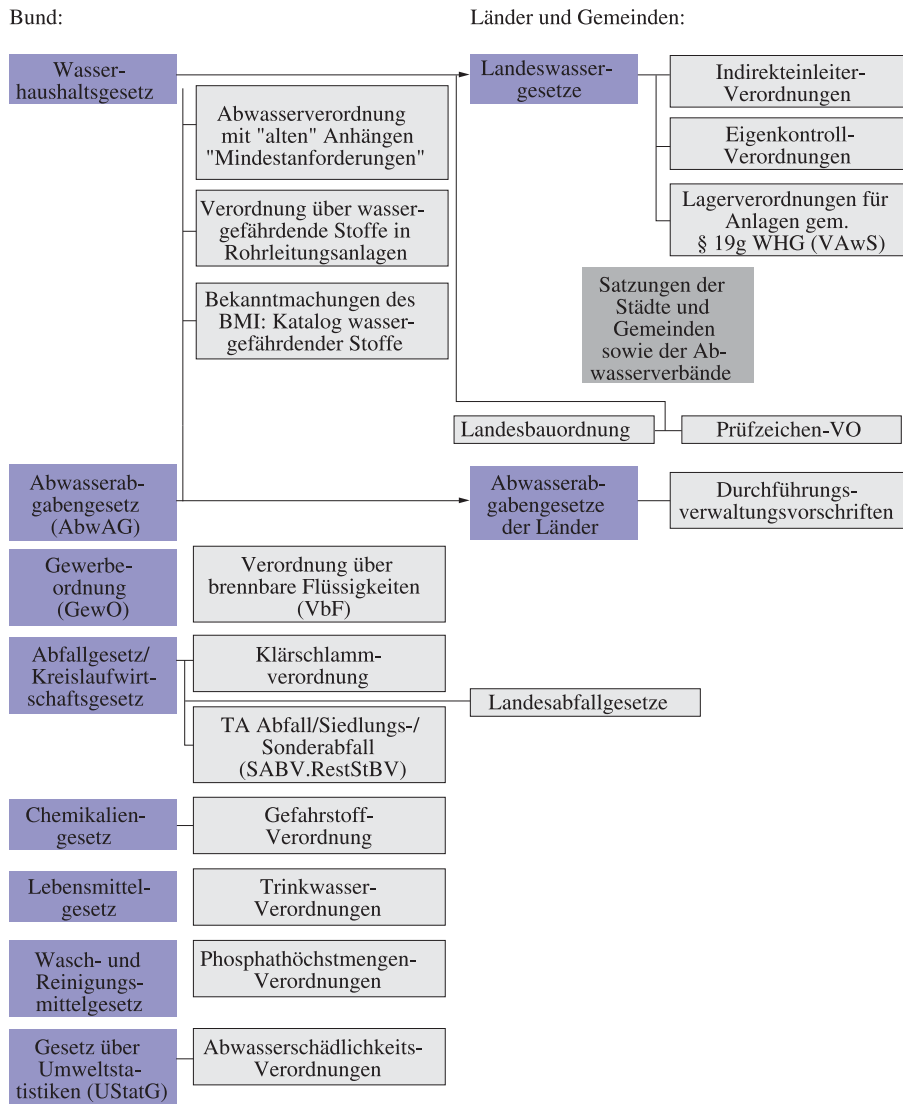
1. *Entnehmen und Ableiten von Wasser aus oberirdischen Gewässern,*
2. *Aufstauen und Absenken von oberirdischen Gewässern,*
3. *Entnehmen fester Stoffe aus oberirdischen Gewässern, soweit dies auf den Zustand des Gewässers oder auf den Wasserabfluss einwirkt,*
4. *Einbringen und Einleiten von Stoffen in oberirdische Gewässer,*
- 4a. *Einbringen und Einleiten von Stoffen in Küstengewässer,*
5. *Einleiten von Stoffen in das Grundwasser,*
6. *Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten und Ableiten von Grundwasser.*

(2) *Als Benutzungen gelten auch folgende Einwirkungen:*

1. *Aufstauen, Absenken und Umleiten von Grundwasser durch Anlagen, die hierzu bestimmt oder hierfür geeignet sind,*
2. *Maßnahmen, die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß schädliche Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Wassers herbeizuführen.*

(3) *Maßnahmen, die dem Ausbau eines oberirdischen Gewässers dienen, sind keine Benutzungen. Dies gilt auch für Maßnahmen der Unterhaltung eines oberirdischen Gewässers, soweit hierbei nicht chemische Mittel verwendet werden.*

Der Tatbestand der Benutzung ist deshalb für das Wasserrecht so wichtig, da nach § 2 für jeden Tatbestand, der als Benutzung eingestuft wird, mindestens eine Erlaubnis erforderlich ist:



**Abb. 30:**

Schema: Wesentliche Vorschriften der Abwassergesetzgebung (verändert nach KUNZ 1995, Stand 1998)

**§ 2 Erlaubnis- und Bewilligungserfordernis**

(1) Eine Benutzung der Gewässer bedarf der behördlichen Erlaubnis (§ 7) oder Bewilligung (§ 8), soweit sich nicht aus den Bestimmungen dieses Gesetzes oder aus den im Rahmen dieses Gesetzes erlassenen landesrechtlichen Bestimmungen etwas anderes ergibt.

Während die Erlaubnis beim Vorliegen triftiger Gründe von der Wasserrechtsbehörde widerrufen werden kann, hat die rechtlich höherstehende Bewilligung quasi eigentumsrechtlichen Charakter. Die Rücknahme einer Bewilligung kommt deshalb einer Enteignung gleich. Bewilligungen können nur zurückgezogen werden, wenn der Staat hierfür eine Entschädigung bezahlt. Für Abwassereinleitungen werden nur Erlaubnisse ausgestellt. Bewilligungen kommen dann in Frage, wenn der Betreiber einer Anlage auf eine langfristige Investitionssicherheit angewiesen ist. Dies gilt beispielsweise für den Betrieb einer Wasserkraftanlage, die sich in vielen Fällen nur bei Bewilligungszeiträumen von mindestens dreißig Jahren amortisiert.

**Erlaubnisse für Abwassereinleitungen** und andere Benutzungstatbestände werden je nach wasserwirtschaftlicher Bedeutung von Unteren oder Höheren

## Zuständige Behörden

(Oberen) Wasserbehörden ausgestellt. Während die Unteren Wasserbehörden bei den Landkreisämtern bzw. den Umweltämtern der kreisfreien Städte angesiedelt sind, sind die Höheren bzw. Oberen Wasserbehörden den Regierungspräsidien bzw. den Bezirksregierungen zugeordnet.

In § 7a des Wasserhaushaltsgesetzes wurde geregelt, unter welchen Voraussetzungen eine Abwassereinleitung mit einer Erlaubnis versehen werden darf:

### § 7a Anforderungen an das Einleiten von Abwasser

- (1) *Eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser darf nur erteilt werden, wenn die Schadstofffracht des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist. § 6 bleibt unberührt. Die Bundesregierung legt durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates Anforderungen fest, die dem Stand der Technik entsprechen. Diese Anforderungen können auch für den Ort des Anfalls des Abwassers oder vor seiner Vermischung festgelegt werden.*
- (2) *Für vorhandene Einleitungen werden in der Rechtsverordnung nach Absatz 1 Satz 3 abweichende Anforderungen festgelegt, wenn und soweit die danach erforderlichen Anpassungsmaßnahmen unverhältnismäßig wären.*
- (3) *Entsprechen vorhandene Einleitungen von Abwasser nicht den Anforderungen nach Absatz 1 Satz 3 oder Absatz 2, so stellen die Länder sicher, dass die erforderlichen Maßnahmen in angemessenen Fristen durchgeführt werden.*
- (4) *Die Länder stellen auch sicher, dass bei dem Einleiten von Abwasser in eine öffentliche Abwasseranlage die nach Absatz 1 Satz 4 maßgebenden Anforderungen eingehalten werden. Absatz 3 gilt entsprechend.*
- (5) *Stand der Technik im Sinne des Absatzes 1 ist der Entwicklungsstand technisch und wirtschaftlich durchführbarer fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, die als beste verfügbare Techniken zur Begrenzung von Emissionen praktisch geeignet sind.*

Neu ist, dass die Anforderungen an das Einleiten von Abwasser sich jetzt nach dem einheitlichen „Stand der Technik“ (St.d.T.) richten und es keine Unterscheidung zwischen Abwasser mit gefährlichen Stoffen und anderem Abwasser mehr gibt. Der zu erwartenden Verschärfung der Anforderungen wird durch den Verhältnismäßigkeitsgrundsatz und die Definition der „besten verfügbaren Technik“ entgegnet.

Bevor Abwasser eingeleitet wird, muss es also nach dem St.d.T. behandelt werden. Die Anforderungen nach dem St.d.T. sind von der Wasserbehörde festzusetzen, sofern für die betreffende Abwasserart noch keine konkretisierende Abwasserverordnung oder -verwaltungsvorschrift vorliegt. Eine Präzisierung vom St.d.T. für die Industrieabwassereinleitungen wird in der **Abwasserverordnung** vorgenommen:

### § 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.*

In „Anhängen“ zur Abwasserverordnung werden branchenspezifisch Grenzwerte für Abwassereinleitungen festgelegt - die sogenannten **Überwachungswerte**. Diese Grenzwerte wurden in der Regel für folgende Parameter (Messgrößen) festgelegt:

- Biochemischer Sauerstoffbedarf in fünf Tagen (BSB<sub>5</sub>) - ein Parameter für die biologisch leichter abbaubaren organischen Abwasserinhaltsstoffe
- Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) - ein Parameter, der auch die schwerer abbaubaren organischen Abwasserinhaltsstoffe umfasst
- Ammonium-Stickstoff (NH<sub>4</sub>-N) - ein Nährstoffparameter; eine reduzierte Stickstoffverbindung mit hohem Sauerstoffzehrungspotential
- Gesamt-Stickstoff (N) - Nährstoffparameter, Summe aus anorganischem und organisch gebundenem N
- Gesamt-Phosphor (P) - Nährstoffparameter, Summe aus anorganischem und organisch gebundenem P
- Schwermetalle
- Halogenierte Kohlenwasserstoffe - gemessen als „Adsorbierbare Organische Halogenverbindungen“ (AO<sub>x</sub>); hierzu gehören insbesondere die Organochlorverbindungen
- schwer abbaubare Komplexbildner (wie z.B. EDTA, das als Komplexbildner in Wasch- und Reinigungsmitteln zur Stabilisierung der Bleichmittel verwendet wird)

Die Abwasserverordnung enthält bis jetzt Anhänge für folgende Branchen:

- Metallver- und -bearbeitung (Anhang 40)
- Chloralkalielektrolyse (Anhang 42)
- Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe (Anhang 48)

Der Anhang 48 wird keiner speziellen Branche zugeordnet. Er enthält die Palette der „gefährlichen Stoffe“, die in der EG-Gewässerschutzrichtlinie 76/464 und deren „Tochterrichtlinien“ enthalten sind. Mittels Anhang 48 werden diese EG-rechtlichen Vorgaben in nationales Recht umgesetzt.

Die Abwasserverordnung wurde erst im Gefolge des Inkrafttretens der 6. WHG-Novelle erlassen - ebenfalls aufgrund EG-rechtlicher Vorgaben. Vorgängerin der Abwasserverordnung war die **Rahmen-Abwasserwirtschaftsvorschrift**, die rund 50 branchenspezifische Anhänge enthielt. Diese „alten“ Anhänge sollen jetzt sukzessive in die „neue“ Abwasserverordnung eingegliedert werden. Außerdem gibt es aus der Zeit der 4. WHG-Novelle noch 11 Abwasserwirtschaftsvorschriften, die ebenfalls branchenspezifische Überwachungswerte enthalten. Hierzu zählt beispielsweise die 38. Abwasserwirtschaftsvorschrift, die die Abwassereinleitungen der Textilbranche reglementiert. Bis die vollständige Umstellung auf die neue Abwasserverordnung erfolgt ist, bleiben die Anhänge zur Rahmen-Abwasserwirtschaftsvorschrift sowie die 11 alten Abwasserwirtschaftsvorschriften vorläufig gültig.

**Tab. 27:**

Mindestanforderungen, die an die Ablaufwerte der kommunalen Kläranlagen gestellt werden, unterschieden nach der Kläranlagengröße.

Größenklasse [EW]	BSB	CSB	NH <sub>4</sub> -N	Nges.	Pges.
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
< 1000	40	150			
1.000-5.000	25	110			
5.000-20.000	20	90	10	18	
20.000-100.000	20	90	10	18	2
>100.000	15	75	10	18	1

Von hochrangiger Bedeutung für die Einleitung von kommunalem Abwasser ist der **Anhang 1** zur Abwasserverordnung. Hier sind die Überwachungswerte festgelegt, die kommunale Kläranlagen erfüllen müssen. Diese **Mindestanforderungen** sind dabei um so schärfer, je größer die Kläranlage ist (Tab. 27). Für den Fall, dass der Ablauf der Kläranlage die Überwachungswerte nicht einhalten kann, darf die Wasserbehörde eine wasserrechtliche Erlaubnis nur in Form eines **Sanierungsbescheides** ausstellen oder **die Einleitung vorübergehend dulden**. Die Duldung muss ebenso wie der Sanierungsbescheid **Fristsetzungen** enthalten, bis zu denen die Mindestanforderungen erreicht sein müssen.

Die Überwachungswerte in den Anhängen gelten nicht unmittelbar für die Abwassereinleiter („Emittenten“) als Grenzwerte, sondern dienen der Wasserrechtsbehörde als Richtschnur, an der sie sich zu orientieren hat. Die Bestimmungen aus den Anhängen zur Abwasserverordnung bzw. zur Rahmen-Abwasserverwaltungsvorschrift sind für die Emittenten erst dann maßgeblich, wenn die jeweiligen Überwachungswerte und sonstigen Auflagen von der Wasserrechtsbehörde in „individuelle“ Wasserrechtsbescheide - eben die Erlaubnisse nach § 2 WHG - übernommen worden sind.

Kann ein Emittent für seine Abwassereinleitung weder eine Erlaubnis noch eine Duldung vorweisen, dann handelt es sich um eine **unbefugte Gewässerbenutzung**. Dies ist dann ein Fall für die Staatsanwaltschaft, die ein Verfahren wegen des Verdachts eines Verstoßes gegen die Bestimmungen von § 324 Strafgesetzbuch (StGB) einleiten kann. Die Staatsanwaltschaft kann ebenfalls Ermittlungsverfahren einleiten, wenn gegen die in der Erlaubnis enthaltenen Auflagen verstoßen wird. Nach § 324 StGB macht sich strafbar, „*wer unbefugt ein Gewässer verunreinigt oder sonst seine Eigenschaften nachteilig verändert*“. Dieser Straftatbestand müsste genau genommen auch bei mittelbarer Verschmutzung, so z.B. bei **Indirekteinleitern**, die in die Kanalisation einleiten, gelten. In der Praxis ist es jedoch noch zu keinem Strafverfahren gekommen, in dem das StGB auf diese Art und Weise ausgelegt worden wäre (vgl. RÜGEMER 1995).

Nach § 326 Strafgesetzbuch (StGB) macht sich strafbar, wer unbefugt besonders gefährliche Abfälle außerhalb einer dafür zugelassenen Anlage oder unter wesentlicher Abweichung von einem vorgeschriebenen oder dafür zugelassenen Verfahren behandelt, lagert, ablagert, ablässt oder sonst beseitigt. Hierunter sind auch Handlungen zu verstehen, die für Gewässer, Luft und Boden gefährlich sind, ohne dass es einer nachzuweisenden Verletzung oder konkreten Gefährdung des Gewässers bedarf.



Kompliziert wird das Wasserrecht dadurch, dass es zwischen der Abwassereinleitung an sich und der Anlage unterscheidet, mit der das Abwasser vor der Einleitung behandelt wird. Während die Abwassereinleitungen den „Mindestanforderungen“ - und somit den „Überwachungswerten“ nach dem „Stand der Technik“ - entsprechen müssen, gelten für die Abwasserbehandlungsanlagen nach § 18 b (1) WHG nur die „allgemein anerkannten Regeln der Technik“:

### § 18b Bau und Betrieb von Abwasseranlagen

*(1) Abwasseranlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass die Anforderungen an das Einleiten von Abwasser insbesondere nach § 7a eingehalten werden. Im Übrigen gelten für Errichtung und Betrieb von Abwasseranlagen die allgemein anerkannten Regeln der Technik.*

Unter den „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ wird ein Anforderungsniveau verstanden, das deutlich unter dem schärferen Anforderungsniveau des „Standes der Technik“ liegt. Die „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ werden für den Abwasserbereich von der **Abwassertechnischen Vereinigung (ATV)** erarbeitet. Die ATV ist ein technisch-wissenschaftlicher Berufsverband, in dem sich die Fachleute aus dem Abwasserbereich organisiert haben. In zahlreichen Arbeitskreisen haben Fachleute der ATV ein **abwassertechnisches Regelwerk** erarbeitet, das sich aus Arbeits-, Merk- und Hinweisblättern zusammensetzt. Von der Dimensionierung von Kanalrohren bis zum Betrieb von Kläranlagen legen zahlreiche ATV-Arbeitsblätter die „**allgemein anerkannten Regeln der Technik**“ nieder, die i.d.R. zahlreiche Seiten umfassen.

Die Regeln der ATV als eingetragener Verein haben an sich keinerlei bindende Wirkung und im Einzelfall kann durchaus von den Vorgaben des ATV-Regelwerkes abgewichen werden. Insbesondere bei der Abwassersanierung in den Neuen Bundesländern und im ländlichen Raum sind aus Kostengründen vielfach unkonventionelle Lösungen vorzuziehen, für die es im ATV-Regelwerk noch keine einschlägigen Richtlinien gibt.

Im Hinblick auf die ATV-Normen muss noch ergänzt werden, dass innerhalb der Europäischen Union mehr und mehr Normen vereinbart werden, die auch den Abwasserbereich betreffen. Die **EU-weit vereinbarten CE-Normen** müssen beim Kanal- und Kläranlagenbau in immer größerem Umfang auch in Deutschland beachtet werden. Neben den CE-Normen gibt es auch noch zahlreiche **nationale DIN-Normen** für den Abwasserbereich - so z.B. die DIN 4261 für Kleinkläranlagen (Mehrkammerausfallgruben, Tropfkörper) usw.

In Bearbeitung ist derzeit die europäische Norm EN 12 566 Teil 1 bis 3:

Teil 1: Werkmäßig hergestellte Faulgruben („Faulgrube“ steht für „Mehrkammergrube“)

Teil 2: Boden-Systeme (soil-systems), also Versickerungs- und Bodenbehandlungssysteme

Teil 3: Vorgefertigte und/oder vor Ort montierte Behandlungsanlagen für häusliches Schmutzwasser: soll künftig die DIN 4261 Teil 2 ersetzen, sie sieht in Zukunft neben der praktischen Prüfung vor Ort eine einjährige Prüfung auf einem Testfeld vor; die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung wird für Deutschland weiterhin vom Deutschen Institut für Bautechnik vergeben.

**Allgemein anerkannte Regeln der Technik** (a.a.R.d.T.): Technische Verfahrensweisen, die in der praktischen Anwendung erprobt sind und von den einschlägigen Fachkreisen (insbesondere denjenigen, die Anlagen entwickeln, bauen, betreiben, begutachten, prüfen, genehmigen oder überwachen) anerkannt sind. Mit „einschlägige Fachkreise“ ist insbesondere die Abwassertechnische Vereinigung e.V. (ATV) gemeint. Den a.a.R.d.T. steht der **Stand der Technik** gegenüber: „Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Anlagen, Einrichtungen und Betriebsweisen, die mit Erfolg erprobt wurden und deren praktische Eignung als gesichert erscheint“.

**ATV** - der bedeutendste technisch wissenschaftliche Berufsverband im Abwasserbereich (siehe <http://www.atv.de>)

Auszug aus den Regelwerk der ATV siehe Kapitel 6, Tab. 48. Das ATV-Regelwerk kann man beziehen bei der **Abwassertechnischen Vereinigung e.V. (ATV)**, Theodor-Heuss-Allee 17 53773 Hennef (Regelwerk auch als CD erhältlich).

**NE-, CE- und DIN-Normen**

**Kommunales Abgabengesetze, Abgabenverordnungen, -erlasse und Satzungen:** Welche Kosten dürfen in die Gebühren einfließen ?

Verwaltungsvorschriften und Erlasse

Bemessung, Beschreibung sowie Anwendungshinweise werden weiterhin den nationalen sog. „Restnormen“ überlassen bleiben.

Neben den bisher genannten Gesetzen, Verordnungen und Normen müssen auf kommunaler Ebene auch die **kommunalen Abwassersatzungen** beachtet werden. Mit den Vorschriften aus den kommunalen Abwassersatzungen soll insbesondere ein störungsfreier Betrieb der Kanalisation und der Kläranlage sichergestellt werden. Die kommunalen Abwassersatzungen enthalten Grenzwerte, an die sich die kanalbenutzenden Industrie- und Gewerbebetriebe („**Indirekteinleiter**“) zu halten haben. Bei der Festlegungen der entsprechenden Grenzwerte orientieren sich die meisten Kommunen am ATV-Arbeitsblatt A 115.

Um feststellen zu können, welche Betriebe Schadstoffe in die kommunale Kanalisation emittieren, erstellen die Kommunen sog. Indirekteinleiter-Kataster. Zur Erstellung entsprechender Übersichten sind die Kommunen über die **Eigenkontroll- bzw. über die Selbstüberwachungsverordnungen** der einzelnen Bundesländer verpflichtet.

Neben den Abwassersatzungen erstellen die Kommunen auch **Abwassergebühren- und beitragsatzungen**. Während über die Gebühren die Betriebskosten der Kanalisation, der Kläranlage und der Klärschlamm Entsorgung gedeckt werden, werden die Beiträge zur Abgeltung der Investitionskosten von den Grundstückseigentümern erhoben. Rechtsgrundlage für die Erhebung von Gebühren und Beiträgen (z.B. Hundesteuer, Zweitwohnungssteuer, Freibad, Trinkwasser- und Abwassergebühren, Anschlussbeiträge etc.) sind die **Kommunalabgabengesetze** der einzelnen Bundesländer.

Die Spielräume für die Gestaltung solcher Abgaben in den Kommunalabgabengesetzen sind i.d.R. sehr groß. Daher werden von Zeit zu Zeit rechtsverbindliche Verwaltungsvorschriften von den Ländern erarbeitet, die über die genaue Praxis Auskunft geben. In keinem Fall jedoch darf unwirtschaftliches Handeln, wie z.B. die Kosten für Überkapazitäten in Gebühren- und Beitragskalkulationen eingestellt werden, sondern sind aus den allgemeinen Haushaltsmitteln direkt (Gemeinden) oder über Umlagen auf die Mitgliedsgemeinden (bei Zweckverbänden) zu finanzieren. Hierbei unterliegt es jedoch der Interpretation, ab wann eine Überkapazität vorliegt. So werden z.B. Kapazitäten, die für Flächen, die im Flächennutzungsplan vorgehalten, sind oft nicht als Überkapazitäten erkannt, auch wenn ihre Erschließung nach realistischen Bedarfsprognosen auf Jahre nicht zu erwarten ist. Im Allgemeinen sind Gebühren nach den anfallenden Kosten unter Berücksichtigung von absehbaren Kostensteigerungen zu berechnen. Der Bemessungszeitraum soll dabei 5 Jahre nicht überschreiten.

Wie eine Untersuchung der entsprechenden Abwasser- und Gebührensatzungen in Sachsen ergab, ist bei vielen Satzungen mit Mängeln, d.h. unzulässigen Regelungen zu rechnen. Jeder/jedem Betroffenen (z.B. Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen od. Wohnungsgenossenschaft) steht das Recht zu, eine Normenkontrollklage gegen die Gemeinde oder den Zweckverband zu richten, sofern sie einen Nachteil erlitten oder zu erwarten haben. So sind z.B. einheitliche Gebühren und damit die gesamte Gebührensatzung i.d.R. ungültig, wenn

die Abwasserbehandlung z.B. in verschiedenen Ortsteilen in stark unterschiedlicher Weise abgeleitet oder behandelt (zentrale Anlage / Kleinkläranlage) werden, d.h. auch unterschiedliche Kosten entstehen.

Dass das Wasserrecht mindestens so kompliziert wie das Steuerrecht ist, liegt

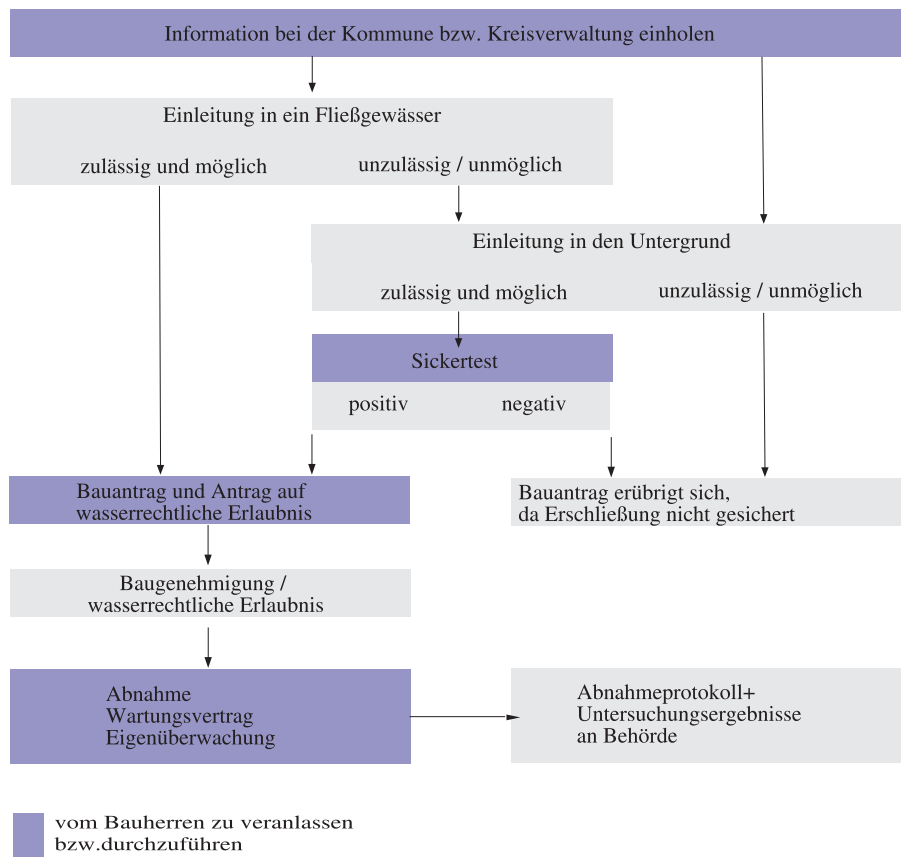


Abb. 31:

Vereinfachtes Ablaufschema zur Genehmigung einer Kleinkläranlage (je nach Bundesland stark abweichend)

vor allem am „**untergesetzlichen Regelwerk**“. Hierzu zählen insbesondere Verwaltungsvorschriften und Erlasse mit denen das Wasserhaushaltsgesetz, aber vor allem die Landeswassergesetze „unterfüttert“ werden. Dabei ist mittlerweile ein Paragrafenschwung entstanden, in dessen Dickicht sich kaum noch jemand zurecht findet. Eindrücklich belegt dies z.B. eine Sammlung Rechts- und Verwaltungsvorschriften (nur Titel und Fundstellen) der hessischen Wasserwirtschaftsverwaltung, die mit Stand vom 22.5.1998 über 300 Titel auf 44 Seiten aufführt. Im Hinblick auf die dezentrale Abwasserbehandlung sollen beispielhaft nur zwei Bestandteile aus dem untergesetzlichen Regelwerk erwähnt werden:

In verschiedenen Bundesländern sind derzeit **Verwaltungsvorschriften über die Abwasserentsorgung im ländlichen Raum** bereits verabschiedet oder noch in Bearbeitung. Mit diesen Verwaltungsvorschriften regeln die Länder, unter welchen Voraussetzungen welche Kleinkläranlagen im ländlichen Raum zulässig sind und was bei Betrieb und Installation derartiger Kleinkläranlagen alles beachtet werden muss. Außerdem haben verschiedene Bundesländer **Erlasse über den Einsatz von Kleinkläranlagen** veröffentlicht.

Vorschriften für dezentrale Kläranlagen

**Anschlusszwang** bedeutet die Verpflichtung, sich an die öffentliche Abwasserentsorgung bzw. -behandlung anzuschließen.

**Benutzungszwang** bedeutet, dass man sein Wasser der Gemeinde überlassen muss. Im Falle einer Kleinkläranlage kann sich diese Pflicht auf die regelmäßige Abfuhr (i.d.R. bis zu 2 mal im Jahr) des Klärschlammes be-

Der Anschlusszwang an die Kanalisation resultiert historisch gesehen aus der noch älteren Pflicht des Anschlusses und der Benutzung an die öffentliche Wasserversorgung, wie sie z.B. in der Wasserversorgungsmustersatzung des Gemeindetags Baden-Württemberg steht (siehe z.B. § 5): „*Auf Grundstücken, die an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen sind, haben die Wasserabnehmer ihren gesamten Wasserbedarf zu decken*”

Die Abwassersatzungen sind daher noch immer weitgehend den Verhältnissen angepaßt, wie sie für die herkömmliche Wasserwirtschaft mit hohem Trinkwasserverbrauch und kanalisierter Regenwasserableitung gelten. Noch immer ist der Anschlusszwang an die Kanalisation, (z.T. sogar der Zwang zur Benutzung der Einrichtungen) in vielen Ortssatzungen festgelegt. Ausnahmen von diesen Satzungen müssen einzeln beantragt werden. Die Zahl der Ortssatzungen, die zumindest für Teilbereiche (Neubaugebiete) oder außerhalb des geschlossenen Ortskerns z.B. das Wasser von Dachflächen von der Anschlusspflicht befreien, nimmt jedoch zu.

Während der Bau dezentraler Kläranlagen bislang in vielen Fällen auf den Widerstand der Wasserwirtschaftsverwaltung gestoßen ist, ergeben sich seit der 6. Novelle des Wasserhaushaltsgesetzes für die Durchsetzung dezentraler Kläranlagenkonzepte etwas bessere Chancen. Im neugefassten § 18a WHG heißt es nämlich:

#### **§ 18a Pflicht und Pläne zur Abwasserbeseitigung**

*(1) Abwasser ist so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Dem Wohl der Allgemeinheit kann auch die Beseitigung von häuslichem Abwasser durch dezentrale Anlagen entsprechen. Abwasserbeseitigung im Sinne dieses Gesetzes umfaßt das Sammeln, Fortleiten, Behandeln, Einleiten, Versickern, Verregnen und Verrieseln von Abwasser sowie das Entwässern von Klärschlamm in Zusammenhang mit der Abwasserbeseitigung.*

Gleichwohl ist es noch herrschende Rechtsauffassung, dass in der Regel der in den kommunalen Abwassersatzungen enthaltende **Anschluss- und Benutzungszwang** von der Kommune durchgesetzt werden kann. Erst in einem einzigen Fall wurde die Aufhebung der Befreiung des Anschlusszwanges für Hauskläranlagen als rechtens eingestuft. Bei einer dem Bundesverwaltungsgericht vorgelegten Streitsache ging es darum, dass durch den Neubau eines Sammlers der Kanalanschluss des betreffenden Grundstücks technisch möglich geworden war. Eine weitere Befreiung vom Anschluss- und Benutzungszwang hat das Bundesverwaltungsgericht in seinem Urteil vom 24.01.92 - 7 C38.90-HDW R 1574 - aus Gründen des Grundwasserschutzes als nicht mehr zulässig erachtet. Tenor der bislang ergangenen Gerichtsurteile: Es könne nicht zugelassen werden, dass jeder Grundstückseigentümer nach eigenem Ökologieverständnis darüber befände, ob er sein Abwasser selbst entsorgen wolle oder nicht.

Juristisch hatte die Durchsetzung von alternativen Ideen zur Abwasserklärung und zur Kreislaufführung geklärter Abwässer bisher kaum Chancen. Position der Bundesländer: „Die abwassertechnische Erschließung geschlossener Ortslagen mit grundstücksbezogenen Kleinkläranlagen widerspricht dem Anliegen der Ortshygiene und der Wasserwirtschaft”, so z.B. das Thüringische Umweltministerium. Durch die Presse (z.B. Monitorisierung 14.8.97 od. SZ v. 22.9.97) gegangen

**Tab. 28:**

Wichtige ältere gesetzliche Regelungen seit 1945, Übersicht über Rahmenregelungen, die im Zusammenhang geschlossener Stoffkreisläufe im Abwasserbereich berücksichtigt und gegebenenfalls überarbeitet werden müssten. Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

<b>1946</b>	In vielen Ländern sind die Ministerien für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für alle Bereiche der Wasserwirtschaft zuständig; es gibt ein dreistufiges Verwaltungssystem in den Ländern (gibt es z.T. heute noch)	<b>1986</b>	Pflanzenschutzgesetz (Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen, s. auch Pflanzenschutzmittelhöchstmengenverordnung), 15.08.1986, letzte Änderung: 27.06.1994.
<b>1949</b>	Grundgesetz, 23.05.1949, letzte Änderung (Art.106): 03.11.1995	<b>1987</b>	Abwasserherkunftsverordnung (AbwHerkV); Verordnung über die Herkunftsbereiche von Abwasser vom 3.07.87, zuletzt geändert 1991. Definiert zehn Teilbereiche mit 55 Unterbereichen, aus denen im Sinne des §7a des WHG bestimmte Abwässer kommen; Bundesländer erlassen Indirekteinleiterverordnungen, außerdem:
<b>1952</b>	Gesetz über die Errichtung des Bundesgesundheitsamtes	<b>1988</b>	Abfallverbringungsverordnung, 18.11.1988, letzte Änderung: 30.04.1994.
<b>1953</b>	Bildung des Wasserbeirates beim Landwirtschaftsminister, in dem die kommunalen Spitzenverbände, Industrie- und Handelskammern, Landwirtschaftskammern, Fachvereinigungen und Wasserwirtschaftler vertreten sind	<b>1989</b>	Düngemittelgesetz, Düngemittelanwendungsverordnung
<b>1957</b>	Wasserhaushaltsgesetz, 27.07.1957, letzte Fassung: 23.09.1986; letzte Änderung: 27.06.1994	<b>1989</b>	Rahmen-Abwasserwaltungsvorschrift. Sie nennt vor allem die anzuwendenden Analyseverfahren. Grenzwerte und andere branchenspezifische Regelungen sind in den über 50 Anhängen festgelegt, z.B. Anhang 38 Textilherstellung, Textilveredlung (BR-Drs. 181/93 v. 18.3.93)
<b>1959</b>	Gesetz zur Änderung der Gewerbeordnung und Ergänzung des Bürgerlichen Gesetzbuches vom 22. Dez. 1959;	<b>1989</b>	Ruhrtalesperrengesetz (NRW), 05.06.1913, letzte Fassung der Änderungsgesetze: 21.10.1969, 26.06.1984, 20.06.1989.
<b>1959/60</b>	Trinkwasseraufbereitungsverordnung	<b>1989</b>	Chemikaliengesetz, letzte Fassung 25.07.1994, letzte Änderung: 27.09.1994.
<b>1964</b>	Detergentiengesetz	<b>1990</b>	Abwasserabgabengesetz, 06.11.1990, geändert durch Gesetz: 05.11.1994.
<b>1965</b>	Wassersicherstellungsgesetz; 24.08.1965, letzte Änderung: 14.12.1977.	<b>1990</b>	Bundesimmissionsschutzgesetz, 14.05.1990, letzte Änderung 19.07.1995.
<b>1968</b>	Bundeswasserstraßengesetz, 02.04.1968, letzte Änderung: 23.08.1990.	<b>1990</b>	Störfallverordnung, 20.09.1991, letzte Änderung: 26.10.1993.
<b>1972</b>	Abfallbeseitigungsgesetz, 07.06.1972, letzte Fassung: 27.08.1986, letzte Änderung: 30.09.1994.	<b>1990</b>	Ruhrreinhaltungsgesetz (NRW), Gesetz zur Änderung wasserwirtschaftlicher Vorschriften für das Einzugsgebiet der Ruhr: 07.02.1990
<b>1973</b>	Verordnung über wassergefährdende Stoffe bei der Beförderung in Rohrleitungsanlagen, 19.12.1973, geändert durch Verordnung vom 05.04.1976.	<b>1990</b>	Bundeswasserstraßengesetz
<b>1975</b>	Wasch- und Reinigungsmittelgesetz, 20.08.1975, letzte Fassung: 05.03.1987, und des Artikels 42 - der fünften Zuständigkeitsanpassungsverordnung: 26.02.1993.	<b>1990</b>	Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen
<b>1976</b>	Abwasserabgabengesetz	<b>1990</b>	Umwelthaftungsgesetz
<b>1976</b>	Bundesnaturschutzgesetz, 20.12.1976, letzte Änderung: 06.08.1993.	<b>1990</b>	Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVPG), letzte Fassung 12.02.1992, letzte Änderung: 23.11.1994.
<b>1977</b>	Tensidverordnung, 30.01.1977, letzte Änderung: 04.06.1986.	<b>1990</b>	Wassersichertellungsgesetz
<b>1980</b>	Phosphathöchstmengenverordnung, 04.06.1980.	<b>1991</b>	Bodenschutzgesetz, 24.06.1991
<b>1980</b>	Verordnung über brennbare Flüssigkeiten	<b>1991</b>	Gesetz über Wasser- und Bodenverbände (Wasserverbandsgesetz), 12.02.1991.
<b>1984</b>	Trinkwasserverordnung, 01.08.1984, letzte Änderung: 04.06.1986.	<b>1991</b>	Gefahrstoffverordnung, letzte Fassung 16.08.1994.
		<b>1992</b>	Klärschlammverordnung, 15.04.1992.
		<b>1994</b>	Abfallverbringungsverordnung, 30.09.1994.
		<b>1996</b>	Kreislaufwirtschaftsgesetz



## Der Streitfall Daum

ist u.a. der Streitfall des Jürgen Daum, der ein Öko-Haus gebaut hat, in dem rechtlich gesehen gar kein Abwasser mehr anfällt. Daum besitzt eine Komposttoilette und das anfallende Grauwasser wird durch eine Pflanzenkläranlage gereinigt und sodann für Brauchwasserzwecke und für die Bewässerung des Grundstücks eingesetzt. Den verbleibenden Überschuss wollte Daum auf dem Grundstück versickern. Mit der Idee des „abwasserlosen Grundstücks“ hat der Öko-Häuslebauer im bayerischen Regenstauf einen kuriosen Rechtsstreit mit dem „Zweckverband Abwasserbeseitigung im Regental“ heraufbeschworen. Obwohl gar kein Abwasser zum Einleiten anfällt, bestehen der Abwasserzweckverband, die Marktgemeinde Regenstauf, das Regensburger Landratsamt sowie die Verwaltungsgerichte in Regensburg und München ultimativ auf einem Anschluss an die bereits bestehende Kanalisation.

Der 23. Senat des VGH interessierte sich im Urteil über den Regenstauer Streitfall kaum dafür, wie Daums Wurzelkläranlage arbeitet und welche Reinigungsleistung sie erbringt. Die Richter fanden, dass allein schon das Vorhandensein eines Abwasserkanals auf dem Daum'schen Grundstück den Zwang zum Anschluss des Hauses begründe, der überdies auch zumutbar sei. Zudem gewährleiste eine Kläranlage die „*gründlichere und besser kontrollierte Reinigung des Abwassers und damit einen erhöhten Schutz des Grundwassers sowie der menschlichen Gesundheit*“. Den Erfordernissen des Gemeinwohls sei dies dienlicher als Daums private Einzelkläranlage, durch die - das scheint in dem Urteil immer wieder durch - dem Zweckverband schließlich auch Gebühren entgehen. Inzwischen speichert Daum sein gereinigtes Grauwasser und gießt damit seinen Garten - somit fällt auch im wasserrechtlichen Sinne gar kein Abwasser mehr an, dass „beseitigt“ werden müsste. Doch auch die Gerichte entscheiden nicht immer gleich. So befreite das Oberverwaltungsgericht Rheinland-Pfalz einen Hauseigentümer vom Anschluss- und Benutzungszwang, wenn die private Pflanzenkläranlage sicherstelle, dass das Grundstück "praktisch abwasserfrei" sei und "keine Einleitung in das Grundwasser bzw. keine Berührung mit dem Grundwasser" vorliege. Allerdings müsse die Qualität der Anlage überprüft werden (siehe Tab. 30).

In Schleswig-Holstein, Niedersachsen (§ 149 NWG) Nordrhein-Westfalen, Bayern können inzwischen unter bestimmten Voraussetzungen Kleinkläranlagen in größerem Umfang als Dauerlösung zugelassen werden. Der Regelfall ist jedoch noch nach wie vor, Hauskläranlagen nur als befristete Übergangslösung zuzulassen - „bis der Kanal kommt“. Ausnahmen sind entlegene Regionen, in denen der Aufwand für einen Anschluss an die öffentliche Abwasserentsorgung für absehbare Zeiträume zu hoch ist - z.B. bei Streusiedlungen und Einzelanwesen im Außenbereich. Wenn Hauskläranlagen als Dauerlösung anerkannt werden sollen, ist Voraussetzung, dass sie zweistufig, also mechanisch-biologisch, betrieben werden. Der alleinige Betrieb von Mehrkammer-Absetz- und -Ausfaulgruben als mechanische Stufe ist nicht zulässig. Diese Gruben haben nur eine geringe Reinigungsleistung, die in vielen Fällen nicht einmal bei 25 % liegt. Es müssen also biologische Behandlungsstufen nachgeschaltet werden. Hierzu gehören beispielsweise Filtergräben, Untergrundverrieselungen, Belebungsanlagen, Tropfkörperanlagen, Tauchtropfkörperanlagen, Abwasserteiche

## Kleinkläranlagen als Dauerlösung



und Pflanzenkläranlagen („bewachsene Bodenfilter“).

Die Abwassersatzung kann bestimmte Ausnahmen vom Anschluss- und Benutzungszwang zulassen. Hierzu muss die wasserrechtliche Freistellung (Einleitungserlaubnis in ein Gewässer oder Versickerung des gereinigten Abwassers) durch die untere oder obere Wasserbehörde vorliegen. Auch bei einer befristeten Befreiung vom Anschluss- und Benutzungszwang sollte auf eine angemessene Amortisationszeit, z.B. 10 - 15 Jahre geachtet werden. Ein Antrag auf Befreiung vom Anschluss- und Benutzungszwang sollte also immer mit dem wasserrechtlichen Verfahren auf eine Einleitungs- od. Versickerungsgenehmigung (z.B. Gartenbewässerung etc.) einhergehen. Bei der Begründung sollte man auch auf die in der EU-Richtlinien (§3) angegebenen Gründe verweisen.

Im Zuge der 6. WHG Novelle wurde in **§ 18 a (2a)** den Ländern die Möglichkeit eingeräumt, Regelungen zu treffen, dass die Kommunen auch die Pflicht zur Abwasserbeseitigung auf Dritte übertragen können:

*(2) Die Länder regeln, welche Körperschaften des öffentlichen Rechts zur Abwasserbeseitigung verpflichtet sind und die Voraussetzungen, unter denen anderen die Abwasserbeseitigung obliegt. Weist ein für verbindlich erklärter Plan nach Absatz 3 andere Träger aus, so sind diese zur Abwasserbeseitigung verpflichtet. Die zur Abwasserbeseitigung Verpflichteten können sich zur Erfüllung ihrer Pflichten Dritter bedienen.*

*(2a) Die Länder können regeln, unter welchen Voraussetzungen eine öffentlich-rechtliche Körperschaft ihre Abwasserbeseitigungspflicht auf einen Dritten ganz oder teilweise befristet und widerruflich übertragen kann. Zu diesen Voraussetzungen gehört insbesondere, dass*

- 1. der Dritte fachkundig und zuverlässig sein muss,*
- 2. die Erfüllung der übertragenen Pflichten sicherzustellen ist,*
- 3. der Übertragung keine überwiegenden öffentlichen Interessen entgegenstehen dürfen.*

*(3) Die Länder stellen Pläne zur Abwasserbeseitigung nach überörtlichen Gesichtspunkten auf (Abwasserbeseitigungspläne). In diesen Plänen sind insbesondere die Standorte für bedeutsame Anlagen zur Behandlung von Abwasser, ihr Einzugsbereich, Grundzüge für die Abwasserbehandlung sowie die Träger der Maßnahmen festzulegen. Die Festlegungen in den Plänen können für verbindlich erklärt werden.*

Ausnahmen, das heißt der Ausschluss von der Beseitigungspflicht, können in Abstimmung mit den Wasserbehörden dann erfolgen, wenn eine Übernahme aus technischen Gründen nicht möglich oder unverhältnismäßig ist. Diese Ausnahmeregelung wurde insbesondere für Hausgrundstücke im baurechtlichen Außenbereich gem. § 35 BauGB angewendet, in denen Abwasser in Kleinkläranlagen oder abflusslosen Sammelgruben beseitigt wird. Im Ausnahmefall hat „*derjenige das Abwasser zu beseitigen, bei dem das Abwasser anfällt oder der nach dem Abwasserbeseitigungsplan hierzu verpflichtet ist*“.

Für die Fäkal- (bzw. Faul-)schlamm-Entsorgung aus Kleinkläranlagen sind grundsätzlich ebenfalls die Gemeinden zuständig. Eine Übersicht über die verschiedenen Möglichkeiten der Mitbehandlung von solchen Fäkalschlämmen gibt das ATV-Arbeitsblatt 123. Die kommunalen Kläranlagen müssen eine

Wasserrechtliche Freistellung als Voraussetzung für eine Befreiung vom Anschluss- und Benutzungszwang

Übertragung der Pflicht zur Abwasserbeseitigung an Dritte

**Kosten für Abfuhr zur Kläranlage beim Benutzungszwang:**

Klärschlamm: 20-90 DM/m<sup>3</sup>

Abwasser aus abflussloser Grube: 10-50 DM/m<sup>3</sup>

**Tab. 29:**

Auswahl wichtiger Grundlagen/  
Verwaltungsvorschriften für Klein-  
kläranlagen

<b>Baden-Württemberg</b> (Umweltministerium)	Wassergesetz von Baden-Württemberg in der Fassung vom 1.1.1999. Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums über die Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum, in Vorbereitung (21.11.1997)
<b>Bayern</b> (Landesamt für Wasserwirtschaft)	Bayrische Bauordnung vom 4.8.97 mit Änderung vom 24.7.1998; in Bayern existieren 4 Gebietsklassen (I = Anschluss an zentrale Kläranlage bereits vorhanden oder möglich, Kleinkläranlagen nicht erforderlich; II = Anschluss an zentrale Abwasseranlage innerhalb von 5 Jahren zu erwarten, Dreikammerausfallgrube als Übergangslösung; III = Anschluss an zentrale Abwasseranlage längerfristig nicht zu erwarten, Kleinkläranlagen mit biologischer Stufe, wenn geeigneter Vorfluter vorhanden; IV = Einzelfallbeurteilung durch das Wasserwirtschaftsamt). In Bayern existiert ein vereinfachtes Verfahren, indem an die fachkundige Behörde ein privater zugelassener Sachverständiger tritt (§ 17a Bayer. Wassergesetz)
<b>Brandenburg</b>	Hinweise über den Einsatz von Pflanzenbeeten für die biologische Reinigung häuslichen Abwassers in kommunalen Kläranlagen (9.2.93)
<b>Hessen</b>	Erlass zur Bauleitplanung: Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher Belange v. 23.Juni 1997, S.1803 ff., Staatsanzeiger; Breitflächige Versickerung von häuslichem Abwasser aus Kleinkläranlagen, 10.9.91
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b> (Umweltministerium)	Verwaltungsvorschrift über die Zulassung und das Verfahren bei der Zulassung von Pflanzenkläranlagen (26.9.94)
<b>Niedersachsen</b> (Umweltministerium)	Hinweise zum Einsatz von Pflanzenbeeten für die biologische Reinigung häuslichen Abwassers in kommunalen Kläranlagen, 8.10.91
<b>Nordrhein-Westfalen</b> (Landesamt für Wasser und Abfall)	§ 58 des LWG NRW zur Genehmigung von Abwasseranlagen; Runderlass "Kleinkläranlagen als Dauerlösung für die Abwasserbeseitigung für Grundstücke außerhalb im Zusammenhang bebauter Ortsteile" (mit Ergänzung v. 6.12.94); Runderlass zu Kleinkläranlagen - DIN 4261, 1-4, v. 25.11.91;LWA Merkblatt Nr.2 zu Pflanzenkläranlagen und Abwasserteichen für Anschlusswerte bis 50 EW (1989 in Überarbeitung); LUA Merkblatt Nr.3 zur Abwasserbeseitigung im Außenbereich
<b>Rheinland-Pfalz</b> (Ministerium für Umwelt)	Abwasserbeseitigung in Rheinland-Pfalz (8.12.93)
<b>Sachsen</b> (Landesamt f. Umwelt u.Geologie)	Stufenweiser Ausbau der Abwasserbehandlung, Anhang 3, Hinweise zur Genehmigung von Pflanzenkläranlagen /Wurzelraumanlagen (1.3.93)
<b>Sachsen-Anhalt</b> (Ministerium für Umwelt und Naturschutz)	keine einheitlichen Regelungen, DIN 4261 und Genehmigung nach Einzelfallbetrachtung; RdErl. des MU zur Behandlung von häuslichem Abwasser in Pflanzenbeeten vom 22.1.1996
<b>Schleswig-Holstein</b> (Ministerium für Umwelt und Landesplanung)	§§ 31,34 LWG; Einführungserlass zur DIN 4261,2; Zulassung von Pflanzenbeeten zur Nachrüstung von Kleinkläranlagen im Sinne der Förderungsrichtlinien, 10.2.90, Hinweise für die Zulassung von Pflanzenbeeten zur Nachrüstung von Kleinkläranlagen im Sinne der Förderungsrichtlinien (5.7.90)
<b>Thüringen</b> (Minist.f. Umwelt u. Landespl.)	Hinweise zum Einsatz von Pflanzenkläranlagen für die biologische Reinigung von häuslichem Abwasser (15.3.94)
<b>Saarland</b>	
<b>Hamburg, Bremen</b>	bisher keine Verwaltungsvorschriften

für die Aufnahme von Fäkalschlamm aus Kleinkläranlagen ausreichende Mindestkapazität aufweisen. Die Kosten für die Fäkalschlammbehandlung können regional stark variieren, durchschnittlich liegen sie bei 50,- DM / m<sup>3</sup> incl. Transport. Die Landeswassergesetze sehen die Möglichkeit vor, landwirtschaftlichen Betrieben die eigene Fäkalschlamm Entsorgung zu übertragen. Bei der Ausbringung sind die Vorschriften der Klärschlammverordnung zu beachten (Ausbringung ausschließlich auf unbestellten, selbstbewirtschafteten Äckern unter sofortiger Einarbeitung). Durch die Auflagen (u.a. vorgeschriebene Analysen) der Klärschlammverordnung ist der Anreiz zur Ausbringung stark reduziert.

Wer Abwasser einleitet, muss in der Regel eine Abwasserabgabe bezahlen. Die diese Zahlspflicht beruht auf den Vorschriften des **Abwasserabgabengesetzes**, das seit seiner erstmaligen Verabschiedung im Jahre 1976 inzwischen viermal novelliert wurde. Die Abwasserabgabe betrifft nicht nur industrielle und kommunale Kläranlagen. Auch „Kleineinleiter“ sind zunächst einmal von der Abwasserabgabe betroffen. Dies betrifft nach § 8 des Abwasserabgabengesetzes Hauskläranlagen, die nur über eine mechanische Stufe verfügen.

### **§ 8 Pauschalierung bei Kleineinleitungen von Schmutzwasser aus Haushaltungen und ähnlichem Schmutzwasser**

(1) *Die Zahl der Schadeinheiten von Schmutzwasser aus Haushaltungen und ähnlichem Schmutzwasser, für das eine Körperschaft des öffentlichen Rechts nach § 9 Abs. 2 Satz 2 abgabepflichtig ist, beträgt die Hälfte der Zahl der nicht an die Kanalisation angeschlossenen Einwohner, soweit die Länder nichts anderes bestimmen. Ist die Zahl der Einwohner nicht oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwand zu ermitteln, kann sie geschätzt werden.*

(2) *Die Länder können bestimmen, unter welchen Voraussetzungen die Einleitung abgabefrei bleibt. Die Einleitung ist abgabefrei, wenn der Bau der Abwasserbehandlungsanlage mindestens den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht und die ordnungsgemäße Schlammabgabe sichergestellt ist.*

Bei Klein- und Kleinstkläranlagen, die mechanisch-biologisch arbeiten, entfällt also nach Abs. 2 die Abwasserabgabe - sofern die zweistufigen Anlagen die „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ erfüllen. Bei Hauskläranlagen, die diesen Anforderungen nicht entsprechen, können die Länder bestimmen, dass nicht der Einleiter selbst, sondern die Kommune für die Zahlung der Abwasserabgabe zuständig ist. Die Kommune wird allerdings in der Regel die Abwasserabgabe wiederum auf die Kleineinleiter überwälzen. Die entsprechenden Regelungen finden sich in § 9 (2) des Abwasserabgabengesetzes:

§ 9 Abgabepflicht, Abgabesatz

(1) Abgabepflichtig ist, wer Abwasser einleitet (Einleiter).

(2) Die Länder können bestimmen, dass an Stelle der Einleiter Körperschaften des öffentlichen Rechts abgabepflichtig sind. An Stelle von Einleitern, die weniger als acht Kubikmeter je Tag Schmutzwasser aus Haushaltungen und ähnliches Schmutzwasser einleiten, sind von den Ländern zu bestimmende Körperschaften des öffentlichen Rechts abgabepflichtig. Die Länder regeln die Abwälzbarkeit der Abgabe.

Gesetzessammlung zu Klärschlamm!

ATV (1999) Gesetze zur Verwertung von Sekundärrohstoffdüngern - Klärschlamm und Kompost 9/99 2. Aufl.

Abwasserabgabengesetz

Abwasserabgabe: Abgabe nach dem Abwasserabgaben-Gesetz von 1976 (AbwAG, 4. Novellierung: 1994); die Abwasserabgabe beträgt gegenwärtig 60 DM pro Schadeinheit, mit zahlreichen Verrechnungsmöglichkeiten. Ausgenommen sind landwirtschaftliche Einleitungen. Die Abwasserabgabe gilt nur für „Direkteinleiter“ (also auch kommunale Kläranlagen); die Einführung für Indirekteinleiter wird erwogen (BMU, Umwelt 12/94, GAWEL & EWRING-MANN 1994)

Wer muss Abwasserabgabe bezahlen?

## Gefährliche Stoffe

Beim derzeitigen Abgabesatz sind für Mehrkammer-Absetz und -Ausfaulgruben pro angeschlossenem Einwohner 0,5 Schadeinheiten - entsprechend 35 DM pro Jahr - von der Gemeinde bzw. dem Abwasserverband an das jeweilige Landesfinanzministerium zu zahlen.

Insgesamt ist das Abwasserabgabengesetz so kompliziert, dass hier nur kurz die Aspekte vorgestellt werden konnten, die für die dezentrale Abwasserbeseitigung von Interesse sind. Kompliziert wird das Abwasserabgabenrecht u.a. dadurch, dass die Länderabwasserabgabengesetze sehr unterschiedliche Regelungen enthalten und dass es zu den jeweiligen Länderabwasserabgabengesetzen wiederum länderspezifische Ausführungsbestimmungen gibt, die nicht selten mehr als dreißig Seiten Umfang haben.

Gefährliche Stoffe sind solche, die „giftig, langlebig, krebserzeugend, fruchtschädigend oder erbgutverändernd“ sind oder sein können. Die bisher vertretene Begriffsauslegung von Bundes- und Länderverwaltungen besagt, dass zur Eigenschaft „langlebig“ bei einem in Frage stehenden Stoff noch mindestens eine weitere der genannten Schadwirkungen kommen muss, um ihn als „gefährlich“ im Sinne des WHG zu bezeichnen.

In bestimmtem Umgang ist dies auch vernünftig: Ein Kieselstein ist „langlebig“, aber „gefährlich“ nur dann, wenn man ihn an den Kopf geworfen bekommt. Besseres Beispiel: Es wäre unvernünftig, die als Waschmittel-Phosphat-Ersatzstoffe eingesetzten Polycarboxylate nur deshalb aus dem Verkehr zu ziehen, weil sie schwer abbaubar und damit langlebig sind.

Im Sinne einer Vorsorge ist diese Definition jedoch sehr fragwürdig, da sich langlebige Stoffe erst später als „giftig, krebserzeugend, fruchtschädigend oder erbgutverändernd“ erweisen könnten.

Zu den „gefährlichen Stoffen“ gehört bisher nur eine relativ kleine Auswahl von Stoffen, nach § 7a WHG und Folgeverordnung (Anhang 48), z.B.: Aldrin, Dieldrin, Endrin, Isodrin; Asbest (Krokydolith, Aktinolith, Anthophyllit, Chrysotil, Amosit, Tremolit); Cadmium; Chlor; DDT; 1,2 Dichlorethan; Hexachlorbenzol, Hexachlorbutadien; Hexachlorcyclohexan; Pentachlorphenol; Quecksilber; Tetrachlorethen; Tetrachlormethan; Trichlorbenzol; Trichlorethen; Trichlormethan (Chloroform). Von den „gefährlichen Stoffen“ unterscheiden sich wiederum die „wassergefährdenden Stoffe“. Dies sind nach § 19 g des WHG solche Stoffe, die bei der Herstellung, Lagerung und beim Transport ein Gefährdungspotential für das Grundwasser besitzen. Im „Katalog wassergefährdender Stoffe“ sind mittlerweile über 1000 Substanzen in vier Wassergefährdungsklassen aufgeführt.

Eine Erlaubnis für das Ableiten von Abwasser darf nur dann erteilt werden, wenn „gefährliche Stoffe“ nach dem Stand der Technik und allgemeines Abwasser nach den Regeln der Technik behandelt worden sind. Dies gilt unabhängig vom Zustand oder der Belastbarkeit eines Gewässers.

Wie bereits erwähnt, können bei sensiblen - z.B. abflussarmen - Vorflutern im individuellen wasserrechtlichen Vollzug schärfere Auflagen als die Mindestanforderungen in den Erlaubnisbescheid aufgenommen werden:

- (1) *Die Erlaubnis und die Bewilligung stehen unter dem Vorbehalt, dass nachträglich*
1. *zusätzliche Anforderungen an die Beschaffenheit einzubringender oder einzuleitender Stoffe gestellt,*
  - 1a. *Maßnahmen der in § 4 Abs. 2 Nr. 2, 2a und 3 sowie in § 21a Abs. 2 genannten Arten angeordnet,*
  2. *Maßnahmen für die Beobachtung der Wasserbenutzung und ihrer Folgen angeordnet,*
  3. *Maßnahmen für eine mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt gebotene sparsame Verwendung des Wassers angeordnet werden können. Eine zusätzliche Anforderung nach Nummer 1 darf nicht gestellt werden, wenn der mit der Erfüllung der Anforderung verbundene Aufwand außer Verhältnis zu dem mit der Anforderung angestrebten Erfolg steht; dabei sind insbesondere Art, Menge und Gefährlichkeit der einzubringenden oder einzuleitenden Stoffe sowie Nutzungsdauer und technische Besonderheiten der Anlage zu berücksichtigen. Die Anforderungen nach § 7a dürfen nicht unterschritten werden. Wird das Wasser auf Grund einer Bewilligung benutzt, so müssen die Maßnahmen nach den Nummern 2 und 3 wirtschaftlich gerechtfertigt und mit der Benutzung vereinbar sein.*
- (2) *Für alte Rechte und alte Befugnisse (§ 15) gilt Absatz 1 entsprechend, soweit nicht § 15 weitergehende Einschränkungen zuläßt.*”

Die Abwasserherkunftsverordnung entfällt mit der 6. WHG-Novelle, da sie durch den nicht mehr vorhandenen Unterschied zwischen a.a.R.d.T. und dem St.d.T. nicht mehr benötigt wird.

Die Rahmen-AbwVwV wurde im Zuge der 6. WHG-Novelle durch die Abwasserverordnung ersetzt. Bis alle Anhänge auf die AbwV umgestellt sind, gelten die Anhänge zur alten Rahmen-AbwVwV allerdings fort - ebenso wie die 11. uralten Abwasser-Verwaltungsvorschriften, zu denen übrigens auch die 38. Abwasserverwaltungsvorschrift für die Textilbranche gilt. Einen Anhang 38 gibt es noch nicht!

In der 6. WHG-Novelle wurde in **§ 33 (2), Zi. 3 WHG** auch festgelegt, dass die Länder die Niederschlagswasserversickerung von der Erlaubnispflicht befreien können:

- (1) *Eine Erlaubnis oder eine Bewilligung ist nicht erforderlich für das Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten oder Ableiten von Grundwasser*
1. *für den Haushalt, für den landwirtschaftlichen Hofbetrieb, für das Tränken von Vieh außerhalb des Hofbetriebs oder in geringen Mengen zu einem vorübergehenden Zweck,*
  2. *zum Zweck der gewöhnlichen Bodenentwässerung landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzter Grundstücke.*
- (2) *Die Länder können allgemein oder für einzelne Gebiete bestimmen, dass*
1. *in den in Absatz 1 aufgeführten Fällen eine Erlaubnis oder eine Bewilligung erforderlich ist,*
  2. *für das Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten oder Ableiten von Grundwasser in geringen Mengen für gewerbliche Betriebe sowie für die Landwirtschaft, die Forstwirtschaft oder den Gartenbau über die in Absatz 1 bezeichneten Zwecke hinaus eine Erlaubnis oder eine Bewilligung nicht erforderlich ist,*
  3. *für das Einleiten von Niederschlagswasser in das Grundwasser zum Zweck seiner schadlosen Versickerung eine Erlaubnis nicht erforderlich ist.*

Rahmen-Abwasserverwaltungs-  
vorschrift (Rahmen-AbwVwV) er-  
setzt durch Abwasserverordnung



Tab. 30:

Auswahl einiger Urteile zu Abwasser, Kleinkläranlagen, Gebühren etc.

<p>Zu große Anlagen brauchen vom Bürger nicht bezahlt zu werden</p>	<p>Bürger können nicht verpflichtet werden, Gebühren für überdimensionierte Abfall- und Abwasseranlagen zu bezahlen. Bei der Planung von Entsorgungsanlagen muss das Gebot der wirtschaftlichen und sparsamen Haushaltsführung und das Prinzip Gebühren nur für Gegenwerte berücksichtigt werden. Nur betriebsbedingte Kosten sind ansatzfähig, ständige Nichtauslastung und Überdimensionierung sind herauszurechnen. In der Gemeinde wurden bei der Dimensionierung der Kläranlage von einem Abwasseranfall von 297 l pro Einwohner und Tag ausgegangen (Oberverwaltungsgericht Schleswig-Holstein, Urteil vom 30.1.1995 AZ 2 L 129/94).</p>
<p>Ohne öffentliche Ausschreibung keine Gebühren</p>	<p>Gemeinden und Landkreise sind verpflichtet, bei Projekten, die durch Gebühren finanziert werden sollen, eine öffentliche Ausschreibung vorzunehmen. Gebührenbescheide und Satzungen, die unter Missachtung der Ausschreibungspflicht erstellt wurden, sind unwirksam (Oberverwaltungsgericht von Rheinland-Pfalz, Urteil vom 1.12.1994, AZ 12 A 11692/92)</p>
<p>Unwirksame Gebührenbescheide</p>	<p>Gebührenbescheide sind unwirksam, wenn z.B.:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. der Abwasserzweckverband zum Zeitpunkt des Gebührenbescheides nicht rechtswirksam war (z.B. Verwaltungsgericht Weimar, Beschluss vom 6.2.1998, AZ 3 E 2650/97.We)</li> <li>2. die Gebührensatzung nicht im Amtsblatt veröffentlicht wurde (Verwaltungsgericht Meiningen, Beschluss vom 24.9.1997, AZ 8 E 670/97.Me)</li> <li>3. die Gebührensatzung gegen das Kommunalabgabengesetz verstößt (Verwaltungsgericht Meiningen, Anordnung vom 9.10.1997)</li> </ol>
<p>Mitverschulden der Banken bei nicht wirksam gegründeten Zweckverbänden</p>	<p>In einigen Fällen mussten die Banken auf bis zu 70% ihrer Forderungen verzichten, da sie, so das Gericht, ein Mitverschulden tragen, da sie nicht gewissenhaft geprüft hätten, ob der vermeintlich gegründete Zweckverband wirksam gegründet worden ist (z.B. Oberlandesgericht Brandenburg vom 25.9.96, AZ 3 K 57/95)</p>
<p>Frischwassermenge nicht gleich Abwassermenge</p>	<p>Beim Nachweis, dass eine nennenswerte Menge des bezogenen Trinkwassers nicht als Abwasser anfällt, sondern z.B. zum Gießen verwendet wird, kann eine Minderung seiner Abwassergebühren verlangen (Verwaltungsgericht Weimar, Beschluss vom 6.2.1998, AZ 3 E 2650/97.We)</p>
<p>Abwasser bleibt solange Eigentum des Grundstückseigentümers, wie es das Grundstück nicht verlässt.</p>	<p>Anders als im Abfallrecht gibt es im Abwasserrecht keine Überlassungspflicht des Abwassers auf dem eigenen Grundstück. Die Abwasserbeseitigungspflicht der Gemeinde greift erst dann, sobald das Abwasser das Grundstück verlässt (Oberverwaltungsgericht des Landes Sachsen-Anhalt, Beschluss vom 10.3.1997, AZ B 2 S 67/96)</p>
<p>Wegweisendes Urteil gegen den Anschluss- und Benutzungszwang (Hauseigentümer, der seine Abwässer in einer Pflanzenkläranlage reinigt wurde vom Anschlusszwang befreit)</p>	<p>Wenn die private Anlage sicherstelle, dass das Grundstück "praktisch abwasserfrei" sei und "keine Einleitung in das Grundwasser bzw. keine Berührung mit dem Grundwasser" vorliege, dürfe das Abwasser privat gereinigt werden. Allerdings müsse die Qualität der Anlage überprüft werden. (Beschluss des Oberverwaltungsgericht Rheinland-Pfalz, 12.11.99, Koblenz (Az.: 7 B 11888/99; aus HAZ 27.12.99)</p>



Nach dem Abwasserabgabengesetz gilt auch Niederschlagswasser als Abwasser, sobald es aus dem Bereich von bebauten und befestigten Flächen abfließt. Dieses muss dann ordnungsgemäß abgeführt werden. In den Landeswassergesetzen ist festgelegt, dass für die Entsorgung der Abwässer in der Regel die Kommune zuständig und damit verantwortlich ist.

Die Wasserpolitik der Europäischen Gemeinschaft hat wie viele der übrigen Bereiche der Umweltpolitik ihren Ursprung in den 70er Jahren genommen und man kann von zwei „Vorschriftenwellen“ sprechen.

Die erste Welle umfasste eine Reihe von Vorschriften über Qualitätsziele, einschließlich der Richtlinie über Oberflächenwasser (75/440/EWG), der Richtlinie über Badegewässer (76/160/EWG), der Richtlinie über Fischgewässer (78/659/EWG), der Richtlinie über Muschelgewässer (79/923/EWG) und der Trinkwasserrichtlinie (80/778/EWG). Die wesentlichen Elemente der Emissionskontrolle waren in der Richtlinie über gefährliche Stoffe (76/464/EWG) und der Grundwasserrichtlinie (80/68/EWG) enthalten. „Tochtrichtlinien“ der Richtlinie über gefährliche Stoffe wurden während der gesamten frühen 80er Jahre verabschiedet.

Im Jahr 1988 wurden auf dem Frankfurter Ministerseminar über die Wasserpolitik die bestehenden Rechtsvorschriften überprüft. Dabei wurden einige Verbesserungsmöglichkeiten und Lücken erkannt, die es zu schließen galt. Dies führte zur zweiten Welle von Wasserschutzvorschriften, zu der u.a. die Nitratrichtlinie und die Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG) zählen. Letztere legt fest, bis zu welchem Zeitpunkt Gemeinden welcher Größe mit einer Kanalisation und Reinigungsstufe ausgestattet sein müssen (vgl. Tab. 31).

Sie unterscheidet dabei „empfindliche“ von weniger empfindlichen Gebieten. Der überwiegende Teil von Deutschland fällt hierbei unter „empfindliche Gebiete“.

Der §3 der EU-Richtlinie lässt jedoch explizit Ausnahmen zu:

*„Ist die Einrichtung einer Kanalisation nicht gerechtfertigt, weil sie entweder keinen Nutzen für die Umwelt mit sich bringen würde oder mit übermäßigen Kosten verbunden wäre, so sind individuelle Systeme oder andere geeignete Maßnahmen erforderlich, die das gleiche Umweltschutzniveau gewährleisten.“*

Gemeinde	Kanalisation	Biologische Reinigung	Weitergehende Reinigung
Für normale Gebiete			
>15.000 EW	31.12.2000	31.12.2000	
2.000-10.000 EW	31.12.2000	31.12.2005	
10.000-15.000 EW	31.12.2005	31.12.2005	
Für empfindliche Gebiete			
> 10.000 EW		31.12.1998	31.12.1998

**Die Wasserpolitik der Europäischen Gemeinschaft, Internationale Vereinbarungen, EU-Richtlinien**

Literaturtipp!

ROGGENBUCK, SUSANNE (1997): Wasserverschmutzungen und Internationales Privatrecht - Zur privatrechtlichen Abwehr von Verschmutzungen internationaler Gewässer in der EG und in den USA (Europäische Hochschulschriften, 02077), Peter Lang Verlag, Frankfurt 1/1997: 308 S.

Tab. 31:

Fristen bis zu denen Kläranlagen bestimmte Standards in der EU erreicht haben müssen (EU-Richtlinie 91/271/EWG)

Als „*individuelle Systeme oder andere geeignete Maßnahmen*“ kommen letztlich auch alle dezentralen Maßnahmen der Abwasserbehandlung in Frage. Ob diese das vergleichbare Umweltschutzniveau erreichen, ist dabei der Einzelfallprüfung vorbehalten. Gestaltungsspielraum liegt auch in der Größe der „technischen Gemeinde“, also der an eine zentrale Lösung angeschlossenen EW. Je größer die technische Gemeinde, desto strenger die Anforderungen und Zeitvorgaben, desto höher auch der Aufwand und die Kosten.

Im Jahr 1994 legte die Kommission als weitere Folge des Frankfurter Seminars einen Vorschlag für eine Richtlinie über die ökologische Qualität von Gewässern vor.

Im Jahr 1991 wurde die Wasserpolitik der Gemeinschaft durch das Haager Ministerseminar und die nachfolgende Entschließung des Rates von 1992 erneut vorangebracht. Hier wurde die Forderung erhoben, ein gemeinschaftliches Aktionsprogramm zur Integration des Schutzes und der Bewirtschaftung des Grundwassers in eine Gesamtpolitik für den Wasserschutz auszuarbeiten. Ferner forderte der Rat eine Überarbeitung der Grundwasserrichtlinie (80/68/EWG). Der Vorschlag der Kommission über ein Grundwasseraktionsprogramm wurde 1996 verabschiedet.

Außerdem hat die Kommission im Jahr 1994 Vorschläge für die Überarbeitung der Richtlinie über Badegewässer und im Jahr 1995 für die Überarbeitung der Trinkwasserrichtlinie vorgelegt, um diese auf den neuesten Stand zu bringen. Mit dem Vorschlag für eine Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung wurde eine neue Vorschrift für die Emissionskontrolle vorgelegt, die vom Rat 1996 verabschiedet wurde (96/61/EG). Diese zweite Vorschriftenwelle hat die Aufmerksamkeit auf die Wasserpolitik der Europäischen Gemeinschaft gelenkt, insbesondere weil die fünf neuen Vorschläge in die Zeit der Umsetzung der Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser und der Nitratrichtlinie und der damit verbundenen Kosten fielen.

Der Abstimmungsbedarf zwischen den Richtlinien und die Forderung nach Vereinfachung und Übersichtlichkeit der Richtlinien wird immer größer. Dieser Aufgabe soll u.a. die geplante Wasserrahmenrichtlinie gerecht werden.

Neben den nationalen Gesetzen und Verordnungen und den EU-Richtlinien ist Deutschland an einige internationale Übereinkommen gebunden, in denen weitere Zielvorgaben festgelegt sind (z.B. Vereinbarungen der Internationalen Kommissionen zum Schutze des Rhein (IKSR), der Elbe (IKSE) und der Oder (IKSO) oder der Internationalen Nordseeschutz-Konferenz (INK). In diesem Zusammenhang sei vor allem das Paris-Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordatlantiks (OSPAR) von 1992 genannt, in dem die Handlungsgrundsätze „Vorsorgeprinzip“, „Verursacherprinzip“, „beste Umweltpraxis“ und „Stand der Technik“ international rechtsverbindlich festgeschrieben worden sind. Die unterzeichnenden Staaten (Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Irland, Island, Niederlande, Norwegen, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und EWG) sind die

Verpflichtung eingegangen, den Eintrag toxischer, persistenter und bioakkumulierender Stoffe bis zum Jahr 2000 auf ein unschädliches Maß zu verringern. Ebenso sollen die Nährstoffeinträge um 50 % vermindert werden. Die internationalen Übereinkommen enthalten zahlreiche Empfehlungen, die große Anstrengungen erwarten lassen.

Während z.B. die Reduktionsziele beim Nährstoffeintrag aus punktuellen Quellen, also vor allem den kommunalen Kläranlagen mit den derzeit sich abzeichnenden Maßnahmen erreichbar scheinen, gilt dies nicht für den Eintrag aus „diffusen Quellen“ (insbesondere für den Stickstoff aus der Landwirtschaft). Die Abkommen berücksichtigen weder die Schwierigkeiten (Technikfolgen), die damit in den Regionen selbst auftreten, noch das Verursacherprinzip. Die Empfehlungen hätten sonst differenzierter formuliert sein müssen (z.B. bezogen auf die Überschussmengen an Stickstoff in der Landwirtschaft, vgl. Kap. 2.5.1).

### 3.1 Was kostet Abwasser wirklich ?

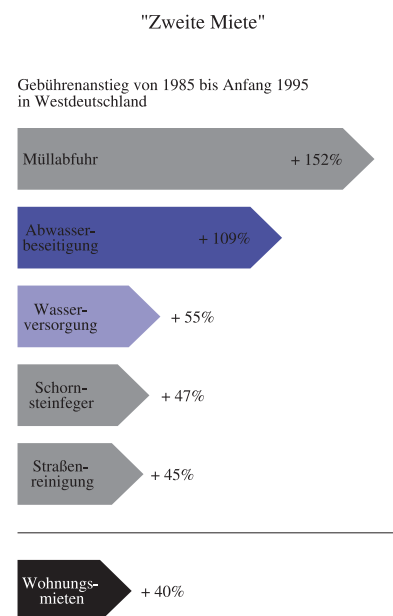
Über finanzielle Fragen und Konzepte könnte man ein eigenes Buch schreiben. Wenn im konkreten Fall einer Planung Varianten verglichen werden, muss nicht die billigste die schlechteste sein - sie kann es aber sein. Wichtig ist dann eine korrekte Kostenrechnung in Bezug auf die Investitionen und besonders auch auf die Betriebskosten. Zu den Kosten gehören selbstverständlich auch die Rückstellungen für die Wiederbeschaffung nach der Abschreibung. Hier kann ein weit ausgedehntes Kanalnetz für relativ wenige Einwohner dann sehr schlecht aussehen. Bei kleinen ländlichen Gemeinden kann schon eine 3 km lange Überleitung teurer sein als eine eigene kleine Kläranlage.

Bei der Abwasserbehandlung standen deswegen nie allein die technische Machbarkeit, der Gewässerschutz oder die Verbesserung des hygienischen Standards im Vordergrund, sondern immer auch die Investitions- und Betriebskosten.

Die Abwassergebühren sind dabei in den letzten Jahren, ähnlich den Gebühren für die Müllabfuhr, unverhältnismäßig stark gestiegen - stärker als die anderen Wohnnebenkosten („Zweite Miete“), wie Wasserversorgung, Schornsteinfeger oder Straßenreinigung. Nach einer Umfrage der ATV aus dem Jahre 1994 betragen die Abwassergebühren für die Alten Bundesländer 3,60 DM pro m<sup>3</sup> mit steigender Tendenz (KORRESPONDENZ ABWASSER 1/95). Bei einer Schwankungsbreite zwischen unter 1,- DM/m<sup>3</sup> und über 10,- DM/m<sup>3</sup> Abwasser mussten 1994 bereits 5 % der Bürger mehr als 6,- DM/m<sup>3</sup> Abwasser zahlen. Dies obwohl die Abwassergebühren nicht kostendeckend sind und z.B. im Jahre 1992 gut 50 % der Kosten der Abwassersanierung aus Steuermitteln subventioniert wurden (vgl. Tab. 33). Die erheblichen volkswirtschaftlichen Kosten der Restverschmutzung (MAKIES 1988) sind hierbei ebenfalls nicht berücksichtigt.

**Abb.32:**

„Zweite Miete“ - Anstieg der Wohnnebenkosten von 1985-1995 in den alten Bundesländern in % (Quelle: STAT. BUNDESAMT)



**Tab. 32:**

Kosten [in Mio. DM] der Abwassersanierung in der BRD 1992 (in Klammern: Bausummen 1991) (GEILER 1995 in: ÖKO-INSTITUT 1995, S.II-113)

	Alte Bundesländer	Neue Bundesländer
	<b>Ländliche Gemeinden</b>	
Kanalisation	1503 (1416)	1093 (652)
Kläranlagen	809 (998)	545 (198)
	<b>Städte</b>	
Kanalisation	1395 (1230)	823 (457)
Kläranlagen	1433 (1366)	678 (407)

Nach der Umfrage der ATV machen bei der Berechnung der Abwassergebühr den Löwenanteil die sogenannten kalkulatorischen Kosten wie Abschreibung und Verzinsung aus. Dabei ist entscheidend, ob die Berechnung nach den Herstellungs- bzw. Anschaffungskosten oder nach den Wiederbeschaffungskosten berechnet werden. Kommunen, die die Abwassergebühren nach dem Wiederbeschaffungswert bemessen, erheben im Durchschnitt eine um 1,- DM höhere Gebühr.

**Tab. 33:**

Durchschnittliche Kostenansätze bei einer Kommune zwischen 50 000 und 100 000 Einwohner und der Berechnung von Abschreibung und Verzinsung auf Grundlage des Wiederbeschaffungswertes (ATV 1994).

<b>Betriebskosten</b>	[DM/Einwohner*Jahr]	120,-
<b>Abwasserabgabe</b>	[DM/Einwohner*Jahr]	10,-
<b>Abschreibung</b>	3,5 %	140,-
<b>Zins</b>	6 %	72,-
<b>Summe Kosten</b>	[DM/Einwohner*Jahr]	342,-
<b>abzüglich öffentl. Kostenanteil</b>	15 %	290,70
<b>Gebühr</b>	[DM/m <sup>3</sup> ]	<b>5,81</b>

Kommunen und Städten zu zahlende Abwasserabgabe hat mit ca. 5% Anteil kaum Einfluss auf die Abwassergebühr.

Wie sich die Privatisierung der kommunalen Entwässerung auf Gebühren auswirken kann, zeigt insbesondere das Beispiel in Darmstadt, wo die Gebühren nach Privatisierung auf zunächst auf 9,30 DM stiegen. Über Nutzen und Gefahren der Privatisierung wird seit einigen Jahren viel und kontrovers diskutiert (vgl. U.A.N. 1993, SPELTHAHN 1994).

Abwassergebühren von mehr als 13 DM und Anschlusskosten zwischen 5.000 und 50.000 DM im ländlichen Raum sind vor allem in den neuen Ländern leider keine Ausnahme mehr (ARNSBERG 1994).

**Tab.34:**

Kosten und Finanzierung der Abwassersanierung in der BRD 1992 (GEILER in: ÖKO-INSTITUT 1995, Anhang II, S. 114)

Finanzierung	Kanalisationen				Kläranlagen			
	Land		Stadt		Land		Stadt	
	[Mio. DM]	%	[Mio. DM]	%	[Mio. DM]	%	[Mio. DM]	%
<b>Eigenmittel der Bauträger</b>	1117,1	43	1225,7	55	600,5	44	1281,4	61
<b>Zuschüsse</b>	1103,4	43	824,3	37	569,5	42	740	35
<b>Zinsgünstige Darlehen</b>	375,4	14	167,8	7,6	183,3	14	89,7	4,2
<b>Ausführungskosten</b>	2595,9	100	2217,8	100	1353,3	100	2111,1	100

Trotz z.T. gut entlohnter Geschäftsführer kommt es in vielen Abwasserzweckverbänden zu Mängeln in der Koordination, in der Förderpolitik und in der Korrelation der Gewinne mit der Anlagengröße und damit zu hohen Gebühren. Ein besonderer Fall liegt vor, wenn ein bereits bestehendes Kanalnetz mit eigener Kläranlage in direkter Nähe zu neu anzuschließenden Einleitern existiert. Hier steht dann der kostengünstige Anschluss an die benachbarte zentrale Kläranlage gegen eine „eigene“, fortschrittliche, dezentrale Lösung. Selbst wenn diese, z.B. als Pflanzenkläranlage geplant, im Ruf steht, ökologischer zu sein - sie ist in diesem Fall, als Neubau, eben doch oft teurer als der Anschluss an das existierende System (vgl. z.B. Tagungsbericht des FÖRDERKREISES FÜR UNIVERSELLE UMWELTBILDUNG UND UMWELTFORSCHUNG BERLIN-BRANDENBURG E.V. 1995).

### **Darmstadts Abwassergebühren sind Spitze !**

Die Sanierung der Abwasserbehandlung wurde in Darmstadt 1988 auf ca. 150 Millionen geschätzt. Mit dem Beschluss des Magistrats, den Abwasserbetrieb an die Südhessische Gas und Wasser AG zu verkaufen, schlug die Stadt zwei Fliegen mit einer Klappe. Sie war die Sanierungskosten der maroden Kläranlage los und bescherte dem städtischen Haushalt 27,3 Millionen Mehrheitsanteile. Diese Privatisierung, orakelte man damals schon, sollte die Bürger teuer zu stehen kommen. Ende 1994, so entschied der Magistrat, sollte sie mit der Erhöhung auf 9,30 DM pro Kubikmeter Abwasser die vorläufige Spitze erreichen. Seit 1989 war sie somit von 2,20 DM um - man höre und staune - 7,10 DM pro Kubikmeter gestiegen. Das war denn doch für die gehorsamen Bürger zuviel des Guten. Sie schlossen sich 1995 zur „Interessengemeinschaft für reelle Abwassergebühren“ zusammen und erhoben Widerspruch beim Magistrat. Im April 1996, so die Initiative, lagen Widersprüche von 13 - 14000 Wohnungen vor. Ein erster Erfolg war die Senkung der Gebühren auf 8,20 DM. Bei ca. 6,- DM hätte man dagegen die Gebühr halten können - so die Interessengemeinschaft - wenn die Abwasserbeseitigung in städtischer Regie geblieben wäre (zusammengestellt aus der lokalen Presse).

Besonders absurd sind schließlich Fälle, in denen im ländlichen Raum das Wohnhaus eines Hofes zu horrenden Preisen angeschlossen wird, gleichzeitig im Stall nebenan aber 100 Kühe stehen, die Fäkalien in der Größenordnung von 2.000 bis 3.000 Menschen produzieren. Solche Praktiken bedrohen nicht nur die Existenz dieser Höfe, sondern sind auch ökologisch nicht zu vertreten, da schon die Herstellung der langen Leitungen mehr schadet als die Abwasserreinigung nutzt.

Es ist zwar kein Wunder, dass sich bei solchen Praktiken die Meinung verbreiten kann, dass die Abwasserreinigung viel zu teuer wird und in Zukunft nicht mehr zu zahlen ist. Und gerade dort ist oft von leeren Haushaltskassen die Rede, wo die Abwasserreinigung komplett über den Abwasserpreis refinanziert wird. Es ist aber überhaupt nicht einzusehen, dass diese forcierte Spardiskussion eine verantwortungsbewusste Umweltpolitik verdrängt. Auch wenn die konventionellen Verfahren in Bezug auf ihre Tauglichkeit für zukünftiges Wirtschaften dringend überdacht werden müssen, darf an einem guten Standard im Gewässerschutz nicht gerüttelt werden. In verdichteten städtischen Gebieten



ist die Abwasserreinigung vergleichsweise preiswert, auch wenn die Preise weiter steigen werden.

Wer in der Kneipe oder im Restaurant ein Glas Wasser bestellt, bezahlt 1.000,- bis 3.000,- DM pro m<sup>3</sup> - soviel kann Wasser uns wert sein (zum Thema auch PFLÜGNER 1988, KAISER 1990). Dabei ist dessen Qualität oft nicht besser als „Leitungswasser“. Was ist uns also der Service wert, den das Wasser bietet? Man stelle sich vor, die eigene Wasserleitung wird abgeklemmt. (In England kommt das vor - die privatisierte Wasserindustrie stellt Zahlungsunfähigen das Wasser ab). Die Toilette ist unbenutzbar, falls Sie nicht einen Komposter besitzen. Der Weg zum Häuschen draußen ist nicht sehr weit, aber mit Wartezeiten verbunden. Der Erpresser an der Wasserleitung verhandelt jetzt über eine monatliche Summe zur Wiederherstellung der Wasserversorgung und hätte wohl gute Chancen, einen sehr viel höheren Preis als bisher zu erzielen.

### Einsparpotentiale bei Abwasserkosten

Die höchsten Einsparpotentiale liegen im Kanalnetzbereich und bei der Vermeidung einer Nährstoffelimination in Kläranlagen (auf sie kann mit der getrennten Behandlung von Fäkalien oder Urin ganz verzichtet werden, vgl. Kap. 8). Wenn eine Versickerung oder anderweitige Speicherung/Ableitung des Regenwassers gelingt, kann mittels moderner Konzepte oft ganz auf ein zentrales Kanalnetz und die damit verbundenen Kosten verzichtet werden. Weitere Einsparmöglichkeiten ergeben sich beim Zusammenwirken von Fäkalienbehandlung und Düngung, da sowohl die Kosten für Handelsdünger als auch diejenigen, für die immer teurere Klärschlamm-„entsorgung“ eingespart werden können. Die Abwasserbehandlung wird trotz Vermeidungsstrategien und Teilstrombehandlung ihren Preis haben. Die Reinhaltung der Gewässer und der Erhalt der Ressourcen ist jedoch ein Vielfaches davon wert - die Zerstörung der Lebensgrundlagen kommt auf Dauer in jedem Fall teurer.

„Contracting“ ist die Möglichkeit, Anlagen (z.B. in einem Stadtteil die Installation einer kombinierten Vakuum-Entwässerung) durch einen Unternehmer finanzieren zu lassen, der seine Unkosten in diesem Fall aus Abwassergebühren der Bewohner und den für die Erstellung von Siedlungsentwässerungssystemen üblichen Subventionen deckt. Investitionen, die nicht in die Bürokratie einer Stadtverwaltung passen, sich jedoch mittelfristig privatwirtschaftlich lohnen, können so durch freie Partner ausgeführt werden. Erprobt wurde das „Contracting“ z.B. von den Stadtwerken Hannover.

#### Vorschläge zur Wirtschaftlichkeit

- Kostenvergleiche verschiedener Abwasserbehandlungsvarianten sollten unter Einbezug aller Kosten, d.h. auch der Refinanzierung und Folgekosten (Gewässerschutz, volkswirtschaftliche Kosten bei Restverschmutzung) vorgenommen werden.
- Für Einkommensschwache in abgelegeneren Ortschaften sind die Kosten der konventionellen Abwasserbehandlung bei realistischer Kostenrechnung inzwischen derartig hoch, dass sie zur Verschärfung sozialer Probleme beitragen können. Hier sind die i.d.R. preiswerteren, modernen „dezentralen Lösungen“ dringend zu erwägen.
- Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung sollten künftig zusammen geplant und verwaltet werden. So könnten durch „Least-Cost Planning“ erzielte Einsparungen in einen Bereich sinnvolle Maßnahmen im anderen Bereich mitfinanziert werden (FICHTNER 1994).
- „Contracting“ (siehe Randspalte) schafft neue Möglichkeiten bei der Finanzierung mittelfristig billigerer dezentraler Lösungen.
- Änderung der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI): Berechnung



des Honorars nicht mehr nach den „anrechenbaren Kosten“, die sich nach der Bausumme richten. Ggf. könnten „Erfolgshonorare“ einen Anreiz schaffen, zu möglichst kostengünstigen und ökologischen Lösungen zu kommen. Es könnte aber auch ähnlich den städtebaulichen Ideenwettbewerben ein Wettbewerb für die intelligenteste Lösung von den Kommunen bzw. Abwasserzweckverbänden ausgeschrieben werden.

- Zuschüsse sollten i.d.R. nur noch für zukunftsfähige Lösungen bei der Abwassermeidung und -verwertung gewährt werden (vgl. Kap. 8). Dies setzt ein Nachdenken in den handelnden Stadtverwaltungen oft überhaupt erst in Gang.

## 3.2 Zur Situation in den neuen Bundesländern

Nach der Wende schienen viele innerhalb kürzester Zeit und mit aller Macht den Ver- und Entsorgungsstandard der alten Länder auch in den neuen Bundesländern erreichen zu wollen.

Es gab in diesem Bereich zu DDR-Zeiten drei Institutionen, die sich um die Wasserversorgung und Abwasserbehandlung kümmerten. Diese wurden entsprechend des Treuhandgesetzes zum Juli 1990 in privatrechtliche Kapitalgesellschaften umgewandelt. Die Gesellschaftsanteile wurden von der Treuhandanstalt an die Eigentümervereine übertragen, diese sollten die Kapitalanteile treuhänderisch für die jeweiligen Städte und Gemeinden verwalten. Zahlreiche der betroffenen Städte und Gemeinden forderten jedoch die Übertragung der Betriebe und Anlagen der Wasserwirtschaft in ihre eigene Trägerschaft. Mit der Berufung auf das im Grundgesetz und der Landesverfassung Brandenburg verankerten Recht der „kommunalen Selbstverwaltung“ konnte diese Übertragung durchgesetzt werden. Die unterschiedlichen Interessenslagen der zu liquidierenden Kapitalgesellschaften, den inzwischen gegründeten Zweckverbänden, den Städten und Gemeinden sowie den politischen Entscheidungsträgern auf Kreis- und Landesebene führte zu zahlreichen Konflikten und Schwierigkeiten, die bis heute weitgehend ungelöst sind.

Inwieweit Unerfahrenheit der Entscheidungsträger, „übereifrige“ Geschäftspraktiken westlicher Firmen oder Bestechung zu überdimensionierten Kläranlagen und Kanalnetzen geführt haben, beschäftigt inzwischen die Gerichte.

Zum überstürzten Bau vieler Entwässerungseinrichtungen hat sicherlich auch jene Bestimmung im Einigungsvertrag beigetragen, die die Gemeinden dazu verpflichtet, ab dem 1.1.1993 Abwasserabgaben zu zahlen. So kam es dazu, dass in zahlreichen Fällen leichtfertig viele Millionen Mark Steuergelder ausgegeben wurden, ohne überhaupt den Versuch zu unternehmen, nach kostengünstigen und ökologischen Lösungen zu suchen.

Die verworrene und geradezu groteske Situation lässt sich nach Riedel wie folgt zusammenfassen:

Mehrere der 85 im Land Brandenburg gegründeten Zweckverbände sind aus formalrechtlichen Gründen nicht wirksam als öffentlich rechtliche Körperschaft gegründet und können demzufolge keine Gebühren erheben. Gebührenbescheide dieser Zweckverbände sind damit nichtig. Folglich stehen auch keine Gebühreneinnahmen zur Verfügung, aus denen die Kredite für den Bau abwassertechnischer Einrichtungen finanziert werden könnten. Letztlich ist

Literaturtipp!

CATTIEN, CHRISTOPH (1998): Das Problem der Abwassergebühren in den neuen Bundesländern.- Peter Lang Verlag, Frankfurt.

Literaturtipp!

RÜGEMER, WERNER (1995): Staatsgeheimnis Abwasser.- Zebulon, Düsseldorf, 249 S.

damit unklar und strittig, wer Schuldner für an nicht wirksam gebundene Zweckverbände ausgezahlte Kredite ist. In einem vom OLG Brandenburg entschiedenen Falle wurde festgestellt, dass die Mitgliedsgemeinden 30 % der Forderungen zu zahlen haben. Das Gericht hat der klagenden Bank ein überwiegendes Mitverschulden angerechnet, was unter Abwägung der Umstände des Einzelfalles mit 70 % der Kreditsumme berücksichtigt wurde. Das Mitverschulden begründet sich aus der nicht gewissenhaften Prüfung der wirksamen Gründung des Zweckverbandes (aus einem Beitrag des Rechtsanwaltes Dr. Martin Riedel von der Kanzlei Becker, Büttner, Held auf einer Tagung des unabhängigen Umweltinstituts GV am 22.10.1997 in Straußberg).

In der Regel sind weder den Bürgermeistern und Gemeindevertretern der Kommunen noch den Ingenieurbüros konkrete Fehler nachzuweisen. Oft haben sich die einen nur allzu genau auf die Aussagen der anderen verlassen und die meisten Beteiligten werden im Nachhinein behaupten können, dass sie nach bestem Wissen und Gewissen gehandelt haben.

Zu massiven Problemen kann es jedoch auch bei rechtlich einwandfreien Situationen kommen. So ging z.B. in Mecklenburg-Vorpommern auch ohne rechtliche Probleme eine GmbH in Konkurs, die die Abwasserentsorgung übernommen und eine Kläranlage gebaut hatte. Die fertiggestellte Kläranlage musste abgeschaltet werden und das Rohabwasser wurde ungeklärt in ein hochwertiges kleines Gewässer eingeleitet. Die Lösung der Abwasserprobleme ist durch die in Konkurs geratene GmbH blockiert. Es scheint kaum vorstellbar, dass solche Fälle in Deutschland 1998 noch vorkommen können.

Das Ausmaß der Abwasserkrise in den neuen Bundesländern wird erst allmählich klar.

## 4. Vom Wassersparen zur Abwasser- vermeidung

Der durchschnittliche Wasserverbrauch in Deutschland sinkt derzeit von Jahr zu Jahr, z.B. von 132 Litern 1995 auf 128 Liter 1996 pro Person und Tag. In der Regel stößt die Forderung nach dem Sparen von Trinkwasser auf breite Akzeptanz (vgl. Tab. 35). Trotzdem setzen sich Einrichtungen zum Wassersparen nur sehr langsam durch. Unter anderem liegt dies daran, dass viele nicht wissen, wie solche Wasserspartechniken funktionieren. Es herrscht große Skepsis, ob mit weniger Wasser der gewohnte Wasch- und Duschkomfort gewährleistet bleibt und vielfach wird der Montageaufwand für sehr hoch gehalten. Zudem wird die Notwendigkeit bestimmter Sparmaßnahmen unterschiedlich bewertet. Die Frage ist, weshalb Wasser überhaupt gespart werden soll?

Immer häufiger kommt es vor, dass Wasserversorgungsunternehmen wegen der zunehmenden Grundwasserbelastung durch Nitrat oder Pestizide Schwierigkeiten haben, vorhandene Grundwassergewinnungsanlagen zu erhalten oder gar neue zu erschließen. Zusätzlich ist der Neubau von Trinkwassertalsperren politisch kaum mehr durchsetzbar. Viele Wasserversorgungsunternehmen treten darum nach anfänglichem Zögern durch Werbung und Information für das Wassersparen ein. Einige Versorgungsunternehmen unterstützen eine Wasserverbrauchsreduzierung sehr aktiv, und auch die Industrie geht immer mehr zu einer rationellen Wasserverwendung über.

Literaturtipp! MÖNNINGHOFF (1993) [Hrsg.]: Wege zur ökologischen Wasserversorgung, Ökobuch-Verlag und KOENIGS 1995



**Abb. 33:** Wassersparpaket (Foto Fa. Hornig / Schmidkowski GmbH)

Wasserverbrauch pro Person und Tag in Deutschland (In Litern)		
	Normaler Haushalt <sup>1</sup>	Wasser-Spar-Hausalt <sup>2</sup>
Baden Duschen	46	30
Körperpflege	nn	9
Toilette	35	20
Wäsche	15	12
Geschirr	8	10
Hausreinigung, Garten, Auto	8	5
Kochen, Trinken	5	4
Kleingewerbe	11	nn
Summe	128	90

**Tab. 35:** Wasserverbrauch in Deutschland  
(<sup>1</sup> nach Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft, KA 12/97; <sup>2</sup> nach Hessischem Umweltministerium 11/94)

In manchen Regionen ist schon heute keine Maßnahme zum Wassersparen mehr zu aufwendig, um Feuchtgebiete vor dem 'Trockenfallen' zu bewahren oder noch weitgehend unbeeinflusste Grundwasservorkommen in großer Tiefe zu schützen (Beispiel Hessisches Ried: Dort sind die Grundwasserstände innerhalb von 10 - 15 Jahren um 7 - 8 m gefallen). In anderen Regionen dagegen, die Wasser in guter Qualität und ausreichender Menge fördern, ohne dabei Grundwasser, Fauna und Flora in nennenswerter Weise zu beeinträchtigen, scheinen aufwendige Wassersparmaßnahmen noch übertrieben. Wassersparmaßnahmen können jedoch neben der Trinkwasserersparnis auch ganz andere Ziele verfolgen. So lässt sich z.B. durch den Ersatz von kalkreichem Trinkwasser durch die Nutzung von Regenwasser Waschmittel sparen. Ein weiterer wichtiger Grund, Wasser zu sparen, ist die Entlastung der Kanalisation und der Kläranlagen. Mit der Konzentration des Abwassers steigt bei gleicher Fracht in aller Regel auch die Reinigungsleistung der Kläranlage.

Wassersparen führt in der Regel auch zu einem geringeren Energieverbrauch, z.B. durch geringere Pumpenergie beim Transport von Trink- und Abwasser oder durch den geringeren Bedarf an warmem Wasser.

Nur 2 - 3 % des Trinkwassers wird getrunken; ungefähr 1/4 des Trinkwassers wird dagegen allein für die Toilettenspülung benutzt (vgl. Abb. 12, Tab. 35). Wasser höchster Qualität dient also zu einem großen Teil dem Fortschwemmen von Urin und Fäkalien, der Säuberung der Toilettenschüssel und dem Austausch des Sperrwassers. Über das erforderliche Spülvolumen gab es in den 80er Jahren heftige und kontroverse Diskussionen in Deutschland (DIN 19 542). In den USA kommt es auch heute noch vor, dass mit bis zu 20 - 30 l/Gang gesplü wird.

**Tab. 36:**

Wasserspartechnologien in der Übersicht. Die Amortisationszeit ist stark abhängig vom Wasser-/Abwasserpreis, von der Benutzungshäufigkeit sowie vom Energieverbrauch und den Kosten für die Energie von Warmwasser, sofern verwendet. Die Angaben sollen lediglich einen Anhaltspunkt darstellen. Eine genaue Berechnung hängt vom Einzelfall ab. Die Angaben beziehen sich nur auf den Aspekt Wasserersparnis.

	Normaler Haushalt <sup>1</sup>	Wasser-Spar-Haushalt <sup>2</sup>
<b>Baden, Duschen</b>	<b>46</b>	<b>30</b>
<b>Körperpflege</b>	<b>nn</b>	<b>9</b>
<b>Toilette</b>	<b>35</b>	<b>20</b>
<b>Wäsche</b>	<b>15</b>	<b>12</b>
<b>Geschirr</b>	<b>8</b>	<b>10</b>
<b>Hausreinigung, Garten, Auto</b>	<b>8</b>	<b>5</b>
<b>Kochen, Trinken</b>	<b>5</b>	<b>4</b>

Die tatsächlichen Verbrauchszahlen an Trinkwasser schwanken stark von Region zu Region und von Haushalt zu Haushalt. Das persönliche Verhalten (z.B. gegenüber einem tropfenden Wasserhahn, der Benutzung einer WC-Unterbrechertaste, dem Laufenlassen des Wasserhahns oder die Waschgewohnheiten) hat einen großen Einfluss auf die angegebenen Werte. Zu einem erheblichen Teil kann man den Wasserverbrauch jedoch durch technische Maßnahmen verhaltensunabhängig senken.

Besonders hervorzuheben ist dabei z.B. das Kompostklo, das nahezu ohne Wasser auskommt und einen nicht unerheblichen Anteil des Kohlenstoffs und

der Nährstoffe zurückhält und so für eine landwirtschaftliche Nutzung direkt verfügbar macht.

Der Bau von zwei Leitungsnetzen - eines für Trinkwasser und eines für Betriebswasser - ist in Wohnsiedlungen wegen der damit verbundenen Mehrkosten zur Zeit schwer durchzusetzen. Die Bereitstellung von Betriebswasser durch vorhergehende Reinigung vor Ort kann inzwischen in Einzelfällen wirtschaftlich betrieben werden (vgl. Kap. 7).

Im Folgenden werden die wichtigsten Spartechnologien näher beschrieben. Eine grobe Übersicht über die verschiedenen Wassersparttechnologien und geschätzte Amortisationszeiten gibt Tab. 36.

## 4.1 Wassersparende Armaturen

Die Menge an Wasser, die durch eine Armatur läuft, hängt von der Druckdifferenz zwischen Leitungsdruck und umgebender Luft ab. Diese wiederum ist abhängig vom Versorgungsdruck (z.B. 4 bar), dem Druckverlust durch die Höhendifferenz (Druckabfall 1 bar/10 m) und den Druckverlusten durch Hausrohrleitungssystem (z.B. abhängig von Rohrwindungen etc., Gesamtreibungsverluste ca. 0,5 bar), dem Wasserzähler (durchschnittlich ca. 0,75 bar) und der Durchflusscharakteristik der Armatur. Eine wassersparende Armatur zeichnet sich dadurch aus, dass die Durchflussmenge/Zeiteinheit bei steigendem Wasserdruck weniger stark zunimmt als bei normalen Armaturen. Der Spareffekt unterscheidet sich von Armatur zu Armatur und kommt durch den Anteil an Luft, den die Armatur zum Wasser dazumischt, zustande. Die meisten Standard-Sparstrahler für Wasserhähne, die im Handel zu bekommen sind, kommen dabei auf ein Durchflussvolumen von 8 Liter pro Minute (8 l/min). In einigen Hotels werden jedoch auch schon Sparstrahler mit einem Durchflussvolumen von 6 l/min eingesetzt. Der Trick liegt darin, Wasser durch Luft zu ersetzen (Zerstäubung). Eine einfache und billige Möglichkeit, einen solchen Effekt nachträglich zu installieren, bieten die 'durchflussbegrenzenden Strahler' (die nur bei älteren hydraulisch gesteuerten Elektro-Durchlauferhitzern nicht eingebaut werden können). Es gibt sie mit unterschiedlichen, fest eingestellten Ausflussmengen (zwischen 5 und 14 l/min); ab einem bestimmten Druck (z.B. 1,5 bar) halten sie die Ausflussmenge nahezu konstant. Bis zu diesem Druck verengt der zunehmende Wasserdruck den Durchgangsquerschnitt. Ihre Kosten belaufen sich pro Stück auf weniger als 10 DM und ihre Amortisationszeit liegt meist bei nur einigen Monaten. Zusammen mit einer WC-Unterbrechertaste und einem Luftsprudler (Perlatoren) sind sie bereits als „kleine Wassersparpaket“ bekannt geworden. Dieses hat sich bereits in mehreren Demonstrationsprojekten sehr bewährt.

Bei Handbrausen kann ebenfalls in gewissem Umfang durch nachträglich installierte Durchflussbegrenzer das Durchflussvolumen gesenkt werden. Noch effizienter sind neu entwickelte Wassersparbrausen, die lediglich ein Durch-

(a)



(b)



(c)

**Abb. 34:**

(a) Perlatoren (b) Wassersparende Duschbrause (c) Wasserstoppeinrichtungen (Fotos Fa. Hornig / Schmidkowsky GmbH)

Die Zerstäubung bei Spartoiletten darf nicht so stark sein, dass durch die Aerosolbildung die Gefahr einer Legionelleninfektion (SEIDEL 1987) entsteht. Legionellen sind Bakterien, die über versprühtes Wasser (Aerosole), z.B. beim Duschen oder durch Klimaanlage, verbreitet werden. Die Infektion äußert sich als Grippe oder Lungenentzündung. In den alten Bundesländern werden ca. 1500 Todesfälle pro Jahr auf eine Legionelleninfektion zurückgeführt (KATALYSE

Untersuchungen in Schwimmbädern haben folgenden Duschwasserverbrauch pro Person in Abhängigkeit von der Armaturenart ergeben (MÖHLE 1994):

Zweigriffmischarmatur  
81-120 l

Selbstschlußarmatur\*  
50- 90 l

Näherungselektronik\*  
34 - 72 l

(\*Duschwassertemperatur einheitlich  
vorgemischt)

flussvolumen von 7 - 9 l/min aufweisen, gegenüber herkömmlichen Brausen, durch die 14 l/min fließen. Einige Autoren geben aufgrund von Befragungen bei Schwimmbadbesuchern als untere Grenze 8 - 10 l/min als notwendigen Volumenstrom beim Duschen an (MÖHLE 1994).

Ein weiteres Wassersparpotential liegt in den modernen Mischventilen, die eine schnelle Einstellung der richtigen Temperatur gewährleisten und so für einen geringeren Wasserverbrauch sorgen können, insbesondere dann, wenn sie nicht immer gleich bis zum Anschlag geöffnet werden. Die auf dem Markt befindlichen Mischarmaturen stellen bei der Mittelstellung in der Regel Warmwasser zur Verfügung. Einige Armaturen lassen sich jedoch (z.B. Fa. Hansa) so ausrüsten, dass sie in der Mittelstellung kaltes Wasser liefern, so dass sie das Energiesparen unterstützen.

Durch sogenannte Komfortarmaturen (thermostatische Mischarmaturen) können Wasserverluste beim Einregulieren der Warmwassertemperatur zum Duschen weitgehend vermieden werden. In Deutschland noch relativ selten, gestatten sie es, die Temperatur nahezu unabhängig von Entnahme und Kaltwasserdruck konstant zu halten.

## 4.2 Wassersparende Wasch- und Spülmaschinen

Über 90 % der deutschen Haushalte besitzen eine Waschmaschine (LANG 1991). In den letzten Jahren sind die Verbrauchswerte für Wasser und Strom bei 'Öko'-Modellen stark verringert worden (Verbrauchsdaten für 60°C-Wäsche liegen derzeit bei ca. 11 l Wasser und 0,2 kWh Stromverbrauch pro kg Wäsche). Der größte Teil des Stroms wird bei einer Wasch- und Spülmaschine für das Erwärmen des Wassers eingesetzt. Primärenergetisch viel günstiger erfüllt diese Aufgabe der Heizkessel oder die Sonnenkollektoranlage; Maschinen, die noch

**Tab. 37:**

Verbesserungen bei der Waschmaschinentechnik, die über den Stand der modernen Geräte hinaus gehen (nach in MÖBIUS 1993)

Verbesserung bei der Waschmaschinentechnik	Einsparung (-) bzw. Mehrverbrauch (+)		
	Trinkwasser	Energie	Waschmittel
Regenwassernutzung	bis -100%	-30 bis +50%	bis -30%
Warmwasserversorgung		bis -50%	
Warmwasserversorgung über Solaranlage		bis -70%	
Einbau einer Enthärtung			bis -30%
Wärmedämmung		bis -30%	
Spülwasserrecycling	bis -20%		
Mikroprozessergesteuerte Dosierung nach Wäsche, Verschmutzung u. Wasch- programm			bis -20%



nicht mit zusätzlichem **Warmwasseranschluss** ausgestattet sind, lassen sich mittels eines zusätzlichen Vorschaltgeräts für ca. 300 bis 400 DM nachrüsten. Unabhängig davon liegt eine deutliche Einsparmöglichkeit des Nutzers bei der Reduzierung der Wassertemperatur. Das Kochen ist in nahezu allen Fällen unnötig; Betttücher oder Handtücher werden auch bei 90°C nicht keimfrei und brauchen es nicht zu sein (Ausnahme: Bei Wurmbefall sollte Bettwäsche gekocht werden).

Bei Spülmaschinen sind die Einsparmöglichkeiten bei weitem nicht so groß wie bei Waschmaschinen. Die benötigte Wassermenge pro Spülgang von durchschnittlich ca. 20 l bei modernen Geräten liegt kaum über dem, was man bei einem sparsamen Spülen mit der Hand benötigt. Ein Warmwasseranschluss könnte einige Energie einsparen (bei modernen Geräten liegt der Verbrauch pro Spülgang derzeit bei etwa 1,1 kWh).

Im Experimentierstadium gibt es bereits Waschmaschinen und Geschirrspüler (Zusatzkosten ca. 1.000,- DM), die das wenig verschmutzte Wasser der Nachwäsche auffangen und für die Vorwäsche wieder einsetzen. Dadurch könnten die Verbrauchswerte noch einmal um etwa die Hälfte reduziert werden. Dies ist dann die vorläufige Grenze.

Bei einer Waschmaschine lassen sich durch einen Anschluss an die Warmwasserversorgung (z.B. durch eine Solaranlage) mehr als 50 % Strom sparen, durch die Nutzung von Regenwasser bis zu 100 % Trinkwasser und bis zu 30 % Waschmittel, je nach Wasserhärte (vgl. Tab. 37).

Das Einsparpotential hängt wesentlich von den lokalen Gegebenheiten (z.B. Art der Warmwasserversorgung, Leitungswege etc.) ab. Besonders bei umfangreicheren Renovierungsarbeiten sowie bei Neubauten sollten diese Einsparpotentiale geprüft und ausgenutzt werden.

Der durchschnittliche Warmwasserbedarf im Wohnungsbau liegt bei etwa 50 Litern pro Person und Tag, bei einer Temperatur von 50°C. Wie bei der Wärmeerzeugung für die Raumheizung entstehen auch bei der Warmwasserbereitstellung Wärmeverluste. Diese setzen sich aus den Wärmeverlusten des Kessels, des Warmwasserspeichers und des gesamten Leitungssystems zusammen. Die größten Verluste der zentralen Warmwasserversorgung entfallen auf die Wasserverteilung. Durch die Wahl des richtigen Verteilungssystems, durch verbrauchsnahe Standorte der zentralen Wärmeerzeuger, kurze Leitungsführung, ausreichende Wärmedämmung der Rohrleitung und die Begrenzung der Brauchwassertemperatur auf 60°C können die Verteilungsverluste reduziert werden. Die Warmwasserversorgung ist in der Regel an eine brennstoffbeheizte Zentralheizungsanlage gekoppelt. Diese Kombination erfordert eine dauernde Betriebsbereitschaft des ganzen Systems auch außerhalb der Heizperiode.

Um trotz langer Verbrauchspausen ein kontinuierliches Angebot an Brauchwasser gewährleisten zu können, ist bei diesem System eine Warmwasserspeicherung notwendig. Der Brauchwasserspeicher war früher im Heizkessel integriert, während der Speicher heutzutage meist außerhalb des Heizkessels angeordnet und mit dem Heizwasser im Kessel durch eine Leitung verbunden ist. Eine thermostatgesteuerte Ladepumpe führt Heizwasser durch einen Wärmetauscher im Brauchwasserspeicher und bringt so das Wasser auf Soll-Temperaturen. Wenn das Warmwasser die eingestellte Temperatur erreicht hat, schaltet der

Info z.B. durch Martin-Elektrotechnik, Buchwaldstr. 53, 97769 Bad Brückenau; Energie-Beratung-Service, Tirolerstr. 61, 60569 Frankfurt; Olfs & Ringen, Hauptstr. 28, 27412 Breddorf; Sternberg Elektro- und Solartechnik, Friedrichstr. 26, 32791 Lage

### Energiesparen bei der Warmwasserbereitung

**Tab. 38.:**

Einfluss des Innendurchmessers auf die Rohrlänge

Warmwasserregler die Ladepumpe ab. Durch den Einsatz stehender Speicher mit „thermosiphonischer“ Schichtung wird eine Durchmischung wärmerer und kälterer Wasserschichten verhindert, wenn sich die kalte Zuführung unten befindet und die Warmwasserfortleitung im oberen Bereich beginnt. Die Durchmischung des Speicherinhalts, wie sie bei liegenden Speichern schon bei der Entnahme kleinerer Wassermengen auftritt, hat zur Folge, dass der Heizkessel auch in den Sommermonaten oft in Betrieb geht. Es sollte ein hochwärmegedämmter Standspeicher zum Einsatz kommen, der den Tagesbedarf des entsprechenden Haushaltes abdeckt und den Anschluss für zusätzliche Wärmetauscher für die Einbindung einer Sonnenkollektoranlage bietet. Liegen der Warmwasserspeicher und die Entnahmestellen für das Warmwasser weit auseinander, kühlt das in den Verbindungsleitungen stehende Warmwasser ab, so dass bei der Entnahme erst dieses abgekühlte Wasser abgelassen werden muss, bevor warmes Wasser entnommen werden kann. Um diese Wassermenge wenigstens zu minimieren, kann man eine dünne Rohrleitung einbauen. Nebenstehende Tabelle zeigt, welche Rohrlänge bei unterschiedlichem Innendurchmesser einen Liter Wasser aufnimmt.

Zirkulationsleitungen ermöglichen einen Umlauf des Brauchwassers im Verteilsystem, so dass an jeder Entnahmestelle sofort warmes Wasser vorhanden ist. Diese durch die Zirkulation erreichte Wassereinsparung und Komfortsteigerung verursacht sehr hohe Wärmeverluste. Es muss überlegt werden, ob dieser Aufwand gerechtfertigt ist. Sind die Leitungswege kurz, so kann unter Umständen ganz auf die Zirkulationsleitung verzichtet werden.

**Tab. 39:**

Jährlicher Stromverbrauch im 4-Personen-Haushalt und möglicher Stromverbrauch bei einem Energiesparhaushalt (kWh) in einem sehr gut gedämmten Haus (aus HUBER et al. 1996)

Jährlicher Strombedarf im 4-Personenhaushalt	Bestand	Energiesparhaushalt
Gefriergerät	500	entfällt
Spülmaschine (*mit Warmwasseranschluss)	500	150 <sup>1</sup>
Trockner	450	entfällt
Herd	450	Gasherd
Kühlschrank (mit *****-Fach)	350	180
Heizungspumpe	300	entfällt (bei Einfamilienhaus)
Waschmaschine (*mit Warmwasseranschluss)	300	100 <sup>1</sup>
Beleuchtung	250	100
Zirkulationspumpe	200	entfällt (bei Einfamilienhaus)
Fernsehgerät	150	50
Sonstiges	150	150
Lüftungsanlage	0	270
<b>Summe</b>	<b>3.600</b>	<b>1.000</b>
<b>Summe/m<sup>2</sup> Wfl.</b>	<b>30</b>	<b>10</b>
<b>Erforderliche Primärenergie</b>		
<b>Summe/m<sup>2</sup> Wfl.</b>	<b>90</b>	<b>30</b>

In allen anderen Fällen sollte der Betrieb der Zirkulationspumpe auf die Hauptnutzungszeiten am Morgen und am Abend begrenzt werden. Die zukunftsfähigste Aufbereitung von Warmwasser geschieht derzeit mit Hilfe von **Sonnenkollektoren**. Eine solche Anlage besteht meist aus Sonnenkollektor,

Solarspeicher mit Wärmetauschern, Umwälzpumpe und Steuerung. Die Solarstrahlung wird im Kollektor in Wärme umgewandelt und an eine frostgeschützte Flüssigkeit (geschlossener Kreislauf) abgegeben, die wiederum Wärme an das Gebrauchswasser abgibt. Eine Variante ohne Pumpe und Steuerung ist die Thermosiphonanlage, die nach dem Prinzip der Schwerkraftzirkulation arbeitet. Der Speicher ist hier oberhalb des Kollektorfeldes angeordnet. Diese Anlagen weisen einen geringeren Jahreswirkungsgrad auf. Besonders effektiv arbeiten Speicherkollektoren, bei denen Kollektor und Speicher eine Baueinheit darstellen. Die Sonnenstrahlung passiert die Glasabdeckung des Kollektors und eine dahinter angeordnete transparente Wärmedämmung und erwärmt direkt und indirekt über ein innen verspiegeltes Chassis einen wasserführenden Edelstahlzylinder, der zugleich den Speicher mit z.B. 160 Liter Inhalt bildet. Der Speicherkollektor ist direkt in die Versorgungsleitung eingebunden. Das ganze System funktioniert aufgrund der transparenten Wärmedämmung aus lichtdurchlässigem PMMA (Polymethylmethacrylat), die ein Einfrieren des Wassers im Kollektor zuverlässig verhindert.

Die Erfahrungen zeigen, dass der Solaranteil für die Warmwasserbereitung in den Sommermonaten je nach System und Nutzung durchschnittlich ca. 85%, im Winter dagegen nur etwa 15% beträgt. Im Jahresdurchschnitt können mithin bis zu 65% des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung mit solarer Energie gedeckt werden.

Um eine grobe Vorstellung vom **Energie-Einsparpotential** im privaten Haushalt zu geben, sind der derzeitige und der mögliche Stromverbrauch in der Tab.38 gegenübergestellt.

### 4.3 WC-Unterbrechertaste und wassersparende WCs

Die Wasserspülmenge eines Klosetts war lange Zeit eine recht willkürlich festgesetzte Größe. In Großbritannien wurde sie schon 1871 vom britischen Parlament auf 2 Gallonen (ca. 9 l) festgelegt. In Deutschland war es lange Zeit verboten, den einmal ausgelösten Spülvorgang zu unterbrechen. Erst seit wenigen Jahren sind diese unsinnigen Normungen überwunden und wassersparende WCs mit und ohne Spülstromunterbrechung können sich durchsetzen. Seit 1985 sind nahezu alle neuen Spülkästen mit Spartaste für die Ausspülung von Urin ausgerüstet und seit 1991 sind Spülkästen im Handel, die nur noch 6 l Füllvolumen haben. Bei modernen Druckspülern liegt das Spülvolumen zwischen 3 (bei kurzer Betätigung, < 1 Sekunde) und 9 l.

Die sparsamsten Toiletten gibt es in Schweden, einem der wasserreichsten Länder Europas. Dort besteht die Auflage, in Gebäuden ohne Kanalanschluss das Fäkalabwasser in festen Tanks zu sammeln und durch Abtransport zu entsorgen. Die Besonderheiten dieser „**System Gustavsberg-Toiletten**“ (Spülvolumen 3 - 4 l) sind der verkleinerte Geruchsverschluss, das Gummimembranbodenventil und die nachgeschaltete Heberanlage, die das Wasser mehrerer Spülungen auffängt. Deren Inhalt entleert sich durch einen Hebereffekt in die Kanalisation. Diese Toiletten sind auch in Deutschland zugelassen,

#### Aqua Stop-Systeme - Fehlerfreundlichkeit praktisch

Durch undicht gewordene Schläuche oder Ventile bei Wasch- und Spülmaschinen sind schon oft große Wasserschäden entstanden. An dieser Stelle soll nur darauf hingewiesen werden, dass es relativ kostengünstige Möglichkeiten gibt, die Gefahr eines so erzeugten Wasserschadens zu minimieren. Dazu gibt es Fühler, die, unmittelbar über dem Boden angebracht, bei Feuchtigkeit ein entsprechendes Absperrventil automatisch schließen. Sie sind im Fachhandel oder auch in Baumärkten für etwa 100 DM zu bekommen. Solche Aqua-Stop-Einrichtungen sind besonders dann zu empfehlen, wenn man sich beim Betrieb der Maschinen nicht immer in der Nähe befindet. Bei nachgewiesener Verletzung dieser „Aufsichtspflicht“ kann sich die Versicherung im Schadensfall weigern, für den Schaden aufzukommen.

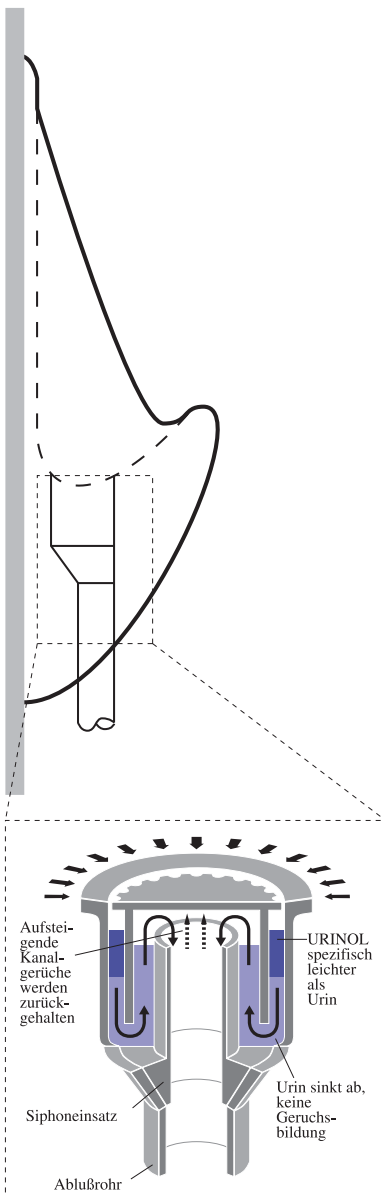
die Gallone = angelsächsisches Hohlmaß, England 4,546 l, USA 3,785 l)

werden aber bisher nur vereinzelt eingesetzt. In Japan werden solche Toiletten in Lizenz gefertigt und haben teilweise ein aufgesetztes Handwaschbecken zur Nutzung des Händewaschwassers (ohne Seife) für die Toilettenspülung. Zuletzt sei an dieser Stelle die „**Mini-Flush-Toilette**“ mit angegebenen 0,8 l Spülvolumen erwähnt. Trotz erheblicher Schwierigkeiten konnten in Schweden etwa 3.000 bis 5.000 Stück davon verkauft werden. Die Firma ist bereits Mitte der 90er Jahre in Konkurs gegangen. Aus Deutschland liegen keine positiven Erfahrungen vor. Es handelte sich hierbei um eine Klappentoilette mit kleinem Geruchverschluss, deren Klappe sich bei Betätigung des Spülknopfes zum Auswurf der Fäkalien öffnet, wobei das Spülwasser unmittelbar aus dem Netz entnommen wird. Bei diesen Toiletten war ein Mindestgefälle der Anschlussleitung von 5 % erforderlich, damit keine Verstopfungen auftreten. Ein erhebliches Wassersparpotential bieten darüberhinaus urinseparierende Toiletten oder solche, die mit Vakuum absaugen (vgl. Kap. 4.5, 4.6 und Kap. 8).

#### 4.4 Wassersparende bzw. wasserfreie Urinale

Noch sehr oft zeichnen sich Urinale durch einen hohen Wasserverbrauch aus. Besonders Reihenurinale mit Lichtschrankensteuerungen oder Zentralspülungen über eine Zeitschaltuhr sind hier zu nennen. Dabei gibt es gerade bei den Urinalen kostengünstige wassersparende Alternativen. Moderne Absaugurinale mit Selbstschlussventilen oder Druckspülern (Hand- oder Fußbetätigung) kommen mit weniger als 3 l Spülvolumen aus.

Die Zukunft dürfte den „wasserfreien Urinalen“ gehören. Sie gehen auf ein Patent von Beetz aus Wien von 1885 zurück. In Wien, wie in vielen anderen Städten, bestand das Problem, dass in einigen Stadtteilen der Wasserbedarf der öffentlichen Bedürfnisanstalten so hoch war, dass die vorhandenen Leitungskapazitäten nicht ausreichten. So konnte insbesondere bei den Urinalständen der Wasserverbrauch mehr als 100 Liter pro Stand und Stunde betragen. Die Idee von Beetz war ein Syphon, der eine Flüssigkeit enthält (Öl), die leichter als Urin ist, und somit als Verschluss gegen den aufsteigenden Geruch des ablaufenden Urins aus der Leitung fungieren kann, indem sie immer auf dem im Syphon zurückbleibenden Urin schwimmen bleibt. Bereits nach wenigen Jahren hatte der „Ölsiphon“ eine weite Verbreitung erfahren. So waren in Wien um die Jahrhundertwende bereits 529 von 1238 vorhandenen Urinalen mit einem solchen Siphon ausgestattet. Bereits 1903 hatte Beetz in 25 Ländern ein Vertriebsnetz mit über 30 Vertragspartnern aufgebaut. Beetzsche Urinale gab es zu dieser Zeit in über 300 Städten. Auch in Berlin war es seit etwa 1850 zu intensiven Diskussionen um die Aufstellung von öffentlichen Bedürfnisanstalten gekommen. Ernst Litfaß, Druckereibesitzer und Geschäftsmann bot dem Magistrat an, fünfzig Brunnenumhüllungen und dreißig Urinale auf seine Kosten zu errichten, wenn sich der Magistrat im Gegenzug dazu verpflichtete, alle Anschläge auf seine Säulen zu kleben und diese in seiner Druckerei drucken zu lassen. Es ist zu vermuten, dass er auf diese Idee durch Pissoirs in Paris gekommen war, die sich hervorragend als Plakatanschlagflächen eigneten. Auch London besaß bereits zu dieser Zeit beleuchtete Anschlagssäulen. Der Magistrat ließ sich darauf ein und am 1. Juli 1855 wurden die ersten 100

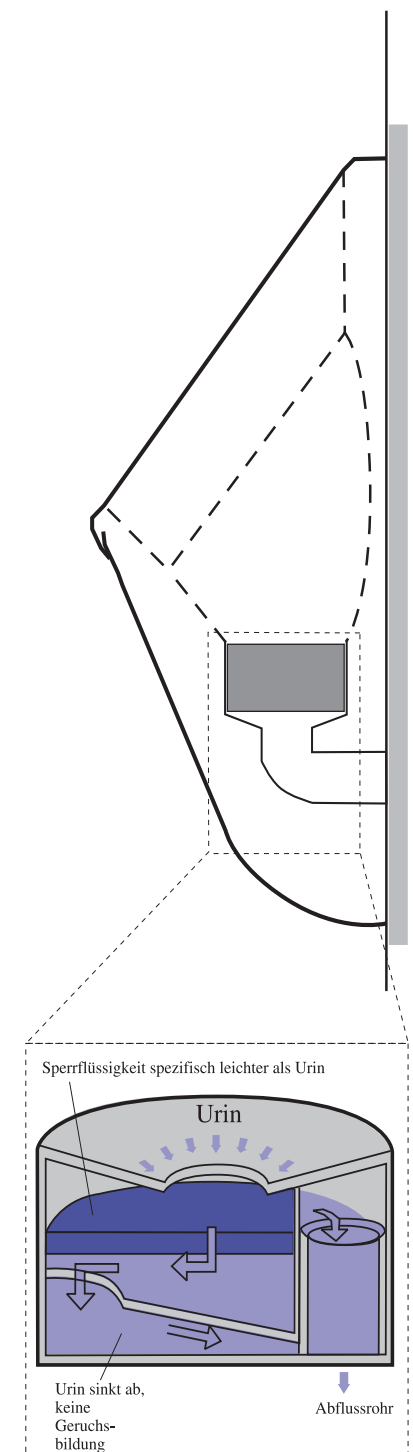


**Abb. 35:**

Wasserfreies Urinal mit einem „vertikalen“ Siphon der Fa. Ernst

„Litfaßsäulen“ aus Portlandzement und 50 Brunnenverkleidungen aus Holz eingeweiht. Aus „Kostengründen“ hatte Litfaß jedoch auf die Pissoire verzichtet und es entbrannte ein jahrelanger Rechtsstreit um die in Aussicht gestellten Pissoire. Es dauerte bis zum Jahre 1862, bis der Magistrat sich unabhängig vom Ausgang des Rechtsstreits entschloss, die Kosten für 15 Bedürfnisanstalten selbst zu übernehmen. Die erste Bedürfnisanstalt Berlins mit einem zweistöckigen Pissoir wurde 1863 der Öffentlichkeit übergeben. Bereits 1882 existierten 80 solcher Bedürfnisanstalten und nur 25 davon konnten an die Kanalisation angeschlossen werden, die restlichen wurden über die Straßenrinnen entsorgt. 1893 wurde versuchsweise der erste Beetzsche Ölsiphon eingebaut. Der Versuch verlief so erfolgreich, dass bereits 1902 alle der bis dahin erstellten 121 Pissoirs Berlins mit Ölsiphons umgerüstet wurden. Für Deutschland und Dänemark übernahm 1898 die Fa. Roessemann & Kühnemann aus Berlin in Lizenz den Bau und Vertrieb der Beetzchen Urinale. 1903 existierten bereits in über 50 deutschen Städten Beetzche Urinale. Zu einem wichtigen Vertragspartner von Wilhelm Beetz wurde 1894 der Schweizer Ingenieur Fritz Ernst. In Turin besaß Ernst eine Fabrik für Sanitärartikel, wie Toilettenstühle, Wasserspülkästen, Fäkalientonnen und Badewannen. Ernst hatte in einer Zeitschrift von der Erfindung Beetz gelesen und sogleich Kontakt zu Beetz gesucht. Als Vertreter für die Schweiz nahm er 1893 Kontakt mit der Verwaltung der Stadt Zürich auf und es kam noch im gleichen Jahr zu einem ersten Versuch. Schließlich kaufte Ernst das Schweizer Patent Wilhelm Beetz ab, schloss mit der Stadt Zürich die ersten Verträge über den Bau und Betrieb entsprechender Anlagen, gab seine Fabrik in Turin auf und verlegte den Sitz seiner Firma nach Zürich. Innerhalb von 10 Jahren (1894 - 1904) sind von der Fa. Ernst 838 Urinale nach dem System Beetz eingebaut worden. Nach dem Tod von Wilhelm Beetz am 17.5.1921 übernahm Fritz Ernst die Geschäfte der Beetzchen Urinale. Inzwischen war der erste Verkaufsboom vorbei. Aufgrund des inzwischen verbesserten Wasserangebots in vielen Städten war die Nachfrage nach den damals vergleichsweise wartungsintensiveren Ölpissoirs gesunken. 1927 brachte eine Erfindung von Fritz Ernst wieder einen gewissen Aufschwung. Mit der neuen Konstruktion, einer mit einem schwarzen Teerpräparat gestrichenen Platte, entfiel das tägliche Bestreichen der Ölpissoirs mit Öl. Schließlich konnte man ab 1930 auch einen weißen Anstrich bekommen. Die Fa. Ernst wurde 1933 in eine Aktiengesellschaft umgewandelt und ist unseren Informationen nach der einzige direkte Nachfolger der Fa. Beetz. In den Siebziger Jahren kam die Fa. Ernst als erste mit Urinalbecken aus glasfaserverstärktem Kunststoff auf den Markt. Nach eigenen Angaben hat sie in den letzten 40 Jahren über 200 000 Urinale verkauft.

Ehemalige Konzessionäre in den USA konkurrieren inzwischen mit der Fa. Ernst um einen wiedererentdeckten und wachsenden Markt und warten mit Neuentwicklungen auf. So entwickelte die Fa. Waterless einen sogenannten „horizontalen Siphon“ (vgl. Abb. 36), der gegenüber dem „vertikalen Siphon“ der Fa. Ernst (Abb. 35) nach Angaben von Waterless deutlich weniger Wartung bedarf und dessen Sperrflüssigkeit seltener ausgespült wird. Die Sperrflüssigkeit besteht aus einem längerkettigen Alkohol, der biologisch als vollständig abbaubar gilt. Die verschiedenen aus glasfaserverstärktem Kunststoff gefertigten Modelle



**Abb. 36:** Wasserfreies Urinal mit einem „horizontalen“ Siphon der Fa. Waterless, Tübingen

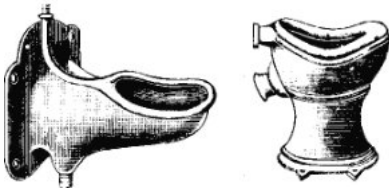


Unter dem Namen waterless vertreiben derzeit in Deutschland zwei verschiedene Hersteller ihre Produkte:

1. Waterless-Sin Aqua Waterless GmbH, Berlin ([www.sinaqua-waterless.de](http://www.sinaqua-waterless.de))
2. DRL Hygienesysteme GmbH, Hilden ([www.waterless.com](http://www.waterless.com))

**Abb. 37:**

Urinale für Frauen „Urinette“-Modelle aus dem 19. Jahrhundert (AQUA BUTZKE WERKE AG 1988).



Urinverrieselung auf Lehmwänden

der Fa. Waterless sind robust und in fast allen Farben zu haben. Schwierigkeiten mit den wasserlosen Urinalen treten überall dort auf, wo sie schlecht oder falsch gewartet werden. So besteht die Gefahr der Verstopfung, wenn mit seifenhaltigen Reinigern geputzt wird. Zum einen wird die Sperrflüssigkeit ausgespült, zum anderen verklumpt sie mit der Seife. Zur Reinigung sind also ausschließlich Reiniger auf Alkoholbasis (z.B. Fensterreiniger) zu verwenden. Die Fa. Ernst besteht sogar auf der ausschließlichen Verwendung ihres „Ernst Sanitärreinigers“.

Die Vorteile der wasserlosen Urinale, eine richtige Wartung vorausgesetzt, liegen neben dem geringeren Wasserverbrauch darin, dass:

- sie weniger geruchsbelästigend sind,
- sie einfacher zu reinigen sind (durch den fehlenden Spülrand) und
- kein Urinstein entsteht (Kalk aus dem Spülwasser fehlt).

Angeregt durch die Wasserspardiskussion erleben die wasserfreien Urinale derzeit einen Boom und neben den bisherigen Modellen aus Kunststoff sind inzwischen auch solche aus Sanitärkeramik zu haben (z.B. aus England). Auch alternative Geruchsverschlüsse (z.B. Gummiklappen-, temperaturgesteuerte Membran- od. Magnetventile) oder urinabbauende Bakterien od. Enzymsuspensionen sind bereits auf dem Markt.

Etwa aus der selben Zeit wie die Ölsiphons stammen auch die ersten „Urinettes“ in Deutschland. Damit bezeichnete man speziell geformte Pissoirs für Frauen. Sie hatten den Vorteil, dass sie auch an Stellen eingebaut werden konnten, wo nur ein 50mm weites Abflussrohr vorhanden war. Inwieweit auch solche Urinettes in öffentliche Bedürfnisanstalten eingebaut oder gar mit Ölsiphons ausgestattet wurden, ist uns nicht bekannt.

Ein weiteres auch im Sinne der Nährstoffrückgewinnung interessantes Verfahren war die wasserlose Urinableitung und Verrieselung auf Lehmwänden. Aus Hamburg wird beispielsweise von Zeitzeugen berichtet, dass es noch bis zum 2. Weltkrieg Gaststätten gab, deren Toiletten sich im Obergeschoss befanden, von wo aus der Urin per Gefälle zu einer im Hinterhof stehenden Lehmwand ablaufen konnte. Die Lehmwand lässt das Wasser verdunsten und die Nährstoffe im Urin auskristallisieren. Das Handwerk der damals noch geläufigen Berufsgruppe des Salpetersers bestand darin, die Nährstoffe in Form des Salpeters von den Lehmwänden zu schaben, um ihn an Munitions- oder Düngemittelfabriken zu verkaufen. Mit der Entdeckung des Chilesalpeters und anderer Düngemittel lohnte sich das Handwerk nicht mehr und verschwand genauso wie die Lehmwände (mündl. Mitt. Schönberger). Bisher sind uns genauere Angaben über die verwendeten Urinale sowie Größe und Aufbau der Lehmwände nicht bekannt. Dieses Wandtrocknungsverfahren ist im Jemen mit langer Tradition im Einsatz (WINBLAD 1985).

Insgesamt gab es neben der Abfuhr eine Reihe von Alternativen der Urin- und Fäkalienbehandlung, die zu einem Teil vollständig in Vergessenheit geraten sind (Lehmwandverrieselung), zu einem anderen Teil bis heute zumindestens für Spezialanwendungen weiter entwickelt wurden (Vakuumentoilette, wasserfreie Urinale) und heute wieder in zunehmendem Maße als Vorbilder für Neuentwicklungen dienen (vgl. Kap. 8).



## 4.5 No-Mix-, Urin-Separierungs-, Trenntoiletten

In Schweden sind inzwischen etwa 3000 urin-separierende Toiletten installiert (HELLSTRÖM & JOHANSSON 1999). In ihnen wird der Urin in abgetrennten Bereichen gesondert gesammelt. Das Hauptargument für den Einsatz solcher Toiletten ist die Tatsache, dass mit dem Urin ein großer Teil der Nährstoffe zurückgewonnen werden kann (z.B. für landwirtschaftliche Zwecke) und die Kläranlagen damit deutlich entlastet werden können (vgl. Kap. 8).



**Abb. 38:**

Trenntoilette (Foto Fa. Innovation), zeigt die Toilette mit der Erfinderin der Toilette.

Trenntoilette im Schnitt (rechts)

Inzwischen gibt es auch in anderen Ländern erste Pilotprojekte zum Einsatz solcher Toiletten und der Verwendung des Urins in der Landwirtschaft. Der Einsatz von Trenntoiletten ist auch aus der Sicht des Wassersparens ökonomisch und ökologisch sinnvoll. Auch wenn eine Verwertung des getrennt gesammelten Urins erstmal nicht angestrebt wird, kann eine Zusammenführung der beiden Teilströme im Abwasserrohr hinter der Toilette den Wasserverbrauch für den Fäkalientransport (ca. 6 l/(E•d)) gegenüber herkömmlichen Spartoiletten (ca. 25 l/(E•d)) reduzieren - die jährliche Wasserersparnis beträgt dann pro Person ca. 6 - 7 m<sup>3</sup> Trinkwasser. Eine Nutzung der Nährstoffe kann jederzeit zu einem späteren Zeitpunkt durch die Trennung des Urinablaufrohrs von dem Abwasserrohr erfolgen. Widerstände bei Benutzern gibt es hauptsächlich wegen der fehlenden Dispositionsmöglichkeit von nach dem Urinieren benutztem Papier - hier kann ein zusätzlich aufgestellter Behälter Abhilfe schaffen. Ein technisches Problem besteht darin, dass der wassergespülte Urinablaufleitung vergleichsweise schnell inkrustiert und verstopft. Die Wasserspülung und der Syphon des Urinablaufes sollte daher in Zukunft durch wasserfreie Geruchsverschlüsse ersetzt werden. Die Entwicklung von Sanitärkonzepten, die auf Urinseparierung basieren, steht noch ganz am Anfang (vgl. Kap. 8), ist jedoch vielversprechend.

## Literaturtipps!

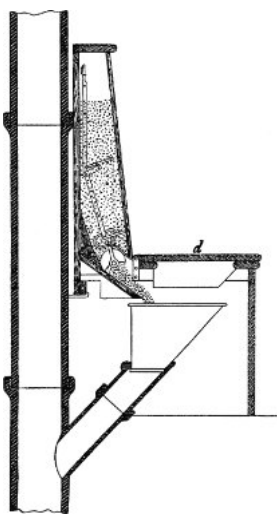
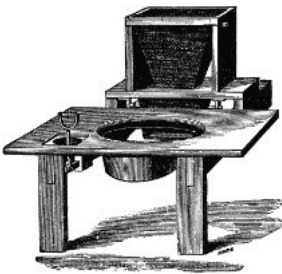
DEL PORTO, D. & C. STEINFELD (1999): The Composting Toilet System Book.- The Center for Ecological Pollution Prevention (CEPP), Concord, Massachusetts, USA ISBN 0-9666783-0-3

ROHRER, T. & M. GEIGER (1998): Komposttoiletten - Informationen für die Praxis, Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid, CH-6114 Steinhuserberg, 27 S.

LORENZ-LADENER, C. (1993): Kompost-Toiletten - Wege zur sinnvollen Fäkalienentsorgung, Ökobuch-Verlag, Staufen

**Abb. 39:**

Erdklosetts a) mit Deckelstreu-  
büchse und b) für den Einbau in  
mehrstöckige Häuser (aus IL-  
LI1987)



## 4.6 Kompost-Toiletten - Trockenklos

Die ersten Kompost- bzw. Trockenklos wurden „Erd-“ oder „Streutoiletten“ genannt. Am bekanntesten ist der um 1860 von dem englischen Pfarrer Moule konstruierte „Erdabort“. Der unter dem Sitzbrett angebrachte Behälter war mit trockener Ackererde bedeckt, die den Urin aufnahm. Nach Verrichtung des Geschäfts rieselte aus einem Kasten hinter dem Sitz wieder Erde (z.B. mit beigemischter Asche) darauf. Der Geruch wurde so auf ein erträgliches Maß reduziert.

Im Folgenden sollen nur solche Toiletentypen betrachtet werden, die tatsächlich eine Kompostierung anstreben. Daneben gibt es auch eine Reihe von Toiletten, die zwar als Kompost- oder Trockenklo bezeichnet werden, die Fäkalien aber nicht kompostieren, sondern z.B. nur in Plastikbeutel luftdicht einschließen und sie der Abfallbeseitigung zuführen oder gar verbrennen.

Der nach eigenen Angaben weltweit größte Hersteller für „biologische Zersetzungstoiletten“ (Sanitation Ag, Schweden) behauptet, seit 1973 über 100.000 „LOCUS-Toiletten“ (so der Fabrikatsname) installiert zu haben. In dem Werbematerial, das auf Anfrage zugeschickt wird, heißt es: „LOCUS eignet sich für den Einsatz in Einfamilienhäusern, Garten- und Wochenendhäusern, Bootshäusern, Kiosken, Baustellen, Unterkünften, Wohnwagen usw.“ Hieraus wird deutlich, dass sich der Markt solcher Kompost-Toiletten bisher vor allem auf den Freizeitbereich beschränkt. Aus dem Bauordnungsrecht der Bundesländer (Ausnahme Bayern) geht hervor, dass Toiletten grundsätzlich dann eine Wasserspülung haben müssen, wenn sie an eine geeignete Sammelkanalisation oder Kleinkläranlage angeschlossen werden können. Möchte man also ein Kompostklo in ein an die öffentliche Kanalisation angeschlossenes Haus einbauen, so müsste man dafür in der Regel einen offiziellen Antrag auf Befreiung von der Anschluss- und Benutzungspflicht stellen. So konnte z.B. im hessischen Witzenhausen eine Komposttoilettenanlage in einem 2-Familien-Haus nur mit Ausnahmegenehmigung der zuständigen Behörden gebaut werden.

Die Herstellung eines qualitativ hochwertigen Kompostes aus Fäkalien ist ähnlich wie die Grünkompostierung mit Arbeit verbunden. Noch wird von Komposttoilettenherstellern die Verfahrenstechnik zu oft an den Erwartungen der Kundschaft und zu wenig an der Biologie der Kompostierung angepasst.

Da Kot

- zu feucht (über 80% Feuchte und unter 20% Trockensubstanz) und
- zu strukturarm (pappige, luftporenarme Beschaffenheit) ist, und
- einen Stickstoffüberschuss (im Vergleich zum vorhandenen Kohlenstoff) hat, sollten unabhängig vom Toiletentyp folgende Grundregeln eingehalten werden:

1. Statt Wasser muss humusförderndes Material in etwa der gleichen Menge wie die Fäkalien (z.B. aus einem Gemisch aus Sägespänen und Sägemehl im Verhältnis 1:1 od. Gemisch aus Sägespänen und Kernschrot im Verhältnis 5:1) zugegeben werden. Das zugegebene Material erhöht nicht nur den

Trockensubstanzgehalt, sondern auch die Luftzufuhr. Besonders gute Luftkanäle bildet z.B. auch Stroh.

2. Der Urin sollte nach Möglichkeit bereits am Toilettensitz (Trenntoilette) getrennt vom großen Geschäft abgeleitet werden. Eine nachträgliche Urindrainage oder die Verdampfung (hoher Energieverbrauch von Ventilatoren!) der überschüssigen Feuchte sollte nur in Ausnahmefällen in Betracht gezogen werden.
3. Das vorkompostierte Kot-Strukturmaterialgemisch sollte mindestens 1 Jahr außerhalb der Komposttoilette nachkompostiert werden.

Nur so wird gewährleistet, dass Überschüsse an Feuchtigkeit und Stickstoff ausgeglichen werden und qualitativ hochwertige und pflanzenbaulich verwertbare Endprodukte entstehen.

Die Jahresproduktion einer Person an Urin und Fäkalkompost reicht aus, um ca. 280 m<sup>2</sup> mit Phosphor und ca. 250 - 350 m<sup>2</sup> mit Stickstoff zu versorgen (ca. 50 - 100 kg Fäkalienkompost mit 0,6 kg Phosphor und ca. 400 Liter Urin mit 0,8 kg Phosphor und 5 kg Stickstoff).

Wichtigste Rahmenbedingungen für einen guten Rottevorgang sind Feuchtigkeit und Temperatur. Der Trockensubstanzgehalt sollte zwischen 50 - 60 % liegen, die Temperatur auch im Winter nicht unter 15°C fallen. Wichtigstes Steuerungsinstrument ist dabei die Belüftung. In vielen Anlagen durchfeuchtet der Kompost besonders im Bereich des Toilettenfallrohrs zu sehr. Gegen Fliegenbefall können die Lüftungsrohre mit feinen Netzen verschlossen werden. Bei der Beurteilung einer ökologischen Gesamtwirkung muss auch der Verlust an Heizenergie durch die Lüftung beachtet werden.

Bei der externen Kompostierung (außerhalb der Toilettenkammer bzw. des Gebäudes) haben sich aus Gründen der guten Sauerstoffversorgung bei Komposthaufen steile hohe Formen bewährt. Beim Rottevorgang im Sommer können bis zu 70°C entstehen, so dass bei einer langjährigen Rotte auch bei der externen Rotte in jedem Fall eine gute Hygienisierung erreicht wird. Bei Modellen mit einem Sammelbehälter zur Vorrotte und externer Kompostierung sollte der Sammelbehälter aus Gründen der hygienischen Vorsorge gegenüber Kindern gesichert sein und nur etwa ein Jahr lang auf denselben Komposthaufen entleert werden. Die so entstehenden Komposthaufen sollten etwa alle 1 - 2 Jahre separat umgesetzt werden. Dabei werden die Haufen immer kleiner, und zum Schluss bleibt eine kleine Menge mineralisierter Humus übrig, den man wegen der starken Düngewirkung am besten nur in kleinen Mengen ausbringt. Über die Rottezeit gehen die Meinungen auch unter Fachleuten sehr auseinander. Einige sehen nach einer zu kurzen Rotte von z.B. nur drei Jahren die Gefahr, dass der Rohhumus noch zu sauer und zu wenig mineralisiert ist, um den Boden tiefgründig zu verbessern. Sie empfehlen eine weitgehende Mineralisierung, die nach etwa 12 Jahren erreicht ist. Andere sehen dagegen im weniger mineralisierten Kompost pflanzenbauliche Vorteile. Einig ist man sich jedoch darüber, dass die Verwendung von Rohhumus bereits nach einem halben Jahr Rotte, z.B. direkt aus einem Sammelbehälter, nicht ratsam ist. Wem die Kompostierung von einigen Jahren zu lange dauert, der kann den Vorgang der Rotte beschleunigen, indem er entsprechend wärme- und feuchtigkeitsregulierende Behälter oder auch z.B. Kompostwürmer, Kompostbeschleuniger etc., verwendet.

Abb. 40:

Kleinkammertoilette mit Urintrennung vorwiegend für den Einsatz im Garten od. Ferienhausbereich (Modell Weekend, Fa. Separett, Foto Schönberger)



Kompostierung im Freien (externe Kompostierung)

Der Kompostierungs- oder Rottevorgang in geschlossenen Behältern (interne Kompostierung)

Solche Methoden sind jedoch auch mit mehr Aufwand verbunden.

Der Wärmebedarf kann bei entsprechenden klimatischen Bedingungen auch über Sonnenkollektoren sichergestellt werden. Solche Anlagen werden z.B. in Mexiko seit 15 Jahren in großer Zahl installiert (WINBLAD 1998, S. 37; vgl. auch Kap. 9). Die Anlagen sind aus Fiberglas und kosten umgerechnet weniger als 1.000,- DM. Recherchen vor Ort ergaben, dass diese Anlagen oft ohne Einweisung und Beratung verkauft werden und es dadurch zu Fehlbenutzungen kommt. Ohne eine solare Erwärmung verläuft der Rotteprozess sehr viel langsamer.

Die Komposttoilette ist unter den aeroben Verfahren die effizienteste Lösung, um eine dezentrale Rückhaltung bzw. Kreislaufführung des Stickstoffs und des Phosphors unserer häuslichen Flüssigabfälle bzw. Fäkalien zu erreichen.

Unter den vielen mittlerweile auf dem Markt befindlichen Modellen können 3 Grundformen von Komposttoiletten unterschieden werden:

- Großkammertoiletten zur gemeinsamen Kompostierung aller in privaten Haushalten anfallenden kompostierbaren Abfälle
- Kleinkammer-Toiletten zur internen Kompostierung
- Kleinkammer-Toiletten zur externen Kompostierung von Ausscheidungen

Bei allen drei Grundformen geht aus oben genannten Gründen der Trend zur getrennten Ableitung des Urins.

**Abb. 41:**

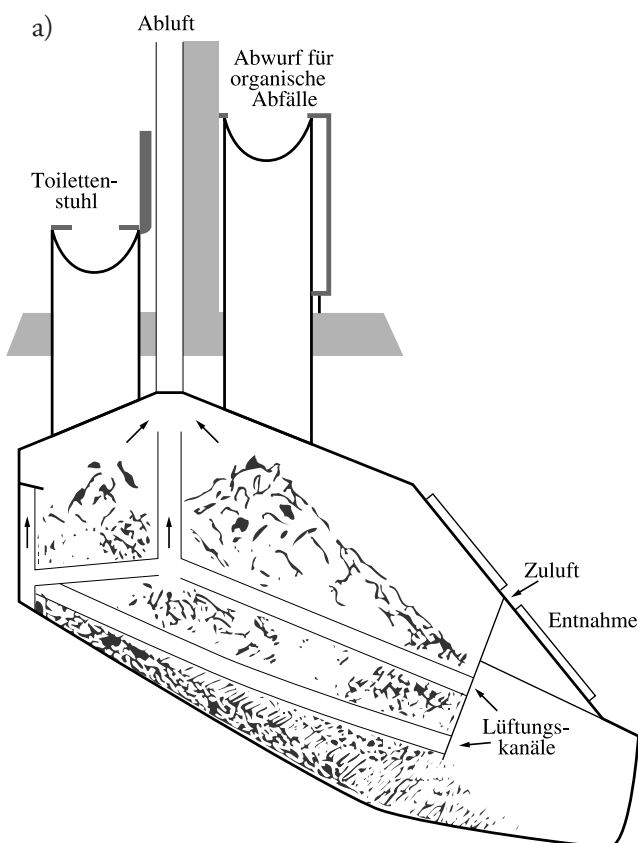
(a) Komposttoilette (nach Vorbild Clivus Multrum“, aus LORENZ-LADENER, C. 1993)

b) Komposter

c) Parallel verlegte Abwurfrohre bei Kompostern im Geschosswohnungsbau

(d) Terranova Keramiktoilette

(Fotos: Fa. Berger Biotechnik)





Die heute bekannte Großkammertoilette „Clivus Multrum“ wurde in den 30er Jahren von R. Lindström entwickelt und von Berger, Hamburg konstruktiv verbessert (vgl. Abb. 41). Für die geruchsfreie Funktion und die nötige Verdunstung einer Komposttoilette ist eine ausreichende Durchlüftung notwendig (meist verwirklicht durch einen kleinen Ventilator, Leistung 12 - 20 W).

Ein komplettes Großkammer-Komposttoiletten-System mit Lüftung und Sammelbehälter kostet zwischen 6.000 und 13.000 DM. Wegen des großen Platzbedarfs ist es nur selten möglich, Großkammertoiletten in bestehenden Häusern zu etablieren.

Die Kleinkammertoiletten sind dagegen in aller Regel klein genug, um damit ohne große bauliche Veränderungen herkömmliche Toiletten zu ersetzen. Inzwischen wird vor allem von skandinavischen Herstellern eine Vielzahl von Kleinkammer-Komposttoiletten zur externen Kompostierung von Ausscheidungen mit und ohne separatem Urinablauf angeboten, wie z.B. die Separett-Toiletten der Fa. Servator Separett (Abb. 40,42), das Modell Locus der Fa. Sängtex, beide Schweden, die Modelle der Fa. Vera, Norwegen, die verschiedenen Modelle der Fa. A&B Backlund ApS und der Fa. Fornyet (Abb. 43), beide Dänemark, die Biolett Trocken-WC-Anlagen der Fa. Ekolet AG, Finnland sowie das Sawi biocom der Fa. Berger Biotechnik GmbH, Hamburg.

Die Toilettenkörper sind aus den unterschiedlichsten Materialien wie Porzellan, Holz oder auch Kunststoff (Polystyren und Polyethylen). Je nach Material und Ausstattung kosten die Modelle zwischen 500,- und 2000,- DM.

Auch die Ableitung oder Aufbewahrung wird inzwischen in den verschiedensten Varianten und für die verschiedensten Einsatzorte (Wohnbereich, Gartenhäuser, Berghütten, Campingplätze, Baustellen etc.) angeboten. Alle Modelle benötigen ein Abluftrohr nach außen. Die meisten werden mit Ventilatoren zwischen 1 - 20 Watt Leistung (0,03 - 0,5 kWh/Tag) oder einem windgetriebenen Ventilator zwangsentlüftet. Man kann vor und nach der Benutzung mit Rindenschrot oder ähnlichen Materialien vor- bzw. nachbereiten, in der Regel reicht das verwendete Klopapier bis zur Entleerung auf den externen Kompost. Die Entleerungshäufigkeit richtet sich je nach Benutzungsfrequenz und liegt zwischen wenigen Tagen und einigen Monaten. Inzwischen werden auch kompostierbare Beutel zum einfacheren Sauberhalten und Entleeren der Fäkalienbehälter angeboten.

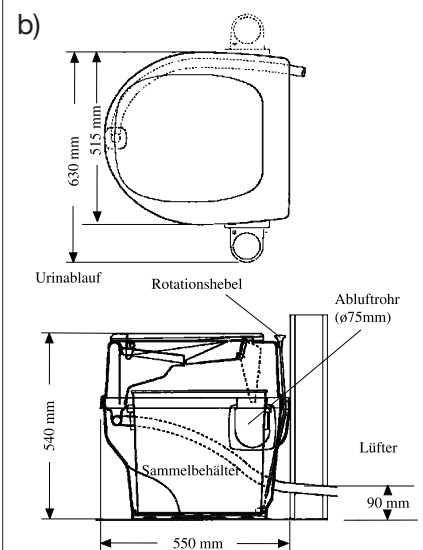
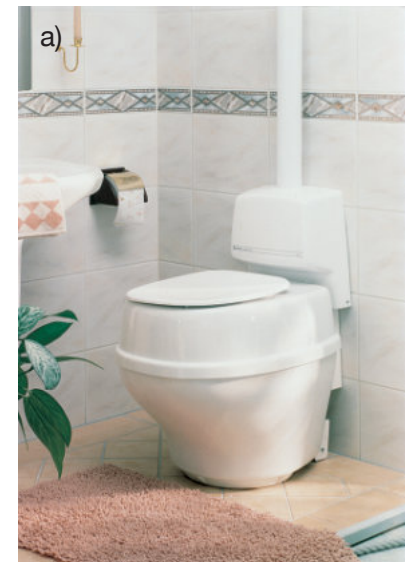
Vorstellbar ist der Einsatz solcher Kleinkammertoiletten auch im Großstadtbereich. Der in kompostierbaren Tüten und kleinen Sammelbehältern gesammelte Kot kann wie der organische Hausmüll oder zusammen mit diesem abgeholt und zu einer Kompostierungs- oder Vergärungsanlage gebracht werden. Entsprechend funktionierende Transportsysteme sind bereits aus dem letzten Jahrhundert bekannt (vgl. Kap.1) und es werden ja auch Windeln von Kindern und Alten selbstverständlich über den Hausmüll entsorgt.

Der Urin kann (z.B. unter Zugabe geringer Mengen von Essigsäure) in außen liegenden belüfteten Sammelbehältern zwischengelagert und regelmäßig in die Landwirtschaft abtransportiert werden. Urin ist grundsätzlich landwirtschaftlich verwertbar und kann z.B. in einer Verdünnung von 1 Teil Urin und 8 Teilen Wasser (z.B. Regentonnenwasser!) ausgebracht werden.

**Abb. 42:**

Kleinkammertoilette mit Urintrennung a) Foto b) Skizze c) Entleerung

(Modell Coloni, Fa. Separett, Foto Schönberger)



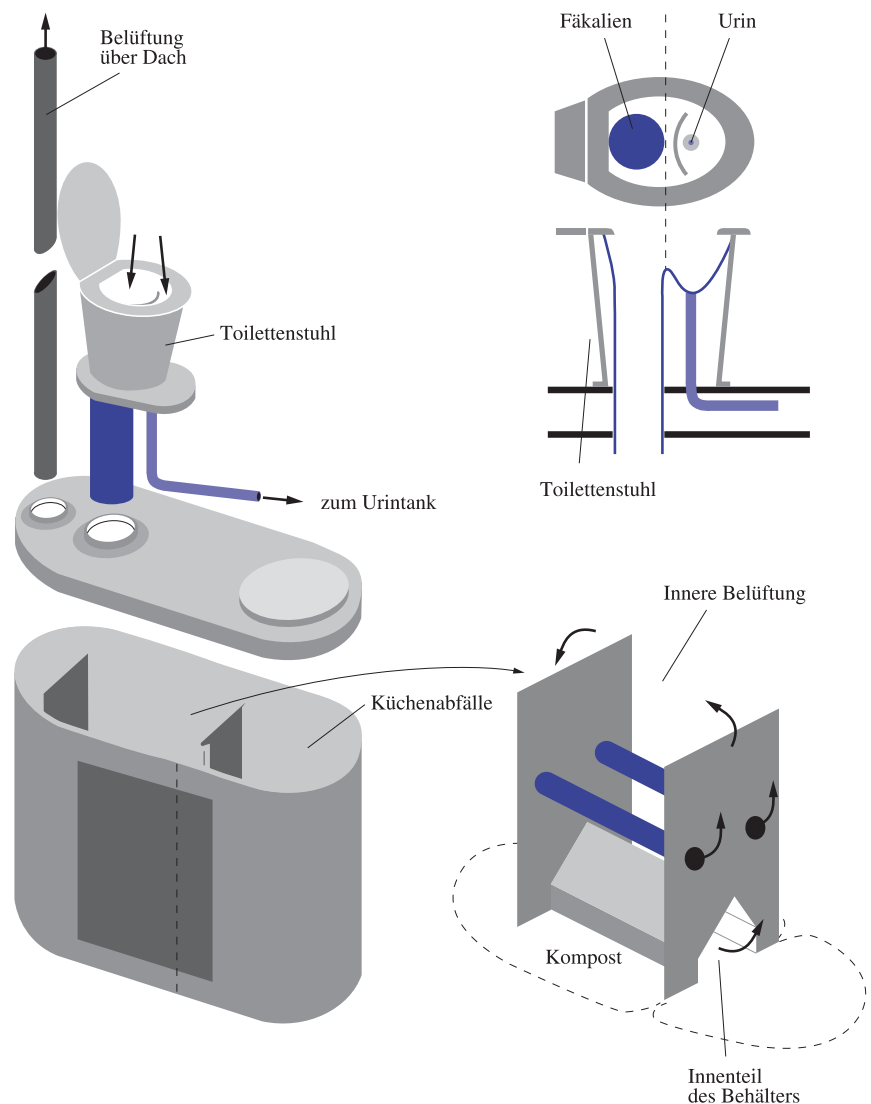
Von einigen Kritikern (u.a. von Anthroposophen) wird eingewendet, dass menschliche Ausscheidungen nicht zur direkten Rückführung in den menschlichen Nahrungskreislauf geeignet sind, da sie möglicherweise zu Dekadenzerscheinungen in der menschlichen Entwicklung führen. Sie raten daher, vorzugsweise Futterpflanzen oder Zierpflanzen zu düngen oder längere Behandlungszeiten einzuhalten.

Eine Ableitung oder der Transport zur nächsten Kanalisation bzw. Kläranlage sollte nur in Betracht gezogen werden, wenn die landwirtschaftliche Nutzung ausgeschlossen ist. Für die Urinableitung, insbesondere ohne verdünnendes Wasser, reicht ein Querschnitt von 50 mm. Möglich erscheint auch die historisch belegte Methode der Urinverrieselung über regengeschützte Lehmwände zur Salpetergewinnung (vgl. Kap. 4.4).

Das Problem der **'Benutzerakzeptanz'** darf bei Überlegungen zu Komposttoiletten nicht vergessen werden. Neben allen mittlerweile bekannten technischen Mängeln vorhandener Anlagen sind solche 'lebenden' Anlagen vom Standort, der Handhabung und individuellen Konstruktionsdetails wie z.B. der Abluftanlage (z.B. Stärke des Abzugsventilators, Abzugsrohrdurchmesser, Länge und Form des Abluftrohrs) abhängig. Grundsätzlich verlangen solche Anlagen daher eine gewisse Flexibilität im Denken und Handeln.

**Abb. 43:**

Großkammertoilette mit Urintrennung (nach Fa. Fornyet, Dänemark)





Andererseits ist die Tatsache, dass technische Anlagen nur so gut funktionieren, wie sie geplant, gebaut und benutzt werden, eine Binsenweisheit, und bei alltäglich gewordenen Anlagen macht man sich darüber keine Gedanken mehr. Oft hat man sich an die eine oder andere Fehlplanung oder Unbequemlichkeit so gewöhnt, dass sie als solche nicht mehr empfunden wird. Fazit: Eine wesentliche Voraussetzung für die Durchsetzung des Kompostklos liegt im Allgemeinen Umgang und der Gewöhnung. An der Universität Harvard in den USA wird versucht, die Wartung durch eine Microchip-Regelung zu vereinfachen. Dieser Komposter-Typ ist noch nicht auf dem Markt.

Eine interessante Erfahrung ist von Kindern bekannt, die zuhause an Komposttoiletten gewöhnt sind und deshalb z.B. in Kindergarten oder Schule regelmäßig vergessen, die WC-Spülung zu bedienen. Es bleibt zu hoffen, dass die Bereitschaft, sich selbst um seine eigenen Ausscheidungen zu kümmern, mit den „nachwachsenden Generationen“ steigt. Die Kompostierung der eigenen Fäkalien ist überall dort eine gute Möglichkeit, sich von zentralen Entsorgungseinrichtungen unabhängig zu machen, wo in unmittelbarer Umgebung genug Fläche (ca. 250 m<sup>2</sup>/Person) zur Düngung zur Verfügung steht.

## 4.7 Wassersparende Verhaltensweisen

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Wohn- und Verwaltungsgebäude im Hinblick auf Wassersparmöglichkeiten untersucht. Die Ausrüstung von etwa 100 Mietwohnungen in Hannover mit neuen wassersparenden Armaturen und Toiletten z.B. ergab im Durchschnitt Verbrauchsreduzierungen von 37 l pro Einwohner und Tag (21 %). Nach der Umrüstung wurden die Bewohner befragt. Daraus ergaben sich folgende Erkenntnisse (MÖHLE 1994):

- Die Toiletten mit 6-l-Spülvolumen und Spartaste wurden überwiegend besser beurteilt als die alten mit 9-l-Spülvolumen.
- Die Durchflussbegrenzer in den Duschen wurden überwiegend abgelehnt. Sie haben hier auch keinen Spareffekt gezeigt.
- Die thermostatischen Mischbatterien haben - entgegen den Erfahrungen in Finnland - keinen Einspareffekt ergeben. Hinweis der Benutzer: „Das Duschen macht jetzt erst recht Spaß.“

In den alten Bundesländern wird das an die Verbraucher abgegebene Wasser generell gemessen (Wasserzählertarife). Dadurch ist die Höhe des Wasserverbrauchs der einzelnen Abnehmergruppen bekannt. Auch die Wasserverluste im Rohrnetz können eingegrenzt werden.

Die Zählertarife bieten außerdem ökonomische Anreize zum sparsamen Umgang mit Wasser für einen Teil der Bevölkerung (Einfamilienhausbesitzer). Darüber hinaus ist eine verbrauchsgerechte Abrechnung der Warmwasserkosten bei zentraler Warmwasserversorgung durch Verordnung vorgeschrieben.

Bei Mietern in Mehrfamilienhäusern werden die Wasserkosten und Abwassergebühren überwiegend nach der Wohnungsfläche oder der Personenzahl, unabhängig vom Verbrauch, umgelegt. Einzelne Mieter profitieren also nur

Infos zu Kleinkammertoiletten mit Urinseparation u.a. Fa. SANKONZEPT, Freiburg, od. Schönberger, Langenhain, [www.schoenberger.org](http://www.schoenberger.org)

anteilmäßig an eigenen Investitionen in Wassersparmaßnahmen. Auch für die Hausbesitzer gibt es keinerlei Anreize, in wassersparende Armaturen zu investieren, da hiervon über die niedrigeren Wasserkosten lediglich die Mieter profitieren.

Die Hamburger Wasserwerke haben ein Programm zur Einrichtung von Wohnungswasserzählern aufgestellt, um auch Mieter zum sparsamen Umgang mit Wasser anzuhalten. Bei Neubauten oder Wohnungsmodernisierungen sind Wohnungswasserzähler nach der hamburgischen Bauordnung vorgeschrieben, sie lassen sich verhältnismäßig problemlos einbauen. Für Altbauten wurde ein spezieller Ventiltähler entwickelt, der häufig in das Hauptabsperrventil der Wohnung eingesetzt werden kann. In 40.000 mit Wohnungswasserzählern ausgerüsteten Wohnungen reduzierte sich der Wasserverbrauch gegenüber dem übrigen Wohnungsbestand um 18%. Der Verbrauch beträgt in solchen Wohnungen im Mittel 112 l pro Einwohner und Tag, in den übrigen 132 l pro Einwohner und Tag (MÖHLE 1994).

### Lotus-Blumen-Effekt

#### **Neue schmutzabweisende Oberflächenbeschichtung auch für Sanitärkeramik**

Bei den Blättern der Lotusblume fiel auf, dass Wasser auf Ihnen besonders gut abperlt. Diesen Effekt versucht man bei den „Nanooberflächen“ nachzuahmen. Die meisten der Techniken versuchen, Partikel von einer Größe im Bereich von millionstel Millimeter auf die Oberflächen aufzubringen. Damit wird die Oberfläche extrem hydrophob und damit indirekt auch schmutzabweisend.

Inzwischen bieten fast alle großen Sanitärhersteller solche Oberflächen für ihre Produkte an. Der Mehrpreis beträgt zwischen 80-100 DM pro Sanitärgegenstand. Die Erfahrungen bei Sanitärkeramik mit diesen Oberflächenbeschichtungen sind jedoch weniger positiv als es die Hersteller glauben machen wollen. Zwar ist der Effekt des besseren Abperlens von Wasser deutlich zu sehen, d.h. jedoch noch nicht, dass es auch den Schmutz besser abtransportieren würde. Welches Entwicklungspotential in solchen Nanooberflächen für die Entwicklung von wassersparenden und ökologischen Sanitärkonzepten liegt, ist derzeit noch nicht abschätzbar.

### Tips zum Wassersparen und Gewässerschutz

- Spartaste bei Toiletten soweit vorhanden benutzen, ggf. nachrüsten
- Verstopfte Abläufe mit Saugnapf statt Chemikalien reinigen
- Spültischabläufe und Toiletten sind keine Abfalleimer: Chemikalien, Zigarettenskippen, Wegwerfwindeln, Verpackungen, Bratölreste, organische Küchenabfälle usw. gehören in den Mülleimer, zur Sondermüll-Sammelstelle bzw. in den Komposter oder die Biogasanlage
- Undichte Armaturen reparieren lassen, ggf. Spararmaturen nachrüsten
- Duschen statt Baden, nicht täglich duschen (schont auch die Haut)
- Seife statt Shampoos, die in starkem Maße Schaum bilden, zur Körperpflege verwenden
- Wasserfluss während des Zähneputzens oder Einseifens beim Duschen unterbrechen
- Geschirr und Gemüse nicht unter fließendem Wasser reinigen
- Richtige Vorbehandlung des Geschirrs spart Reinigungsmiteleinsetz in den Spülmaschinen
- Pfannen und Töpfe nur mit der effektiv benötigten Wassermenge füllen (Deckel nicht vergessen)
- Wasserspeicherfähigkeit des Gartenbodens erhöhen durch Bodenverbesserungsstoffe wie Kompost usw. (Rasen braucht wegen seiner geringen Bodendurchwurzelung ein Vielfaches an Wasser gegenüber einer Naturwiese)
- Garten am Abend wässern (weniger Verdunstungsverluste); Kanne und Regentonne statt Schlauch benutzen
- Gemüsekulturen hacken und mulchen statt wässern
- Im Winter Leitungen nicht durch ständiges Laufenlassen vor dem Einfrieren schützen, sondern leeren
- Statt Duftspender in den Toilettenschüsseln andere Maßnahmen zur Sauberhaltung der Toiletten treffen (z.B. sollten Männer beim Pinkeln sitzen)
- Beim Kauf einer Waschmaschine Waschmittelverbrauch zum Kriterium machen; neue Techniken, z.B. sog. „Öko-Schleusen“ führen zu einer Reduktion des Waschmittelbedarfs von über 20 %
- Wasch- und Spülmaschine ganz füllen; ggf. Spar- oder Kurzprogramme verwenden und auf Vorwäsche verzichten
- Kleider vermehrt auslüften statt waschen; Kleider aus Naturfasern müssen weniger häufig gewaschen werden
- Verwendung von Baukastenwaschmitteln
- Badewasser oder Waschlauge zum Einweichen schmutziger Wäsche wiederverwenden
- In Ferienhäusern Toilettensyphons durch vollständiges Entleeren oder durch Beigabe von Wein statt Frostschutzmittel vor dem Einfrieren bewahren
- Gegen Eis Sägemehl, Sand oder Splitt statt Salz auf Gartenwege oder Einfahrten streuen
- Verwendung ökologischer Wasch-, Putz- und Fleckenmittel; sparsame Dosierung! Magneten können offenbar Enthärter ersetzen (Testen !)
- Biologische Gartenbaumethoden statt Einsatz von Kunstdüngern, Unkrautvertilger usw.
- Kauf von Lebensmitteln aus ökologischem Anbau
- Entsiegelung von Hof- & Wegeflächen; Regenwasser (z.B. auf Grünflächen) versickern statt ableiten
- Regenwasserzisternen für Toilette und Waschmaschine nutzen
- Auto nur in Waschanlagen mit Wasserkreislauf (Reinigung und Wiederverwendung des Waschwassers) waschen

Tab. 40:

Tips zum Wassersparen und Gewässerschutz durch Verhaltensänderungen (nach ÖKO-INSTITUT 1995, Anhangsband Teil III, SCHMID, S.34, verändert)

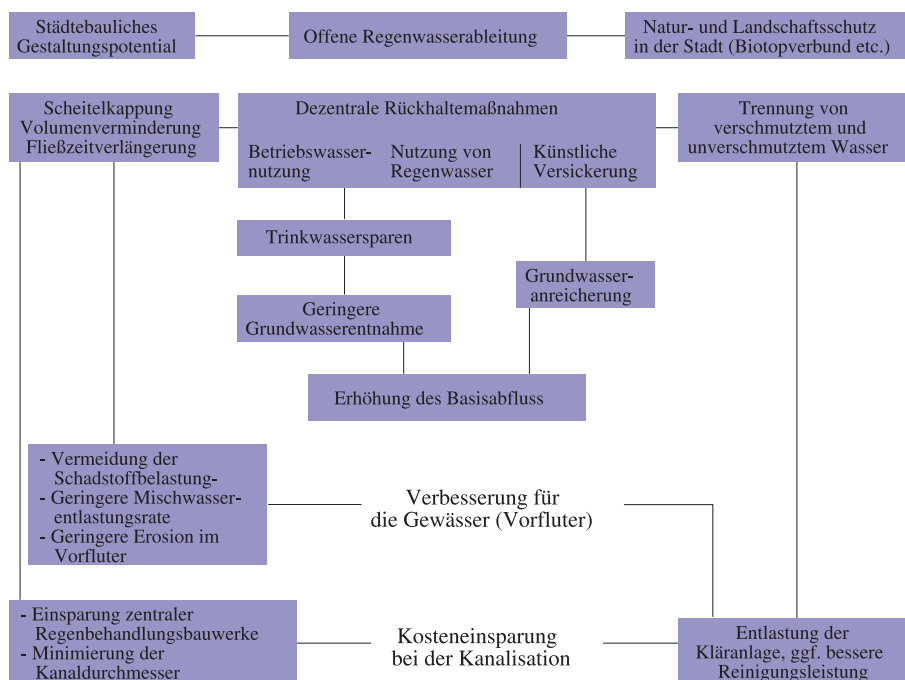


# 5. Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung

Angesichts des zunehmenden „Flächenverbrauchs“ und der damit verbundenen Versiegelung wird das Thema „Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung“ immer wichtiger. Dazu zählen die direkte (Nichtversiegelung bzw. Entsiegelung) und indirekte Versickerung (z.B. Muldensystem) sowie die Regenwasserspeicherung (ggf. zur Nutzung als Brauchwasser) sowie die Begrünung von Dächern. Maßnahmen zur dezentralen Rückhaltung von Niederschlagswasser können im Wesentlichen

- zur Scheitelerniedrigung bei Hochwasser der Unterlieger beitragen (ADAMS 1993),
- Trinkwasser sparen (Regenwassernutzung, vgl. Kap. 5.2)
- oder zur Grundwasserneubildung beitragen.

Die weitergehenden Vorteile (Auswirkungen) der dezentralen Rückhaltemaßnahmen sind in einer Übersicht (Abb. 44) dargestellt.



**Abb. 44:**

Ziele und Auswirkungen von dezentralen Rückhaltemaßnahmen (verändert nach MEHLER 1992).

Neben den Vorteilen ist jedoch vor der Entscheidung für die Versickerung von Niederschlagswasser die Gefährdung des Grundwassers zu prüfen (vgl. BORWARDT 1994, BOLLER 1998, FÖRSTER 1998, MEISSNER 1998).

**Literaturtipp!**

GEIGER & DREISEITL (1995): Neue Wege für das Regenwasser.- Oldenbourg-Verlag: 293 S.

Nach dem Abwasserabgabengesetz gilt auch **Niederschlagswasser als Abwasser**, sobald es aus dem Bereich von bebauten und befestigten Flächen abfließt. Dieses muss dann ordnungsgemäß abgeführt werden. Die Nichtversiegelung bzw. Entsiegelung von Hofflächen, Anfahrten, etc. gilt als natürliche Versickerung und ist daher nicht genehmigungspflichtig. Dagegen sind technische Anlagen zur Versickerung (von Abwasser) grundsätzlich genehmigungspflichtig. Die Versickerung kann im Bebauungsplan bindend vorgeschrieben werden, und in Nordrhein-Westfalen muss seit Anfang 1996 Regenwasser in Neubaugebieten dort versickert werden, wo dies sinnvollerweise möglich ist. Einige Gemeinden hatten bereits vor Jahren in Bebauungsplänen den Bau von Regenwasserzisternen (wie z.B. Remshalden, BW) und/oder die Versickerung für Neubauten, entgegen den damals geltenden wassergesetzlichen Vorgaben, festgeschrieben. Das Land Baden-Württemberg hat erst nach langen Diskussionen diesem Vorgehen durch die Änderung der Landesbauordnung zugestimmt.

**Zur Beschaffenheit des Niederschlagswassers**

## 5.1. Versickerung von Niederschlagswasser

Bisher ist durch das Arbeitsblatt A 138 - „Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser“ nur das Versickern von Dachwasser anerkannte Regel der Technik. Die Versickerung der Abflüsse von Hof- und Verkehrsflächen wurde von der ATV in diesem Arbeitsblatt A 138 zunächst ausgeklammert, da zum Zeitpunkt der Bearbeitung nicht genügend Erfahrungen vorlagen.

Mittlerweile herrscht auch seitens der konventionellen Wasserwirtschaft weitgehende Einigkeit über den grundsätzlichen Nutzen der Versickerung von „nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser“ und wird daher auch von den meisten Landesbauordnungen so vorgesehen oder sogar begrüßt.

Die Versickerung der Abflüsse von Hof- und Verkehrsflächen aus Gründen des Grundwasserschutzes prinzipiell abzulehnen, erscheint vielen nach den vorliegenden Erkenntnissen inzwischen unverhältnismäßig gegenüber den Vorteilen (Verbesserung der Grundwasserneubildung und des städtischen Kleinklimas), die sie mit sich bringt. Nicht zuletzt setzen sich Maßnahmen der Versickerung vor allem aus Kostengründen durch. Das könnte dazu führen, dass die **potentielle Gefährdung des Grundwassers** durch Schadstoffe, die mit dem zu versickernden Niederschlagswasser ins Grundwasser gelangen, in Zukunft unterschätzt wird.

Daraus sollte u.E. jedoch vor allem der Schluss gezogen werden, dass kein Weg daran vorbei geht, die Schadstoffe an der Quelle zurückzuhalten oder noch besser ganz zu vermeiden (vgl. auch STECKER & HUHN 1993).

Im Sinne der Fehlerfreundlichkeit und der Vorsorge sollte eine Versickerung immer durch eine belebte Bodenschicht erfolgen. Einige Arbeiten haben gezeigt, dass vor allem die ersten Zentimeter Boden oder der Faulschlamm von Versickerungsteichen ein großes Rückhalte- und Umbauvermögen besitzen (z.B. GROTEHUSMANN et al. 1993, LESCHBER & PERNAK 1994). Wie groß und wie andauernd das Rückhaltevermögen allerdings ist, darüber liegen bisher nur sehr wenige Untersuchungen vor (HOEHN 1996, BOLLER 1998). Die extremsten und längsten Erfahrungen mit Versickerung liegen bei Rieselfeldern vor. So zeigen Untersuchungen an verschiedenen Rieselfeldern (z.B. dem Freiburger Rieselfeld, auf dem über 80 Jahre die Abwässer Freiburgs verrieselt wurden), dass sowohl die Schadstoffbelastung der Böden sowie des Grundwassers zwar deutlich messbar sind, aber lange nicht so hoch, wie man erwarten könnte (BLUME & HORN 1982, MEISSNER et al. 1993).

Wie aus den Tab. 20 und 41 hervorgeht, ist Regenwasser, schon bevor es auf irgendwelche Flächen trifft, mit einer Vielzahl von Stoffen menschlicher (=anthropogener Herkunft) belastet. Aus Messungen der Inhaltsstoffe ergibt sich, dass die Belastung von Niederschlagswasser in der Reihenfolge Regenwasser - Dachablaufwasser - Straßenablaufwasser zunimmt (vgl. Tab. 41).

Die höchsten Belastungen zeigen die Abwässer viel befahrener Straßen (HOEHN 1996), insbesondere von Autobahnen (KLEIN 1982).



Parameter	Nieder- schlag	Dach- ablauf- wasser	Straßen- ablauf- wasser	Regenwas- ser im qual. Trenn- system	Trink- wasser- verordnung
<b>pH-Wert</b>	3 - 8,5	4,9 - 9,3	6,4 - 7,6	6,6 - 7,3	6,5 - 9,5
<b>LF [<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>]</b>	19 - 325	12 - 1.400	108 - 962	-	2.000
	[mg/l]				
<b>AFS</b>	5 - 13	3 - 949	134 - 937	134 - 252	
<b>CSB</b>	8 - 22,5	5 - 399	47 - 146	-	-
<b>TOC</b>	~ 1,5	0,9 - 96	12 - 28,3	-	-
<b>NH<sub>4</sub>-N</b>	~ 0,2	0,6 - 4	4 - 14,4	~ 0,8	< 1
<b>NO<sub>3</sub>-N</b>	0,6 - 0,7	0,2 - 8	0,04 - 11,4	-	< 50
<b>NO<sub>2</sub>-N</b>	~ 0,05	0,3 - 0,5	0,02 - 0,7	1,8 - 3,5	< 0,1
<b>PO<sub>4</sub>-Ges.</b>	0,04 - 0,3	0,02 - 1,7	0,6 - 2,3	0,3 - 1,7	< 6,7
<b>Chloride</b>	1 - 10	0,5 - 173	86 - 357	-	< 250
	[ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]				
<b>Blei</b>	1 - 80	1 - 300	21 - 900	163 - 304	< 40
<b>Cadmium</b>	1 - 3	1 - 4,4	2,8 - 28	2,8 - 6,1	< 5
<b>Zink</b>	50 - 199	50 - 450	320 - 2000	320 - 440	-
<b>Kupfer</b>	7 - 200	10 - 880	10 - 400	58 - 136	-
<b>Nickel</b>	~ 5	0,5 - 10,6	35 - 63	~ 35	< 50
<b>PAK</b>	n.n.	~ 0,5	0,24 - 3	0,2 - 2,9	< 0,2

Die vergleichsweise geringe Belastung von Regen- und Dachablaufwasser lässt in aller Regel eine Versickerung durch eine „belebte Bodenschicht“ oder eine Nutzung als Betriebswasser zu (Gartenbewässerung, Klospülung, Wäsche waschen). Es hat sich inzwischen durchgesetzt, dass für eine Versickerung folgende Voraussetzungen erfüllt sein müssen:

- die mittlere Durchlässigkeit des Sickerraumes unterhalb der Versickerungsanlage sollte zwischen  $10^{-5}$  und  $10^{-3}$  m/s liegen
- die Distanz zum Grundwasser unterhalb der Versickerungsanlage sollte größer gleich einem Meter sein
- es sollten keine kritischen Vorbelastungen des Untergrundes mit mobilisierbaren wassergefährdenden Stoffen vorhanden sein
- das Verhältnis von Entwässerungsfläche zu Infiltrationsfläche sollte kleiner 15:1 sein
- die Versickerung sollte in aller Regel durch die belebte Bodenzone erfolgen (Ausnahme: Überlauf von Regenwasserspeichern als Rigolenversickerung mit vorgeschalteter Filterung und Sedimentation)
- die Anlage sollte außerhalb der Wasserschutzzonen I und II liegen

REMMLER & SCHÖTTLER 1994 bewerten die dezentrale Versickerung von Dach- bzw. Terrassenabflüssen nach A 138 als unbedenklich, die Versickerung der Niederschlagsabflüsse von Straßen-, Parkplatz- und öffentlichen Flächen mit geeigneten Verfahren (vgl. Kap. 6.12) als **tolerierbar**, hingegen die Versickerung von Hof- und Wegeflächen von Industrie und Gewerbe für **nicht tolerierbar**. Die Niederschlagsabflüsse aus Gewerbeflächen müssen zwar nicht zwangsläufig

**Tab. 41:**

Konzentrationsbereiche einiger Parameter verschiedener Niederschlagswasser (übernommen aus MEHLER, 1992; zusammengestellt aus ATV LHB 1983, Bullermann et al. 1989, GROTEHUSMAN et al. 1993, GOLWER & SCHNEIDER 1979/82, GROTTKER 1987, TRINKWASSERVERORDNUNG 1989, XANTOPOULOS 1992). Die Tabelle gibt nur einen kleinen Ausschnitt der Belastung wieder. In Zeiten der Pestizidausbringung kommt es teilweise zu sehr hohen Wirkstoffkonzentrationen (AFS=Abfiltrierbare Stoffe, PAK=Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe)

### Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung kann Kosten sparen!

#### Literaturtipp!

Beispiele von Versickerungsanlagen, Berechnungsgrundlagen sowie eine Einheitspreisliste für verschiedene Versickerungsanlagen finden sich in Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau 1997

stärker als Straßen mit Schadstoffen belastet sein (Einzelfallprüfung nach Plausibilitätskriterien wäre denkbar), aber spätere Änderungen des Gewerbes und damit das Gefährdungspotential sind auf Dauer nur schwer kontrollierbar. In den letzten Jahren gab es eine Reihe von grundlegenden Forschungsarbeiten zu fast allen Aspekten der Regenwasserversickerung. Darunter das groß angelegte BMFT-Verbundprojekt „Regenwasserversickerung in Siedlungsgebieten“. Der Ortsteil Hameln / Tündern (ländliche Gemeinde, 2300 Einwohner, 500 Grundstücke) wird durch flächendeckendes Mischwasserkanalsystem entwässert. Erweiterungen der Wohnbauflächen hätten konventionelle Sanierungskosten in Höhe von 4,4 Mio. notwendig gemacht. Durch Langzeitsimulationen wurde nachgewiesen, dass in Tündern, durch Abkopplung von ca. 34.000 m<sup>2</sup> befestigter Fläche vom Mischkanal, die Überstauhäufigkeit in den betreffenden Netzabschnitten auf ein tolerierbares Maß reduziert werden kann und bereits bei der Abkopplung von 15.000 m<sup>2</sup> die gültigen Grenzwerte für die Schmutzfrachtentlastung am Regenüberlauf erreicht werden (Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau 1997).

Gegenüber der konventionellen Sanierung bzw. Erweiterung des Kanalnetzes wurde für das Pilotprojekt eine Kostenersparnis von knapp 3 Mio. DM errechnet. Die durchschnittlichen Herstellungskosten der Versickerungsanlagen auf Privatgrundstücken lagen in Tündern (ohne Eigenleistung der Grundstücksbesitzer) bei ca. 18,- DM / m<sup>2</sup>, im Bereich der öffentlichen Straßen beim 10 - 20-fachen. Die hohe Beteiligung wird unter anderem mit dem finanziellen Anreiz in Höhe von 10 DM je m<sup>2</sup> abgekoppelter Fläche erklärt.

Die Durchlässigkeit des Untergrundes von  $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  stellt in Tündern den „Anwendungsgrenzfall“ dar. Nach Einbeziehung grünplanerischer Belange kam man auf 8% der Grundstücksfläche, die für eine dezentrale Muldenversickerung benötigt wird und auch anderweitig (z.B. als Erholungsfläche) nutzbar bleibt.

Hydraulische Entlastung des vorhandenen Kanalnetzes und damit Kosteneinsparung beim Neubau oder der Sanierung der Kanalisation (Bemessung des Kanalnetzes) sind Rückhaltemaßnahmen von unverschmutztem Wasser für die Dimensionierung des Kanalnetzes nur dann von Bedeutung, wenn die Mengen der Rückhaltung mindestens so groß sind wie der Bemessungsniederschlag (siehe ATV-Arbeitsblätter A-118, 1977 u. A-138, 1990, ALBRECHT 1988, UHL 1993). SIEKER 1996 geht davon aus, dass sich solche dezentralen Maßnahmen der Versickerung potentiell auf ca. 50 % aller derzeit an Ableitungssysteme angeschlossenen Flächen sinnvoll anwenden ließen. Am Beispiel des Moselhochwassers vom Dezember 1993 errechnet Sieker eine „urban bedingte Abflussverschärfung“ in der Größenordnung von 8 %. Unter ähnlichen Voraussetzung (z.B. eines Versiegelungsgrades von 4% und eines Umstellungspotentials von 50 %) geht SIEKER davon aus, dass für das gesamte Einzugsgebiet des Oberrheins (61.000km<sup>2</sup>) innerhalb deutscher Grenzen das Dämpfungspotential solcher dezentralen Versickerungsmaßnahmen in der Größenordnung von 3 - 10 % liegt. Er sieht in der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung ein ähnlich hohes Potential zur Hochwasserdämpfung wie das der vorgesehenen Polder im Bereich des hessischen Rieds (ca. 200 Mio. m<sup>3</sup>). Wesentliches Merkmal der Kombination aus Versickerung und Speicherung der dezentralen

Regenwasserbewirtschaftung ist, dass der dezentrale Speicherraum im Gegensatz zu Poldern während einer hochwasserbildenden Niederschlagsperiode mehrfach gefüllt werden kann.

Wie sich solche flächendeckenden Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung auf die Hochwasserscheitel unter bestimmten Bedingungen auswirkt, wird derzeit untersucht.

### Hochwasser - Wer ist schuld ?

Die erste Sorge der „Wasserbauer“ gilt dem Schutz vor (Schaden durch) Hochwasser. Schon früh sind entsprechende Maßnahmen an den Gewässern vorgenommen worden, dieses möglichst schnell abfließen zu lassen. Oftmals wurde damit das Hochwasserproblem nur an den Unterlieger weitergegeben, der dann ähnliche Maßnahmen in seinem Abschnitt unternahm usw. Bei kleineren Gewässern kann die Versiegelung und der damit verbundene schnellere Regenwasserabfluss (ggf. durch die Kanalisation) einen deutlichen Einfluss auf die Hochwasserintensität haben. Für Hochwasserereignisse an größeren Flüssen hat sie eher untergeordnete Bedeutung. Hierbei spielen die „Begradigung“ der Bäche und Flüsse sowie Erosion und Verdichtung der Böden und Waldschäden (PLATE et al. 1986) im gesamten Einzugsgebiet eine bedeutendere Rolle.

### Beispiel Hochwasser am Rhein

Obwohl sich der Rhein durch ein relativ ausgeglichenes „Abflussregime“ auszeichnet, kommt es immer wieder zu katastrophalen Hochwassern. Dies geschieht meistens dann, wenn hohe Abflüsse aus Niederschlägen oder Schmelzwässern der Alpen und des Alpenvorlandes (einschließlich Aare) mit Abflüssen aus den Einzugsgebieten der sich anschließenden Mittelgebirge zusammentreffen. So kommt es z.B. häufig vor, dass die Hochwasserwelle des Rheins mit der des Neckars zusammentrifft, da der Neckar aus dem gleichen Niederschlagsgebiet im Bereich des Schwarzwaldes gespeist wird wie der Rhein. Die Hochwasserwelle des Mains dagegen ist seit Beginn der Beobachtungen im 18. Jahrhundert nur ein einziges Mal (1970) mit der Hochwasserwelle des Rheins zusammengetroffen. Besonders im Oberrheingebiet lassen sich 2 Typen von Hochwassern unterscheiden:

- **Sommerhochwasser:** Sie werden meist durch lokale hohe Niederschläge verursacht, so z.B. im Juni 1876, dem bisher höchsten Hochwasser, das am Pegel Basel (seit 1808 regelmäßige Aufzeichnungen) registriert worden ist. Außerordentlich starke Niederschläge und rasch abschmelzende Schneemassen ließen die Flüsse erheblich ansteigen. Im Einzugsgebiet der Thur fielen in drei Tagen über 300 mm Niederschlag und der Spiegel des Bodensees erhöhte sich innerhalb von 2 Tagen um 63 cm. Die hohen Abflüsse der Thur, der Töss und der Aare führten zu einer gewaltigen Flutwelle, die jedoch von Straßburg an abnahm, da sich Main und Mosel kaum beteiligten.
- **Winterhochwasser:** Sie zeichnen sich durch gleichzeitige hohe Niederschläge und das Abschmelzen vorher entstandener Schneedecken. So entstand das Hochwasser um die Jahreswende 1882/1883, eines der am besten beobachteten und verheerendsten Hochwasser, bei dem die Deiche an vielen Stellen brachen. In ungünstigen Fällen sind die Niederschläge so verteilt, dass es zunächst im Voralpenland, dann im Schwarzwald und den Vogesen und noch später im restlichen Einzugsgebiet regnet, so dass die Hochwasserwellen des Rheins und der Nebenflüsse Neckar, Mosel und Main zusammentreffen. Dies geschah so beim Hochwasser der Jahreswende 1925/1926. Hier traf der Scheitel der Mosel am 1.1.1926 auf die Rheinwelle in Koblenz. Zu besonders hohen Überschwemmungen kommt es bei Eishochwassern auch dann, wenn sich durch Eisgang das Wasser staut.

## Literaturtipp!

STECKER, A (1997): Planungsgrundlagen der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung.- Seminarband IWH Uni Hannover - Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten

Tab. 42:

Sickerspenden von gesättigten Böden. Die Sickerleistung  $Q_v$  einer Fläche lässt sich abschätzen nach  $Q_v = k_B \cdot \pi \cdot F$  ( $\pi$  = Versickerungswert des Belages,  $k_B$  = Durchlässigkeitsbeiwert des gesättigten Bodens,  $F$  = Versicke-

Bodenart	Kf-Wert	Sickerspende	
		m/s	L/(s*ha)
Sand	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-2}$	500
Lehmiger Sand	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-2}$	200
Sandiger Lehm	$8 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-3}$	80
Lehm	$4 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-3}$	40
Schluffiger Lehm	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-3}$	20

#### Versickerungsbeiwerte verschiedener Beläge (nach DIN 1986):

Pflaster mit Fugenverguss oder Sperrschicht 0-1, Betonverbundsteine, Klinkersteine, Mosaiksteine 0,4, Dränasphalt 0,5, Rasengittersteine, unbefestigte Sandflächen 0,5-0,75, Rollrasen, Vorgärten, Parks 0,75-1, Flächenversickerung poröses Pflaster 1,0

### 5.1.1 Anhaltswerte für die Bemessung von Versickerungseinrichtungen

Im Mittel liegen in Deutschland 90 % aller Niederschlagsspenden unter  $80 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$ . Für die Auslegung eines Regenwasserkanals wird die jährlich überschrittene Regenspende  $r_{15}^1$  in  $\text{l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$  für eine Regendauer von  $T_n = 15$  min verwendet (ATV A 118)  $\approx 100 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$ . Das Speichervolumen des Kanals reicht dann in der Regel aus, um kurzzeitig auch größere Regenspenden ausreichend ableiten zu können. Da bei der flächigen Versickerung in der Regel kein Speicher angesetzt werden kann, muss eine entsprechend höhere Niederschlagsspende angesetzt werden. Im ATV-Arbeitsblatt 138: Bau und Bemessung entwässerungstechnischer Anlagen zur Versickerung von unverschmutztem Niederschlagswasser wird hierfür ein Bemessungsregen von 10 min Dauer mit einer Wiederholungszeitspanne von  $T_n = 5a$  empfohlen. Danach liegen, nach dem Zeitbeiwertverfahren berechnet, die Regenspenden in etwa im Bereich von ca.  $225 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$  im norddeutschen Raum und ca.  $270 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$  im süddeutschen Raum. Daraus ergibt sich entsprechend die Menge, die zur flächigen Versickerung angesetzt werden sollte. Wieviel der Regenspende pro Fläche tatsächlich versickert, hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab. Zunächst muss es einen gewissen Flurabstand geben, damit überhaupt etwas versickern kann. Dann gehören zu den wesentlichen Faktoren die Durchlässigkeit des Untergrundes (gewachsener Boden), der Aufbau der Tragschicht und Sickerfähigkeit des Oberbodens. Das ATV-Arbeitsblatt 138 gibt als Richtwert für die Durchlässigkeit des Bodens einen Beiwert  $k_j$  von  $5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  an. Dieser Wert ist nicht als Grenzwert zu verstehen. Auch bei Böden mit geringerer Durchlässigkeit ist eine dezentrale Versickerung noch möglich. Vielmehr sollen so die Entleerungszeiten der Mulden begrenzt werden. Bei Böden mit geringeren Durchlässigkeiten ist z.B. eine Langzeitsimulation als Nachweis für die Anlagendimensionierung anzuwenden. Je nach Belastung kann die Sickerfähigkeit des Belages im Laufe der Zeit stark abnehmen, dies ist bei der Bemessung unbedingt zu berücksichtigen und kann unter Umständen durch Maßnahmen der Unterhaltung/Wartung kompensiert werden. Zu berücksichtigen ist auch, dass die Sickerfähigkeit eines Belages bzw. eines Untergrundes mit der Regendauer deutlich abnehmen kann. Messungen zufolge fällt die Versickerungsgeschwindigkeit in den meisten Böden innerhalb von 2 Stunden bis auf einen Minimumwert (Endwert) ab. Regelmäßiges Trockenfallen der Versickerungsflächen gewährleistet in der Regel die Regeneration der Sickerfähigkeit des Oberbodens. Darauf zumindest ist die Bemessung nach ATV 138 ausgelegt (s.o.). Die Sickerfähigkeit eines Bodens wird über den Durchlässigkeitsbeiwert  $k$  ausgedrückt. Durchlässigkeitsbeiwert  $k$  in  $\text{m/s}$  und Niederschlagsintensität  $i$  in  $\text{mm/h}$  haben die gleiche Dimension: So entspricht z.B. ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $k = 3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ mm/s} = 300 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$ . Angaben zu den Sickerspenden von Böden siehe Tab. 42.

Um die zur Versickerung des auf versiegelten Flächen anfallenden Niederschlags notwendige Fläche abschätzen zu können, sind für unterschiedliche Beläge „Versickerungsbeiwerte“ bestimmt worden. Außerdem kann man davon ausgehen, dass sich auch die Speicherkapazität der Flächen unterscheidet.

Art der Versickerung	Dimensionierung
Flächenversiegelung	Maßgebender Parameter ist der Versiegelungsgrad der Versickerungsfläche, bei einem $k_f=10^{-4}$ zwischen 30-100% der versiegelten Fläche
Muldenversickerung	$K_f > 10^{-6}$ m/s, Flächenbedarf ca. 15% der versiegelten Fläche, Muldentiefe $< 0,3$ m; belebte Bodenschicht 20-30 cm, Böschung nicht steiler als 1:2.
Schachtversickerung	Wird nur noch in Ausnahmefällen zugelassen, das keinerlei Reinigungsleistung, ggf. in Kombination mit Maßnahmen der Reinigung, Flächenbedarf $< 3\%$ , Abstand zu Gebäude $> 6$ m.
Rigolenversickerung	Nicht empfehlenswert, da nur geringe Reinigungsleistung, $k_f > 10^{-5}$ m/s, Abstand zu Gebäuden $> 6$ m, Flächenbedarf $< 5\%$ der versiegelten Fläche
Mulden-Rigolen-Versickerung	Flächenbedarf ca. 10 % der versiegelten Fläche
Retentionstauversickerung (z.B. Teich mit Überlaufmulde)	Flächenbedarf ca. 10 % der versiegelten Fläche

Bei einem bekannten Verhältnis von zur Verfügung stehender Versickerungsfläche/ Dachfläche lässt sich bei vorgegebenem Regenereignis das erforderliche Speichervolumen ermitteln (vgl. Tab.43).

Neben der Beschaffenheit der Dachflächen (siehe Abflussbeiwerte) hat auch die Neigung eines Daches einen Einfluss auf das Abflussgeschehen. Spitzenabflüsse von Flachdächern sind in der Regel geringer, und der Abfluss ist deutlich verzögert gegenüber Steildächern.

### 5.1.2 Verfahren der dezentralen Versickerung

Man unterscheidet zwischen der direkten und der indirekten Versickerung. Mit der direkten Versickerung ist die flächige Versickerung mit durchlässigen Materialien gemeint. Mit wenigen Ausnahmen, z.B. bei durchlässigen Böden oder zu starker Belastung durch Industrie und Verkehr, sind solche Maßnahmen zu empfehlen. Besonders interessant sind einige Pilotprojekte zu durchlässigen Straßenbelägen. In Haparanda (Finnland, an der Grenze zu Schweden) wurde, wegen häufig auftretender Frostschäden, eine Straße mit **durchlässigem Asphalt** gebaut. Der Unterbau besteht aus Schotter auf einem Geotextil. Die Durchlässigkeit der Deckschicht nahm von 25 mm/min auf 6 mm/min im Laufe der Zeit ab, konnte jedoch mit einem Hochdruckreiniger wieder hergestellt werden. Schadstoffe akkumulieren über dem Geotextil, bisher sind bei solchen Straßen keine Anzeichen für eine Verschmutzungszunahme in darunterliegenden Bodenschichten erkennbar (GROTEHUSMANN & ROHLFING 1990). Ähnliche Erfahrungen liegen seit etwa 1980 auch aus Frankreich und neuerdings auch aus Deutschland vor. So z.B. bei einem 1988 realisierten 700 m langen und 10 m breiten Straßenabschnitt mit porösem Belag durch ein Wohngebiet in Rezé bei Nantes. Bei diesem werden neben der Versickerung des Niederschlagswasser durch den **porösen Straßenbelag** auch die Dachabflüsse der angrenzenden

**Tab. 43:**

Anhaltswerte für die benötigten Flächen zur Versickerung

#### Abflussbeiwert (Versiegelungsfaktoren)

Asphalt, Bitumen, Beton 1,0  
Pflaster, Platten, Verbundsteine 0,6  
Kies, Schotter, Rasengitterst. 0,2  
Dach mit Ziegeln, Metall, Glas 1,0  
Gründach  $> 8$  cm mächtig 0,3-0,5  
Gründach  $> 30$  cm mächtig 0

#### Literaturtipp!

zur Bemessung von Versickerung von Flach- und Steildächern vgl. BOLLER & BÖNI (1985)

#### Zur zentralen Regenwasserversickerung nach getrennter Ableitung bzw. Regenwasserbehandlung über Bodenfilter vgl. Kap. 6.12

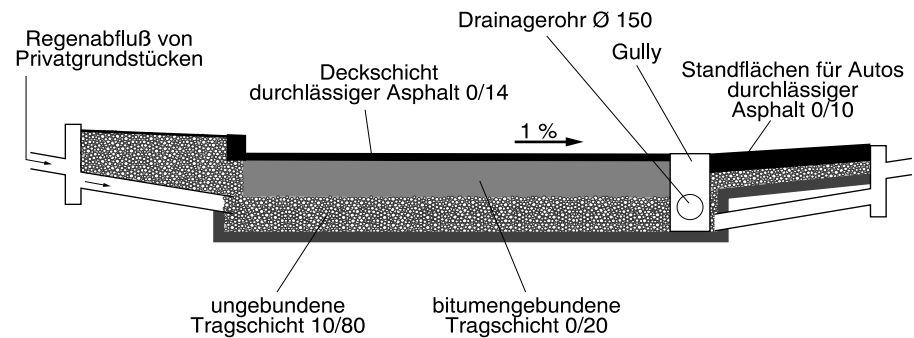
Direkte Versickerung - Minimierung versiegelter Flächen, Entsiegelung



**Abb. 45:**

Querschnitt durch den porösen Straßenkörper bei Rezé (aus GEI-GER & DREISEITL 1995, verändert nach RAIMBAULT)

Häuser in die Kiesschicht des Straßenbelags geleitet und versickert. Abb. 45 zeigt im Querschnitt den Aufbau des Straßenstücks.



Die oberste, ca. 6 cm starke Schicht des porösen Straßenbelags besteht aus 4-5% Bitumen (80/100) incl. Granulat (0/14) mit Ausfallkörnung (3/10) und ca. 15% Sandzuschlag (0/3). Darunter liegen zwei jeweils 10 cm starke Schichten poröseren Asphalts, die einen geringeren Bitumengehalt aufweisen. Die effektiv nutzbare Speicherkapazität beträgt etwa 14 % des Gesamtvolumens der beiden Schichten. Als unterste Schicht wird eine etwa 35 cm starke Kiesschicht mit einem effektiv zu nutzendem Porenvolumen von 36 % angelegt, die durch Geotextil vom Erdreich getrennt ist. Der Belag ist ähnlich belastbar wie jeder andere Straßenbelag. Die Durchlässigkeit des Belages kann entweder mit einer regelmäßigen Saugreinigung oder bei dichterem Verstopfung mit Wasserhochdruckgeräten wiederhergestellt werden. Nach vierjährigem Betrieb wurde der Schadstoffgehalt im Drainageabfluss gemessen. Dieser hatte einen deutlich niedrigeren Gehalt an Schadstoffen als der Oberflächenabfluss. Die Kosten des Projektes lagen etwa 5 % unter denen einer normalen Straßensanierung. In einem anderen Projekt wurde bei einer geplanten Parkplatzfläche (mit einem mittleren Geländegefälle von 2 %) ein poröser Straßenbelag mit einem grobkörnigen Unterbau als Zwischenspeicher für Regenwasser benutzt. Die Kapazität des vorhandenen Regensammlers hätte nicht ausgereicht, und im schiefrigen Untergrund wäre nur punktuell Regenwasser versickert. Der Zwischenspeicher hat seine Funktion bei einigen Starkregen bisher ohne Zwischenfälle erfüllt. Einfache Kehrmaßnahmen reichten zur Reinigung des Parkplatzes aus.

In Deutschland werden vor allem Parkplätze mit solchen porösen Belägen ausgestattet, um den Kanalanschluss zu sparen (vgl. Abb.46).

Zu Materialien, Durchlässigkeiten (Abflussbeiwerten), Vegetation etc. sei auf die einschlägige Literatur verwiesen (z.B. PÖPEL 1987, ATV Arbeitsblatt A 138, 1990, BUNDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 1986, MUTH 1994).

Die meisten Verfahren (mit Ausnahme der Gründächer) der Rückhaltung bzw. Versickerung von Niederschlagsabfluss von versiegelten Flächen sind durch Veröffentlichung in den ATV-Blättern anerkannte Regeln der Technik. Zur Bemessung und Ausgestaltung der Rückhaltemaßnahmen siehe daher ATV-Arbeitsblätter A-118,1977 und A-138,1990 oder MEHLER 1992.

Man unterscheidet



**Abb. 46:**

Parkplatz einer Studentensiedlung (Vaubangelände) in Freiburg mit porösem Belag (Kryorit, Fa. Koch Marmorit) zur Regenwasserversickerung. Durch die „gespaltene Abwassergebühr“ spart das Studentenwerk ca. 25 DM pro Parkplatz und Jahr an Abwassergebühren (seit 1996 erhebt die Stadt Freiburg eine Niederschlagsgebühr, sie beträgt 10,54 DM je 10 m<sup>2</sup> versiegelter Fläche und Jahr; Stand 1999).



- Flächenversickerung
- Muldenversickerung
- Rohr- oder Rigolenversickerung
- Schacht- und Beckenversickerung
- Schluckbrunnen
- und Gründächer.

In der Regel werden heute nur die Flächen- und Muldenversickerung zugelassen, da nur hier ein ausreichender **Grundwasserschutz** durch belebte Bodenschichten (Speicherung, Adsorption und Umwandlung von Schadstoffen) gewährleistet ist. In bestimmten Fällen, insbesondere wenn wenig Platz zur Verfügung steht, kann das **Mulden-Rigolen-System** - eine Kombination aus Flächen- und anschließender Rigolenversickerung (z.B. GROTEHUSMANN et al. 1992) - zur Methode der Wahl werden. Aus Pilotprojekten liegen bereits umfangreiche Erfahrungen vor (vgl. Kap. 8).

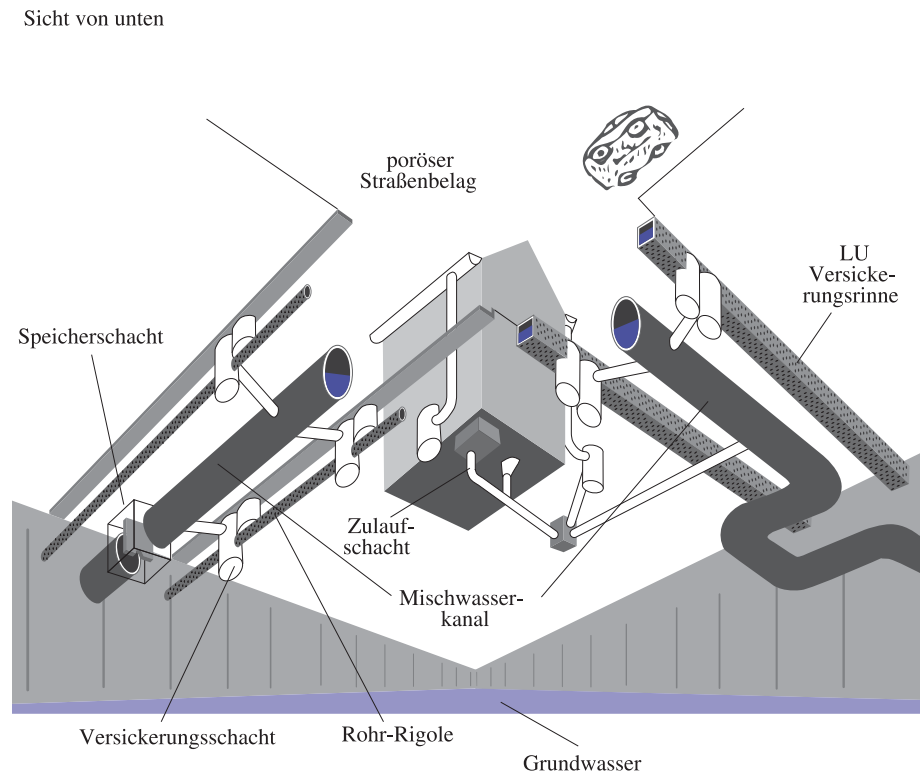
**Abb. 47:**

Versickerungsbeispiel mit Rasengittersteinen Vaubangelände, Freiburg

Indirekte Versickerung der Abflüsse versiegelter Flächen:

**Abb. 48:**

Experimental Sewer System (ESS) in Tokyo von unten gesehen (aus GEIGER & DREISEITL 1995, verändert nach FUJITA)



In welche Richtung sich die Versickerung von Niederschlagswasser entwickeln könnte, gibt das Beispiel des „**Experimental Sewer System (ESS)**“ aus Japan. In einigen stark verdichteten Regionen wie der Tokyo Bay hat man begonnen, Niederschlagswasser, statt in Mischwasserbecken zurückzuhalten, mittels durchlässiger Oberflächen und unterirdischer Drainagen vor Ort zu versickern. Voraussetzung des „Experimental Sewer System“ ist eine relativ hohe Durchlässigkeit des Untergrundes, wie sie in Tokyo gegeben ist. Das neue System kombiniert verschiedene Methoden der Speicherung (Speicherschächte) und Versickerung (Rigolen, perforierte Rinnsteine, durchlässige U-förmige Regenwasserkanäle und poröse Beläge). Die Dachabflüsse kleiner Häuser münden in Versickerungsschächten, die der größeren in den U-förmigen Versickerungsrinnen. Bei Starkregen gelangt das Wasser in dem Rohr-/Rigolensystem (perforierte Rohre haben in der Regel einen Durchmesser von 20 cm) in den Seitenraum der Straße. Die Entwässerung von Plätzen, Gehwegen und Nebenstraßen erfolgt soweit möglich durch deren poröse Oberfläche, ansonsten über die genannten Anlagen. Schmutz- und Regenwasser von Hauptverkehrsstraßen bzw. Überlastungen des Systems münden in die Mischwasserkanalisation. Zwischen 1983 und 1992 sind 346 km perforierte Kanäle, 208 km Versickerungsgräben, 70 km U-förmige Versickerungsrinnen, 31 858 Regenwassereinläufe und 466 600 m<sup>2</sup> durchlässige Oberflächenbeläge im Rahmen des ESS-Projektes verbaut worden. An das System sind 170 000 Einwohner angeschlossen, die Baukosten betragen ca. 5 390,- DM pro Einwohner. Das ESS ist nur ein kleiner Teil der gesamten in Tokyo verwirklichten Maßnahmen zur lokalen Regenwasserversickerung und -nutzung (FUJITA 1987). Von den zur Regenwasserversickerung angewandten Verfahren sind vor allem die bewuchsfähigen, wasserdurchlässigen Beläge zur Flächenbefestigung (vgl.



Abb. 49) und die Versickerungsgräben, -mulden und -teiche (vgl. Abb. 50) im Hinblick auf die Gestaltung und Entwicklung städtischer Biotope von Interesse. Bei **Schotterrassen** ist die Tragschicht ein durchwurzelbares Gemisch aus Schotter und mehr oder minder mageren Erdanteilen (Sand/Humus). Als Decke kann eine 3 cm dicke Verschleißschicht aus Splitt aufgebracht werden. Üblicherweise wird eine Standard-Grasmischung eingesät. Einen attraktiveren und unter Artenschutz-Gesichtspunkten wesentlich wertvolleren Bewuchs erhält man bei Verwendung von Magerwiesen-Saatgutmischungen:

- stärker betretene oder befahrene Bereiche mit einer Mischung, die hohe Anteile an niederwüchsigen, robusten Pflanzenarten enthält (Rotschwingel, Schafschwingel, Hopfenklee, Hornklee),
- wenig belastete Randbereiche mit einer Mischung, welche ein breites Artenspektrum enthält.

Schotterrassen sind im Bau und Unterhalt kostengünstig. Sie sind geeignet für wenig befahrene Wege bzw. Flächen, z.B. Feuerwehruzufahrten.

**Kiesbeläge** und „**wassergebundene Decken**“ erhalten ihre Festigkeit durch die Mischung verschiedener Korngrößen, insbesondere die schluffigen und tonigen Anteile. Ihre Wasserdurchlässigkeit ist eher gering bis mäßig. Bei befahrenen oder stark begangenen Flächen kommt Pflanzenbewuchs an den Randpartien und evtl. im Mittelstreifen von selbst auf. Es sind z.T. farbige, oft artenreiche Wildstaudenfluren, mit z.B. Wegwarte, Huflattich und Königskerzen, aber auch flachwüchsige Trittpflanzengesellschaften mit Breitwegerich, Vogelknöterich, strahlenloser Kamille und anderen. Kiesbeläge sind geeignet für Fuß- und Radwege, Plätze. Sie sind im Bau kostengünstig, bedürfen allerdings einer gewissen Pflege (Ausbesserungen im Bedarfsfall).

Die Wasserdurchlässigkeit und die Bewuchsfähigkeit von **Rasengittersteinen**, **Naturstein- und Betonsteinpflastern** sind abhängig von der Lückenweite bzw. Fugenbreite und von der Art des verwendeten Füllmaterials. Die Fugenbreite sollte 2 cm nicht unterschreiten. Im Hinblick auf eine hohe Biotop- und Artenvielfalt verfüllt man Rasengitterflächen mit einem mageren Sand/Humus-Gemisch, statt mit fetter Gartenerde, und sät Magerwiesen und Ruderalpflanzen ein (s.o. Schotterrassen). Pflasterflächen werden mit Feinkies oder Sand verfügt. Auf den weniger stark befahrenen Flächen entwickelt sich hier im Verlauf einiger Jahre eine spezifische Pflasterritzenvegetation mit z.B. dem Silbermoos, dem Mastkraut und dem Einjährigen Rispengras.

**Versickerungsgräben, -mulden und -teiche** sind nicht nur von ökologischer Bedeutung, sondern sie sollten auch als gestalterische Elemente in der Freiraumplanung sowohl im öffentlichen als auch im privaten Bereich eingesetzt werden.

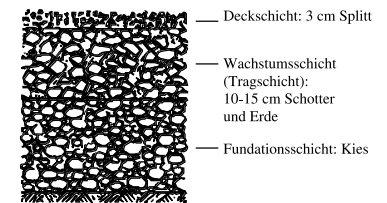
Der untere Bereich einer Versickerungsmulde wird durch Abdichten mit Ton oder Folie als Dauerstauzone angelegt. Versickerungszone ist der entstehende Ring um den Teich. Das erforderliche Rückhaltevolumen wird durch den möglichen Überstau des permanenten Wasserspiegels gewährleistet.

Beim Bau der Versickerungsanlagen sind möglichst nährstoffarme Bodenmaterialien zu verwenden. Unter dieser Voraussetzung entwickeln sich im Sinne des Biotop- und Artenschutzes wertvollere Lebensgemeinschaften, und die Produktion an Pflanzenbiomasse (und damit die Unterhaltungskosten) wird möglichst gering gehalten.

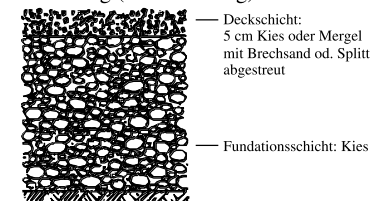
**Abb. 49:**

Wasserdurchlässige, bewuchsfähige Flächenbefestigungen (aus BUWAL 1995)

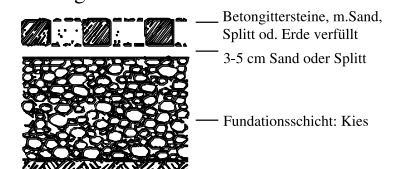
#### Schotterrassen



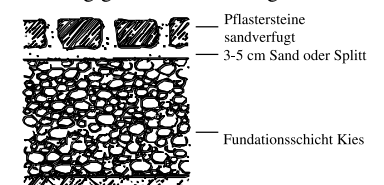
#### Kiesbelag (Chaussierung)



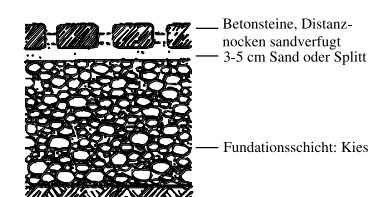
#### Rasengittersteine



#### Weitfugiger Natursteinbelag



#### Betonsteine mit Distanznocken



#### Literaturtip!

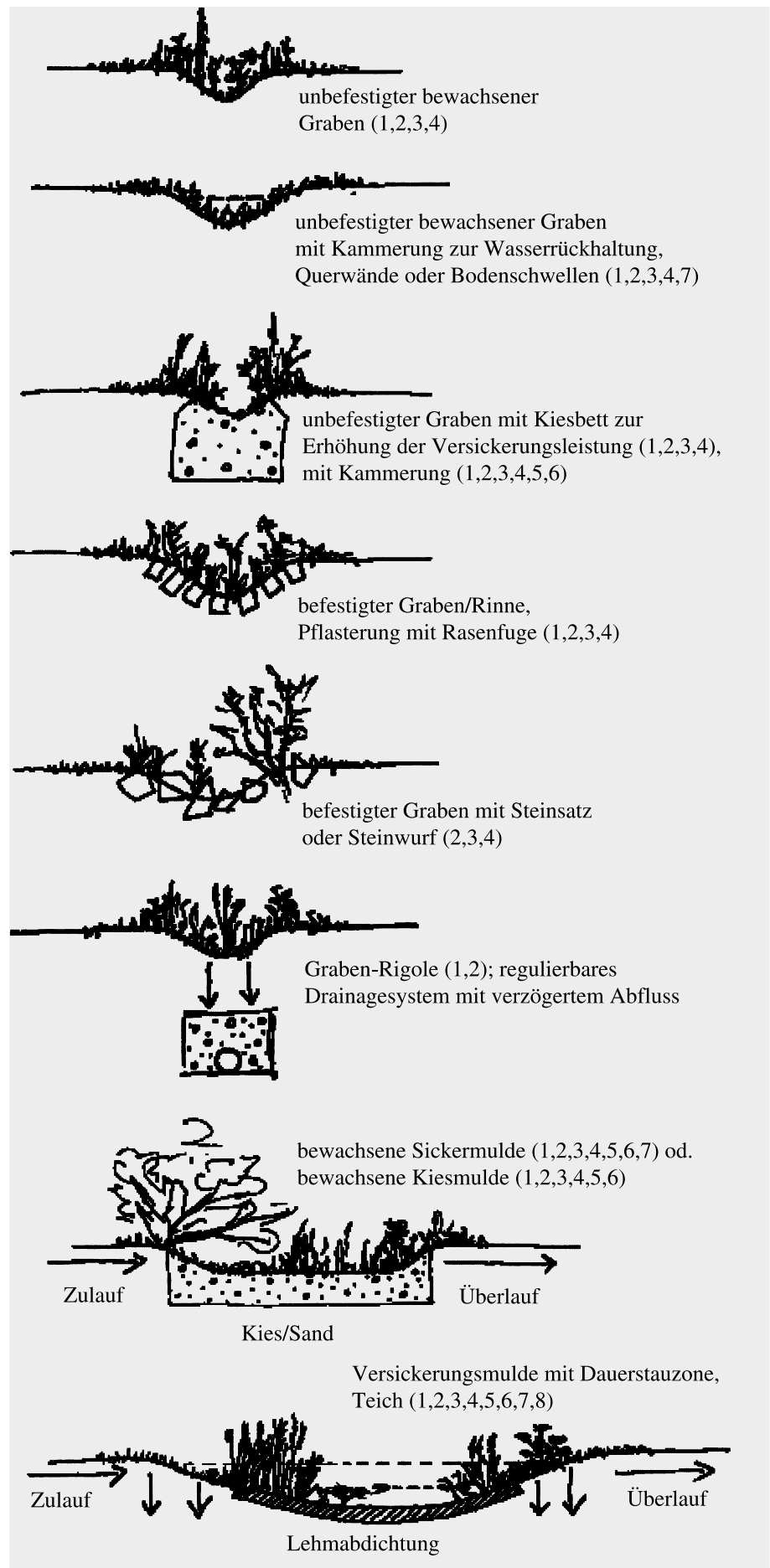
zur Bemessung von Versickerungsfähigkeit von Verkehrsflächen siehe MUTH 1994 (TIS 5/94)

**Abb. 50:**

Versickerungseinrichtungen mit den verschiedenen Möglichkeiten der Entwicklung folgender Biotoptypen und Biotoptstrukturen: Extensivrasen/-wiese (1), Ausdauernde Ruderalfluren (2), Gebüsche (3), Bäume (4), Feucht- und Nassstaudenfluren (5), Schilf- und Binsenröhrichte (6), kleinflächige Schlammfluren und Zwergbinsenfluren, temporäre Kleingewässer auf zeitweise überfluteten Flächen (7), Teich mit Wasserpflanzen und Uferrohricht (8)

## Literaturtipp!

BUWAL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.) (1995): Naturnahe Gestaltung im Siedlungsraum. - 112 S., Bern.



**„Gespaltene Gebühr“**

Wie sich „Nichtversiegeln oder Versiegeln rechnet“

In aller Regel bemisst sich die Abwassergebühr nach der Menge des verbrauchten Trinkwassers, unabhängig davon, wieviel Abwasser, also Schmutz- oder Regenwasser, tatsächlich anfällt.

Für den Verbraucher, der Maßnahmen zur Regenwasserversickerung auf seinem Grundstück vornimmt, hat das finanzielle Nachteile, der Bau von Regenwasser-nutzungsanlagen dagegen wird indirekt (teilweise bewusst) subventioniert.

Inzwischen haben einige Gemeinden, wie z.B. Freiburg i.Br. (seit 1996) die „gespaltene“ Gebühr eingeführt. Der ehemals einheitliche Betrag für Abwasser wurde gesplittet in eine „Schmutz-“ und eine „Niederschlagswasser“-gebühr. Bei Grundstücken mit einer versiegelten Fläche beträgt die Schmutzwassergebühr 2,11 DM je m<sup>3</sup> (bemessen nach dem Trinkwasserverbrauch) und die Niederschlagsgebühr 10,54 DM je 10 m<sup>2</sup> versiegelter Fläche und Jahr. Grundstücke mit einer versiegelten Fläche von < 1000 m<sup>2</sup> zahlen, sofern sie nicht die Regelung der gespaltenen Gebühr beantragen, die bisherige Abwassergebühr (in Höhe von 2,99 DM m<sup>3</sup>, Stand 1999).

## 5.2 Regenwassernutzung

Die Nutzung von Regenwasser zählt ebenfalls zu den rückhaltenden Maßnahmen von Niederschlagswasser, geht aber über diesen Zweck hinaus. Sofern der Speicherüberlauf an das Kanalnetz angeschlossen ist, ist die Abflussminderung für die Kanalisation in der Regel  $< 10\%$  und spielt meist nur bei flächendeckendem Einsatz für die Berechnung des Kanalnetzes eine Rolle. Seit wenigen Jahren gibt es jedoch Zisternen mit schwimmender Abflussdrossel, die durch ihr einstellbares Rückhaltevolumen bei der Auslegung der Entwässerungseinrichtungen rechnerisch in Ansatz gebracht werden können (vgl. Abb. 53). Einen bedeutenderen Einfluss hat die lokale Speicherung in Kombination mit der Versickerung (vgl. „Sicospeicher“ Abb. 61).

Regenwasser bietet sich vor allem als Betriebswasser für folgende Nutzungen in privaten Haushalten an:

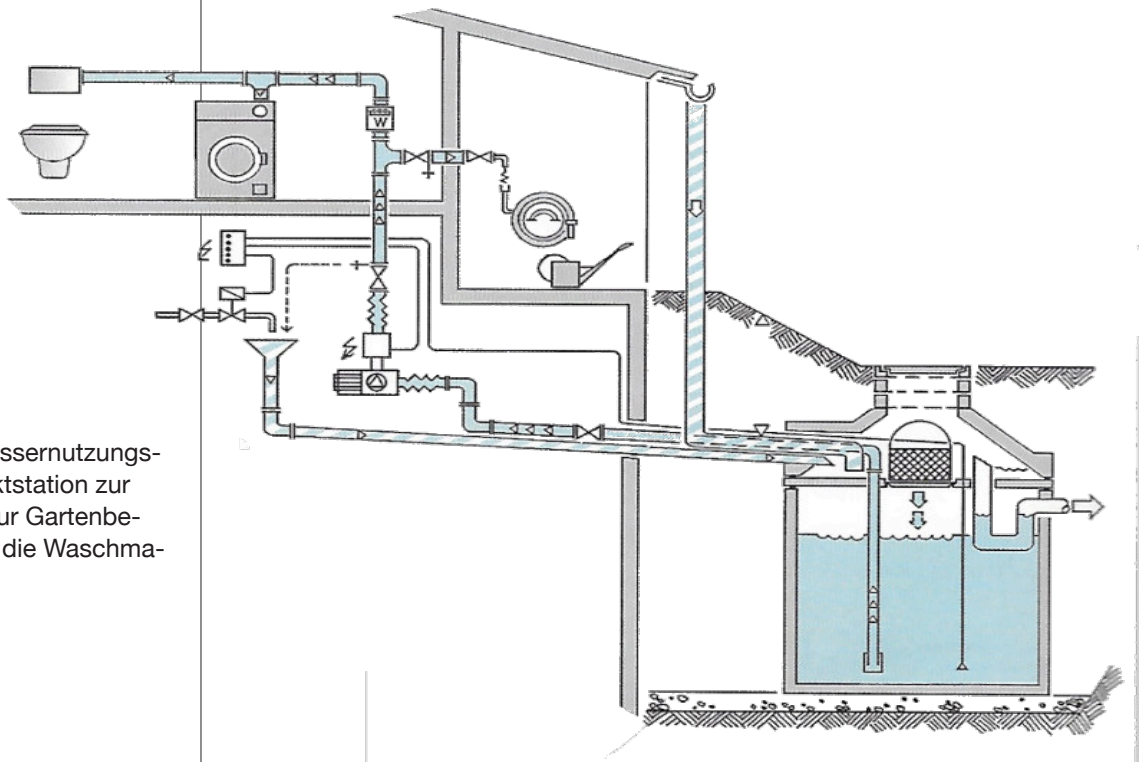
- Klospülung
- Waschmaschinenwasser
- Garten- und Gründachbewässerung

Mittlerweile gibt es eine Reihe von Empfehlungen zur Nutzung von Regenwasser in privaten und öffentlichen Gebäuden. Diese Empfehlungen gelten allerdings noch nicht als Regeln der Technik und werden vor allem von Seiten der Gesundheitsämter noch immer angegriffen

### Literaturtippl!

KÖNIG, KLAUS W. (1999a): Regenwassernutzung von A-Z.- MALL-BETON-Verlag, DS-Pföhren, Eigenverlag: 128 S.

(vgl. auch KÖNIG 1996, KÖNIG 1999b)



**Abb. 51:**

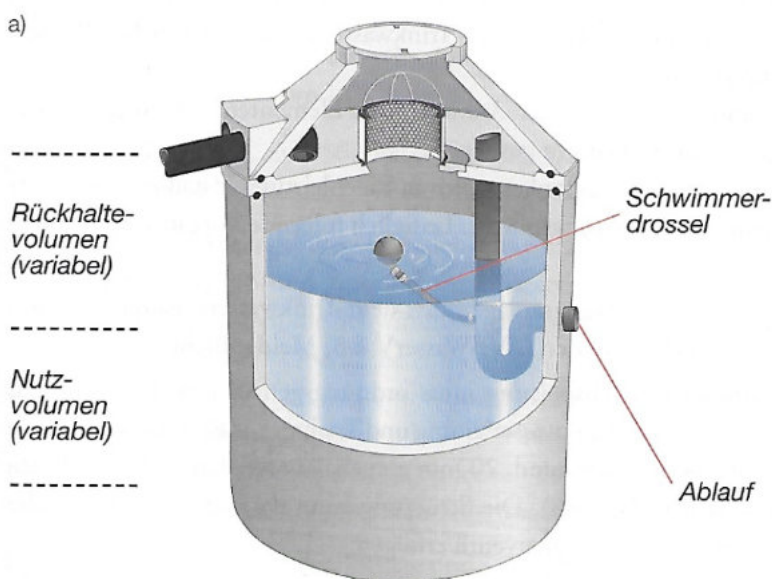
Moderne Regenwassernutzungsanlage mit Kompaktstation zur Toilettenspülung, zur Gartenbewässerung und für die Waschmaschine



Die Hauptargumente, die von den Kritikern gegen eine Regenwassernutzung eingewendet werden, sind:

- Gefahr von Fehlschlüssen und damit eine hygienische Gefahr für das öffentliche Trinkwassernetz durch Verseuchung entgegengesetzt zur Fließrichtung
- Gefahr von Verwechslungen

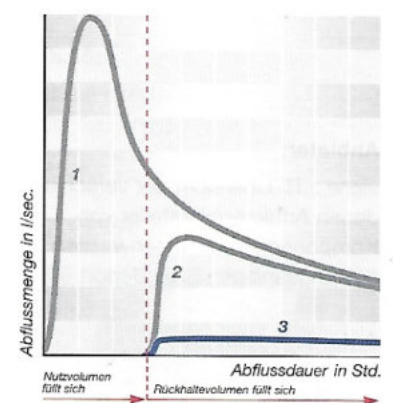
Diese Risiken/Gefahren müssen ernst genommen werden, lassen sich jedoch leicht minimieren. Aus den bisher vorliegenden wissenschaftlichen Begleituntersuchungen (u.a. BULLERMANN et al. 1989, HOLLÄNDER 1994, HOLLÄNDER et al. 1993, 1996 LÜCKE 1993, ROTT & SCHLICHTIG 1994) liegen keine Erkenntnisse vor, die eine Gefährdung - richtige Installation (wie z.B. den freien Auslauf nach DIN 1988 bei der Trinkwassernachspeisung) vorausgesetzt - in größerem Umfang erwarten lassen. Das Zisternenwasser erfüllt in aller Regel die Richtlinien für Badequalität. Bei der Nutzung von Zisternenwasser für die Waschmaschine hat sich herausgestellt, dass die Wäsche vor dem Waschen wesentlich mehr mit Bakterien belastet war als das Zisternenwasser, sowohl vor als auch nach dem Waschen (MOLL 1990, 1993). Trotzdem halten manche Staatlichen Gesundheitsämter ihre hygienischen Bedenken gegen die Regenwassernutzung noch immer aufrecht (vgl. UBA 1995, König 1996b). In der Praxis, d.h. bei den geschätzten ca. 500.000 existierenden Regenwassernutzungsanlagen in Deutschland (Schätzung MALLBETON) bestätigten sich die hygienischen Bedenken bisher nur in Ausnahmefällen. Eine gewisse Vorsicht und Aufmerksamkeit bleibt jedoch angebracht, da die weitaus meisten der Anlagen erst in den letzten 7-8 Jahren mit anhaltend steigender Tendenz gebaut worden sind und das Risiko von Fehlschlüssen u.U. mit dem Alter der Anlagen steigen könnte. In den Bundesländern Hessen, Hamburg, Bremen und dem Saarland, die landesweite Förderprogramme aufgestellt haben, sind



**Abb. 52:**

a) Regenspeicher mit integrierter Abflussdrossel (Bild Fa. MALLBETON)

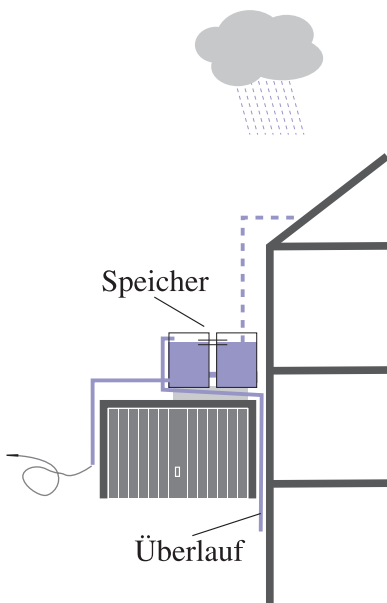
b) Abflussdiagramm ohne schwimmende Abflussdrossel (1) und mit schwimmender Abflussdrossel



1. Regenabfluss ohne Rückhaltung
2. Speicher mit zusätzlicher, kleiner Abflussöffnung ohne Schwimmerdrossel
3. Abflusseinrichtung schwimmend, unmittelbar unterhalb des Wasserspiegels flexibel angebracht (mit Schwimmerdrossel)

**Abb. 53:**

Einfache Regenwassernutzungsanlage, in Japan üblich, in Deutschland entspricht sie nicht dem Stand der Technik (Frost im Winter, Erwärmung Betriebswassers im Sommer)

**Anbieter:**

siehe z.B. Übersicht der verschiedenen Anbieter/Hersteller von Komponenten für Regenwassernutzungsanlagen S&H Report

**Anforderungen**

die meisten Anlagen pro Einwohner realisiert. Über die Förderung solcher Anlagen kann man sich streiten. Immerhin führt sie dazu, dass die Anlagen den lokalen Behörden gemeldet werden. Erst damit wird eine gewisse Kontrolle möglich und sinnvolle sicherheitstechnische Einrichtungen, wie z.B. der freie Auslauf bei der Trinkwassernachspeisung werden eher finanziert (vorgeschrieben nach TrinkwV § 17 (1)). Einrichtungen, die bei „schwarz“ gebauten Anlagen erfahrungsgemäß fehlen.

Inzwischen sind auch eine Reihe von gewerblichen Anlagen dokumentiert, bei denen sich die Nutzung von Regenwasser durch das Sparen von Wasser- und Abwassergebühren schon nach wenigen Jahren wirtschaftlich lohnt. Deshalb wächst auch die Zahl vor allem gewerblich genutzter Anlagen ständig, wie z.B. Autowaschanlagen. Auch öffentliche Einrichtungen wie Schulen, Feuerwehren, Fuhrunternehmen, Stadtreinigungen, selbst Vereine folgen diesem Trend und nutzen das Regenwasser ihrer Dachflächen. Aber auch bei privaten Bauherren gehört die Nutzung von Regenwasser schon fast zum guten Ton.

Eine Anlage zur Regenwassernutzung kann ganz unterschiedlich hinsichtlich Funktionsweise, Ansprüchen, Aufbau und Aufwand (Material, Kosten) gestaltet sein. Die Kosten können bei Eigenbau von weniger als 100 DM bis zu vielen Tausend DM beim Kauf einer professionellen Anlage reichen. Für die Gartenbewässerung ist die einfachste Lösung ein gebrauchter Regenwasserspeicher (z.B. alte Tanks od. ähnliches), der z.B. auf einem Nebengebäude wie einer Garage, installiert mit einem einfachen Wasserschlauch, betrieben werden kann. Günstig ist es, statt eines großen Behälters zwei oder mehrere kleine Behälter miteinander zu verbinden, so können sich in dem ersteren grobe Teile wie Blatteile besser absetzen (vgl. Abb. 52). Eine solche Anlage nutzt die Schwerkraft und kommt mit einem Minimum an technischem Aufwand und damit ohne Folgekosten aus. Als Filter kann z.B. am Überlauf des ersten Behälters ein alter Nylonstrumpf befestigt werden, den man nach Bedarf von Zeit zu Zeit leeren bzw. wechseln kann. Bei langer Trockenheit und während der Frostperioden wird weiterhin das Trinkwasser aus der öffentlichen Wasserversorgung genutzt.

Angebot und Konkurrenz der Anbieter von Elementen von Regenwassernutzungsanlagen sind enorm gestiegen.

Eine Regenwassernutzungsanlage kann in Eigenleistung installiert werden; es besteht keine Genehmigungspflicht. Lediglich folgende Vorgaben sind einzuhalten:

1. die Regenwassernutzungsanlage muss dem Trinkwasserversorgungsunternehmen gemeldet werden (AVBWasserV § 3, **Meldepflicht**)
2. Die **Trinkwassernachspeisung** muss ordnungsgemäß installiert sein, das heißt zwischen der Trinkwasserleitung und Trichter zur Regenwasserzisterne muss ein Abstand von mind. 20 mm eingehalten werden (z.B. dem freien Auslauf nach DIN 1988). Die Steuerung kann entweder per Hand oder mit automatischem Magnetventil erfolgen.
3. Es besteht eine **Kennzeichnungspflicht** für alle Leitungen und Wasserhähne etc., die Regenwasser führen und nicht erdverlegt sind.

Professionelle Lösungen für die „Betriebswassernutzung“ im Haus bestehen heute aus einer Vorfilterung, Zisterne und Pumpe.

### Erstverwurf, Vorfilterung (Filter)

Das zu Beginn eines Regens abfließende Dachablaufwasser kann erheblich verschmutzt sein. Für besondere Nutzungen kann daher überlegt werden, ob eine technische Einrichtung vorgeschaltet wird, die den ersten Regenschwall abtrennt und gesondert abführt oder versickert. Für die meisten Anwendungen (Toilettenspülung, Gartenbewässerung, gewerbliche Anwendungen etc.) ist dieser Erstverwurf nicht notwendig, da die Wasserqualität nach Vorfilterung und Sedimentation der Grobstoffe in der Zisterne ausreicht.

Einrichtungen zum Erstverwurf sind bereits seit langem bekannt (vgl. Abb. 54). Zur Vorfilterung kommen im Wesentlichen Verfahren in Frage, die die DIN 1986 einhalten. Diese DIN schreibt u.a. vor, dass Einrichtungen zur Regenwasserbehandlung nach dem „Bemessungsregen“ (je nach Region bis  $300 \text{ l/s/m}^2$ ) ausgelegt sein müssen, das heißt auch bei entsprechend großen Abflüssen nicht zu Verstopfungen bzw. Rückstau führen.

- a) **„Wirbel-Feinfilter“** (vgl. Abb. 55): Darin wird das Regenwasser durch Verwirbelung und Filterung durch ein Stahlsieb (ca.  $0,2 \text{ mm}$  Maschenweite) von größeren Schmutzstoffen (wie z.B. Blätter) getrennt. Ungefähr 10% des Regenwassers gehen dabei laut Herstellerangaben für die Speicherung und Nutzung verloren. Das Stahlsieb muss ca. 1/Jahr gereinigt werden.
- a) **„Filtersammler“**: Darin wird das Regenwasser im Fallrohr mit Hilfe eines Stahlsiebs (ca.  $0,2 \text{ mm}$  Maschenweite) von größeren Schmutzstoffen (wie z.B. Blätter) getrennt. Ihr Vorteil gegenüber dem „Wirbel-Feinfilter“ liegt darin, dass sie auch nachträglich eingebaut werden können.
- c) **Filterplatten aus Poren-Beton**: Ihr Vorteil liegt darin, dass kein abgeleitetes Dachwasser verloren geht. Auch sie müssen nach Bedarf gereinigt werden, ca. 2 mal pro Jahr.
- d) **Korb-Filter** (vgl. Abb. 56): Filter aus Edelstahl. Vorteil gegenüber Porenplatte: er ist leichter zu reinigen, Nachteil: er ist teuer.
- e) **Schwimm-Ansaug-Filter**: Er besteht aus einer beweglichen Saugleitung, einem Saugkorb und einer Schwimmkugel und wird in der Zisterne angebracht. Durch die Schwimmkugel wird immer das sauberste Wasser kurz unter der Oberfläche entnommen. Der Filter sorgt dafür, dass keine größeren Teile in Pumpe und Leitung gelangen können. Der Schwimm-Ansaug-Filter empfiehlt sich insbesondere, wenn sonst keine Filterung vorgenommen wird, ist jedoch auch in Kombination mit einer der beiden zuvor genannten Filterungen zu empfehlen.

Früher wurden auch zwischen Pumpe und Leitung weitere „Feinfilter“ eingebaut mit Maschenweite  $< 2 \text{ mm}$ . Davon wird heute (von besonderen Ansprüchen abgesehen) abgeraten, da solche Feinfilter zur Verkeimung neigen und eine hygienische Gefährdung darstellen können.

### Zum Aufbau einer Regenwasser-nutzungsanlage

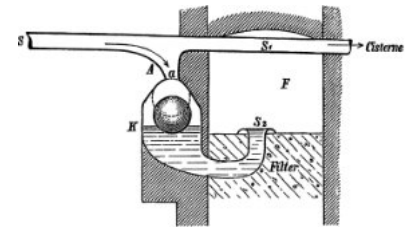


Abb.54:

Vorschlag für eine Einrichtung für den Erstverwurf (nach BLOUDEK 1903 aus KÖNIG 1996)

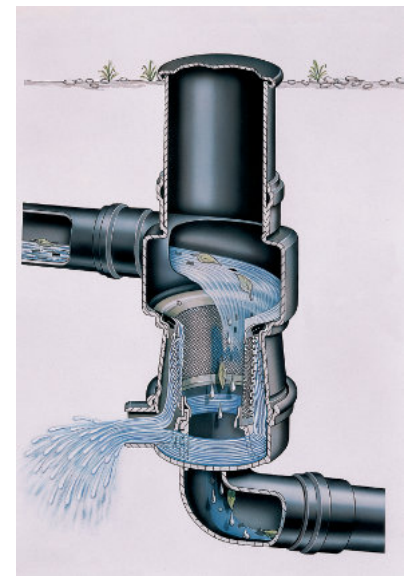


Abb.55:

Wirbel-Feinfilter (WFF) (Abb. Fa. Wisy)



Abb.56:

Korbfilter MALLBETON

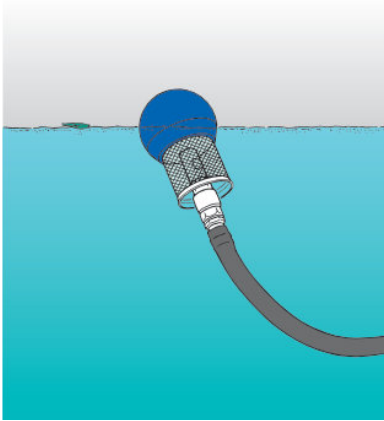


Abb.57:

Schwimmender-Ansaug-Feinfilter (SAFF, Bild Fa. Wisy)



Abb.58:

Liegende Kreiselpumpe mit aufgesetzter verschleißfreier Druckautomatik (Bild Fa. Wisy)

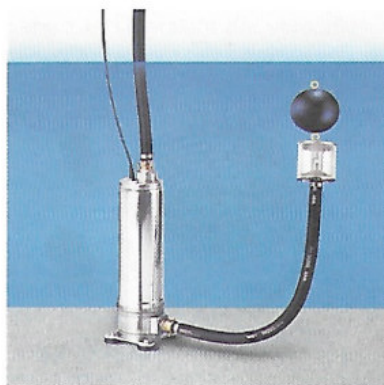


Abb.59:

Tauchpumpe (Bild Fa. Wisy)

## Zisternen

Es gibt Speicher für Innen und Außen und aus den unterschiedlichsten Materialien (Beton, Stahl, Kunststoff). Unter Umständen hängt es von den örtlichen Gegebenheiten ab, welches die geeignete Zisterne ist. Betonzisternen z.B. lassen sich bedingt durch ihr hohes Gewicht nicht überall problemlos versetzen und einbauen. Kunststofftanks sind im Außenbereich selten stabil genug gegenüber Erddruck von landschaftsgärtnerischen Maschinen und in der Regel nicht befahrbar. Seit wenigen Jahren gibt es auch Zisternen mit schwimmender Abflussdrossel, die durch ihr einstellbares Rückhaltevolumen bei der Auslegung der Entwässerungseinrichtungen rechnerisch in Ansatz gebracht werden können (vgl. Abb. 53).

## Pumpen

Wenn der Regenwasserspeicher nicht auf höherem Niveau aufgestellt werden kann, ist eine Pumpanlage und ggf. ein Druckausgleichsbehälter zur Reduzierung der Schalthäufigkeit der Pumpe notwendig. Eine einfache Pumpe kann nur dann verwendet werden, wenn zudem auch noch ein Zwischenbehälter auf höherem Niveau eingebaut wird. Bei den Pumpen lassen sich drei verschiedene Typen unterscheiden:

- a) **Jetpumpen:** meist am verchromten Seitendeckel zu erkennen. Sie sind zwar sehr preiswert, die sie auszeichnende Membran ist jedoch sehr störungsanfällig, der Stromverbrauch recht hoch und sie sind laut.
- b) liegende **Kreiselpumpen:** sie werden heute in aller Regel empfohlen, da sie recht robust, preisgünstig und einen geringen Stromverbrauch aufweisen (vgl. Abb. 58).
- c) **Tauchpumpen:** sind durch ihre Unterwassertauglichkeit robust, aber etwas teurer als die beiden anderen Typen, dafür aber platzsparend (im Behälter), stromsparend und leise (vgl. Abb. 59).

## Kosten

Eine Regenwasserzisterne mit Pumpstation (ggf. mit Anschlüssen) kostet im Mittel zwischen DM 3.500,- nur für Gartenbewässerung und DM 10.000,- für Gartenbewässerung, Klospülung und Waschmaschine (Preise von 1995 beziehen sich auf ein Einfamilienhaus und einen fachgerechten Einbau). Die Amortisationszeit einer Regenwasseranlage hängt wesentlich von der Funktion, dem Eigenbauanteil, der Speichergröße, dem verwendeten Material sowie natürlich den lokalen Wasser/Abwassergebühren ab. Bei professionell installierten Anlagen liegt sie meist zwischen 10 und 20 Jahren.

## Kompaktstationen

Inzwischen werden von einer ganzen Reihe von Anbietern Kompaktstationen angeboten, die in der Regel mit Pumpe, Vorlagebehälter und Trinkwassernachspeisung ausgerüstet sind und mit wenig Aufwand montiert werden können (vgl. Abb. 60).

## Dimensionierung (vgl. Tab. 42)

Die Dimensionierung einer Regenwasseranlage hängt sehr von den regionalen (vor allem klimatischen) Gegebenheiten ab. Für eine Anlage zur WC-Spülung



sollten pro Einwohner mindestens 10 m<sup>2</sup> Dachfläche zur Verfügung stehen, für eine Anlage, die zusätzlich für die Waschmaschine genutzt werden soll, kann man etwa von der doppelten Fläche / Person ausgehen.

### Regenwasserbedarf

Toilettenspülung	8 m <sup>3</sup> pro Einwohner und Jahr
Wäsche	6 m <sup>3</sup> pro Einwohner und Jahr
Garten	6 m <sup>3</sup> pro 100m <sup>2</sup> und Jahr

### Regenwasser = Niederschlagsmenge \* Auffangfläche \* Abflussbeiwert Abflussbeiwerte

Steildächer mit Bitumen, Kunststoff oder Metall	0,8
Steildächer mit Ziegeln, Schiefer oder Beton	0,75
Flachdächer mit Kies	0,6
Gründächer	<0,3

### Auslegung

Dachfläche (Auffangfläche)	8-12 m <sup>2</sup> pro Einwohner
Zisternengröße	Ca. 0,05 m <sup>3</sup> / m <sup>3</sup> Regenwasserbedarf
Strombedarf	< 0,3 kWh/m <sup>3</sup>

Auf Details der Dimensionierung soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden. Hierzu liegt umfangreiche Literatur vor. Unter anderem stehen auch Softwareprogramme wie z.B. „Rainsoft III“ der Fa. Logistik, Röttenbacherstr. 46, 91325 Adelsdorf oder „Raining“ der Fa. Sanitärssystemtechnik zur Verfügung. Mittlerweile gibt es auch einige Selbsthilfegruppen, die in Rat und Tat vor Ort zur Seite stehen.

Zur Dimensionierung siehe z.B. ZENTR. F. ENERGIE-, WASSER- UND UMWELTECHNIK 1991, WAGNER & Co. 1993, HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND BUNDESANGELEGENHEITEN 1994

### Tab. 44:

Berechnungsgrundlagen zur Auslegung einer Regenwassernutzungsanlage (Abschätzung)

### Beispiel:

Für Freiburg (jährliche Niederschlagsmenge 944 mm (= 0,944 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·a), 100 m<sup>2</sup> Flachdach mit Kies ergibt sich als maximaler Regenwasserertrag = 944 mm/a · 0,6 · 100 m<sup>2</sup> = 56,6 m<sup>3</sup>

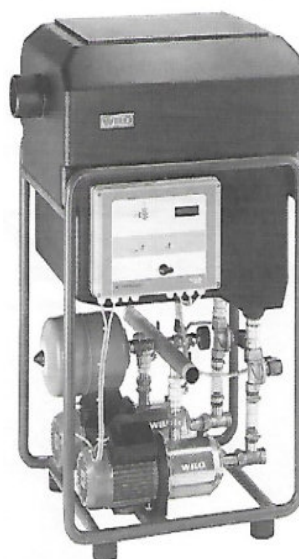


Abb.60:

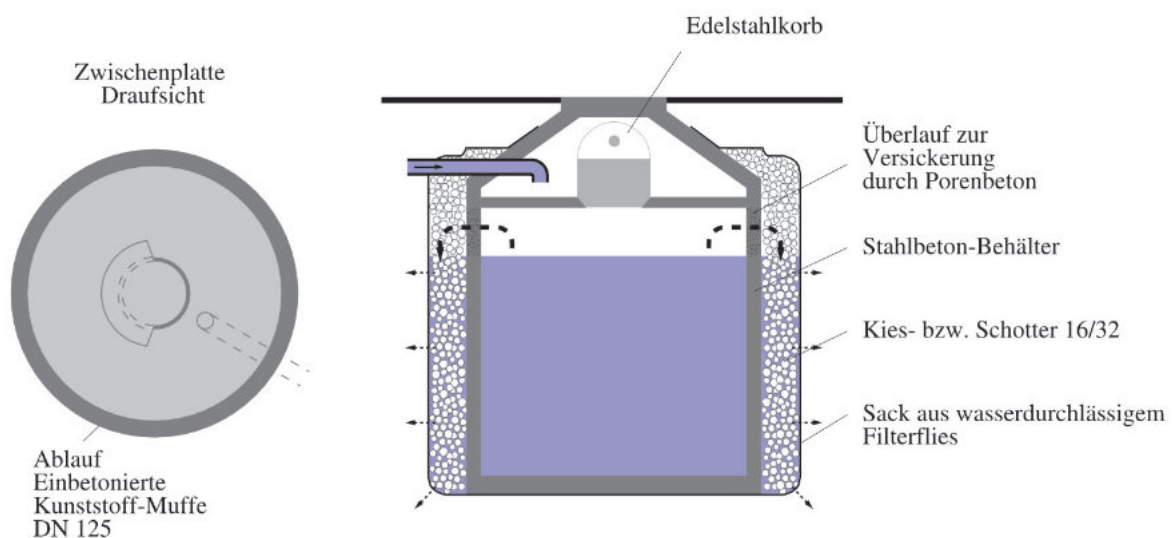
Regenwasserkompaktstation, Kompaktmodul für Mehrfamilienhäuser, Kleingewerbebetriebe und öffentliche Gebäude (Bild Fa. WILO)

## Ökobilanz

Ökobilanzen für die Regenwassernutzung liegen bisher erstaunlicherweise nur wenige vor. Zu den ersten Versuchen einer Produktökobilanz gehört die Diplomarbeit von Markus Lüß an der Universität Bremen. Seine Energiebilanz kommt zu dem katastrophalen Ergebnis eines Verhältnis zwischen Einsparung und Belastung von 1:40. Eine Überprüfung durch MÜLLER et al. (1995) ergab einige gravierende Rechenfehler, die das Ergebnis deutlich relativieren. Jedoch liegen auch dieser Überprüfung noch einige von Lüß übernommene Annahmen zugrunde, die auch das Überprüfungsergebnis (Einsparung/Belastung 1:1) anzweifeln lassen. So wird z.B. angenommen, dass mit dem genutzten Regenwasser auch in der Kläranlage deutlich Energie gespart werden kann. Dies kann man anzweifeln, da in der Regel der Energieverbrauch beim Abwasser (Kläranlage) in der Regel durch die Belastung mit Schmutzstoffen bestimmt wird und weniger durch die absolute Menge des Wassers. Eine neuere Studie aus der Schweiz kommt zu dem Ergebnis, dass vom energetischen Standpunkt aus, eine Regenwassernutzungsanlage für Einfamilienhäuser nur Sinn macht, wenn der Energieverbrauch der öffentlichen Wasserversorgung höher als  $0,8 \text{ kWh/m}^3$  beträgt (CRETTEZ et al. 1998,1999). Die Studie befasst sich vor allem mit der Nutzung des Regenwassers zur Toilettenspülung. Für die Pumpenergie geht sie dabei von dem sehr niedrigen Wert von  $0,1 \text{ kWh/m}^3$  bei einem aufzubringenden Druck von 1,5 bar aus, der für die Toilettenspülung allerdings ausreicht. Zum Vergleich: Die Jet-Pumpe, die der Arbeit von Lüß zugrunde liegt, benötigte  $0,55 \text{ kWh/m}^3$  (Lüß 1994). Die Schweizer Studie beschäftigt sich auch mit den Kosten und kommt zu dem Ergebnis, dass jede Investition in wassersparende Toiletten nicht nur erheblich Wasser und Energie spart, sondern auch noch Kosten, bis zu 50 DM pro Person und Jahr. Eine Regenwassernutzungsanlage für den Privathaushalt dagegen den Durchschnittshaushalt mit 50 - 150 DM pro Person und Jahr mehr belastet. Weitergehende Ökobilanzen von Regenwassernutzungsanlagen sind geplant und könnten die Zukunft der Regenwassernutzung unter Umständen deutlich beeinflussen.

**Abb.61:**

Regenwasserspeicher („SICO“) mit Versickerung und Filterkorb MALLBETON





Bei einer Abwägung für oder gegen eine Regenwassernutzungsanlage sollte der Energieverbrauch des lokalen Trinkwasserversorgers unbedingt in Erfahrung gebracht und mit berücksichtigt werden. Bei der Auswahl der Komponenten kann die Produktökobilanz möglicherweise entscheidend davon abhängen, welche Materialien man verwendet, welche Pumpenergie benötigt wird und ob man lokale Hersteller berücksichtigt oder nicht.

Mehr als einen ersten groben Anhaltspunkt, ob eine Regenwassernutzungsanlage ökologisch sinnvoll ist oder nicht, geben diese Kriterien jedoch nicht.

Der Stromverbrauch für gefördertes Trinkwasser der Wasserwerke liegt im Durchschnitt bei 0,5 - 0,7 kWh/m<sup>3</sup>. Diesen Wert sollte die geplante Regenwasserpumpe deutlich unterschreiten. Der Energieverbrauch ist jedoch nur ein Teilaspekt - der Schutz von Wasserressourcen und eine gewisse Unabhängigkeit sind ebenfalls wichtige Aspekte.

### **Regenwassernutzung und Versickerung in der Kombination**

Als gelungene Kombination bietet sich die Kombination aus Regenwassernutzung und Versickerung an. Dabei wird das überschüssige Regenwasser statt in die Kanalisation in einen den Speicher umgebenden Kies- und Schotterkörper abgeleitet und versickert (vgl. Abb. 45). Über den wasserdurchlässigen Porenbeton des Speichers wird das Wasser sogar vorgereinigt. Die den Speicher umgebende Kiesschicht dient als Zwischenspeicher vor der Versickerung. Um das Eindringen von umgebendem Erdreich und damit ein Verstopfen zu verhindern, ist diese Kiesschicht in einen Sack aus Geotextil gebettet.

#### Tipps!

(vor der Einführung einer finanziellen Förderung oder dem Bau einer Regenwassernutzungsanlage beachten)

- Besteht im Versorgungsgebiet Wassermangel, bzw. wie sicher und nachhaltig ist die zentrale Versorgung ?
- Stehen beim Wasserwerk qualitative Sprunginvestitionen (-> Preiserhöhungen) an ?
- Kommt es bei der öffentlichen Rohwasserförderung zu ökologischen Schäden ?
- Stehen die Kosten der geplanten Regenwassernutzungsanlage in einem sinnvollen Verhältnis zur Einsparung bei den Wasser/Abwasser-Gebühren ?
- Soll der Bau aus ökologischen Gründen auch ohne Kostendeckung durchgeführt werden ?
- Energieverbrauch der öffentlichen Wasserversorgung im Vergleich zum Verbrauch der Pumpeinrichtungen zur Förderung des Dachablaufwassers (auf den energiesparenden Einsatz entsprechend energetisch-effizienter Pumpen ist zu achten)
- Kosten und „Graue Energie“ der verwendeten Baumaterialien ?
- Welchen Härtegrad besitzt das Wasser aus der öffentlichen Versorgung (ggf. führt der Bau einer Anlage nicht nur zur Einsparung von Wasser, sondern auch zum Einsparen von Waschmittel)
- Pädagogischer Nutzwert einer Regenwassernutzungsanlage (senkt durch entsprechendes Sparverhalten den Trinkwasser-Verbrauch zusätzlich)
- Wie sauber ist das Dach ?

**Literaturtipps!**

KRUPKA, B. (1992): Dachbegrünung.- Ulmer

LIESECKE, H.-J. et al. (1989): Grundlagen der Dachbegrünung - Berlin

(vgl. auch LIESECKE 1981, 1984, 1988, KRUPKA 1987, HEUSER 1989, MEHLER 1992, KÖNIG 1996b).

## 5.3 Gründächer

Unter den Rückhaltemaßnahmen nehmen die Gründächer eine Sonderstellung ein. Bei nicht zu starkem Regen wirkt das aufgebrauchte Substrat als Zwischenspeicher und ein Teil des Regenwassers wird vor allem durch die Pflanzen wieder an die Luft abgegeben (Evapotranspiration), entsprechend weniger Wasser steht für eine Grundwasseranreicherung oder Nutzung zur Verfügung. Funktionen für den Landschaftshaushalt:

- Stadtklima: Dachflächen haben einen wesentlichen Anteil an der Ausprägung des Stadtklimas. Dachbegrünung führt durch ihre Verdunstungsleistung zu einer Verringerung der Wärmebelastung im Sommer.
- Ästhetische Verbesserung des Stadtumfeldes, insbesondere bei verschiedenen Bauhöhen.
- Begrünte Dachflächen besitzen eine mehr oder minder hohe Staubbindungskapazität.
- Anfallendes Regenwasser wird zu einem hohen Anteil zurückgehalten - in niederschlagsärmeren Gebieten bis zu über 70 %.
- Grünflächen auf dem Dach sind wertvoller Lebensraum für Pflanzen und Tiere: In der Bodenschicht alter Dachbegrünungen konnte ein aktiveres Bodenleben festgestellt werden als im Boden gepflegter Parkrasenflächen. Extensiv begrünte Dächer sind aufgrund ihrer Flachgründigkeit, der zeitweise starken Erwärmung und Austrocknung Extremstandorte. Die hier erreichbare Artenvielfalt ist meist nur mäßig hoch. Es finden sich aber durchaus auch seltene, für Sandrasen und Halbtrockenrasen typische Arten, dort ein. Sie sind ansonsten aus der modernen Kulturlandschaft weitgehend verschwunden. Begrünte Dächer werden insbesondere von Bienen, Hummeln, Schmetterlingen und zahlreichen Vogelarten als Nahrungsbiotop angenommen.

Dachbegrünung ist sinnvoll auf allen flach geneigten Dächern, vor allem in Siedlungsbereichen mit hohem Anteil an überbauten und versiegelten Flächen. Es sind grundsätzlich zwei verschiedene Kategorien von Dachbegrünungen zu unterscheiden:

### **Intensivbegrünung**

Hier stehen gestalterische Ansprüche im Vordergrund. Mit meist relativ hohem Anlage- und Unterhaltungsaufwand werden z.B. dauergrüne Wiesen, Staudengärten oder Ziergehölzpflanzungen kultiviert. Diese Dachgärten werden gedüngt und bei Trockenheit bewässert. Der Beitrag dieser Dachgärten zur Verbesserung des Lokalklimas und zur Luftreinhaltung ist meist relativ hoch, derjenige für den Biotop- und Artenschutz gering.

Eine beim Entwurf von Ökostädten diskutierte Form der Dachbegrünung sind Nutzgärten, wo Obst und Gemüseanbau betrieben wird. Hier kann eine Dachterrasse entstehen, auf der Kinder bereits früh erfahren können, dass Lebensmittel nicht aus dem Supermarkt, sondern aus der Erde kommen. Nach Angaben aus Vancouver, Kanada, kann ein Dachgarten von 6x6 m<sup>2</sup> pro Jahr etwa 150 kg hochwertiges Obst und Gemüse liefern (Projekt Darstellung)

NGO-Forum der UN-Konferenz Habitat II, Istanbul 1996). Die Baukosten intensiv begrünter Dächer sind wegen aufwendiger Unterkonstruktionen und höherer Lastannahmen in der Regel deutlich teurer als konventionelle Dachkonstruktion.

### **Extensivbegrünung**

Die Aufwendungen für Anlage und Unterhaltung sind wesentlich reduziert. Der Begrünungsaufbau liegt je nach Ausführung bei einer Gesamtdicke von 2,5 bis 20 cm und hat eine Flächenlast von 25 bis 135 kg/m<sup>2</sup>.

Als Begrünungsart können bei verschiedenen Aufbaustärken folgende Pflanzenmischungen aufgebracht werden (nähere Angaben bei KRUPKA 1992):

- Moos-Sedum-Begrünung (Aufbaustärke 2 - 5 cm)
- Sedum-Gras-Kraut-Begrünungen (Aufbaustärke 5 - 16 cm)
- Gras-Kraut-Begrünungen (Aufbaustärke 12 - 20 cm)

Die genannten Pflanzengemeinschaften kommen in ihrer Zusammensetzung den bestandsgefährdeten Sand- und Halbtrockenrasen der traditionellen Kulturlandschaft nahe. Ihr Beitrag zur Umfeld-Klimaverbesserung ist im trockenen Hochsommer geringer als bei der Intensivbegrünung, derjenige zum Biotop- und Artenschutz wesentlich höher.

Bei Extensivbegrünungen besteht folgender Pflegebedarf:

- regelmäßige Bewässerung bis zum Anwachsen (4 - 6 Wochen)
- Entfernen von Gehölzsämlingen (alle 3 - 5 Jahre)
- Kontrolle der Dachanschlüsse und Dacheinbauten

Die Investitionsmehrkosten gegenüber konventionellen Dachabdeckungen sind nur geringfügig teurer, die zusätzlichen Unterhaltungskosten gering. Im Gegenteil, durch eine Begrünung kann die Lebensdauer einer Dachkonstruktion verlängert werden, da extreme Temperaturschwankungen auf der Dachhaut unterbleiben und sie gleichzeitig vor UV-Strahlung geschützt wird. Darüber hinaus ergänzt sie die vorhandene Wärmedämmung und trägt dadurch zur Heizkostensparnis bei.

Während sich bis vor einigen Jahren selbst engagierte Befürworter gegen eine Regenwassernutzung von Gründächern ausgesprochen haben, besteht heute weitgehende Übereinstimmung darüber, dass auch der Niederschlagsabfluss als Betriebswasser durchaus brauchbar ist.

Kostenvorteile für begrünte Dächer!

In Freiburg werden begrünte Dächer bei der Berechnung der Niederschlagsgebühr berücksichtigt; intensiv begrünte Flächen sind von der Niederschlagsgebühr befreit, extensiv begrünte Dächer werden nur zur Hälfte zur Bemessung der Niederschlagsgebühr herangezogen (vgl. Kap.5.1).

**Regenwassernutzung auch von Gründächern !**



## 6. Dezentrale Abwasserbehandlung für ländliche und städtische Gebiete

Dezentrale Lösungen der Siedlungsentwässerung und ihre Erforschung fanden in der Vergangenheit eher im kleinen Rahmen statt und wurden vom Großteil der Fachwelt kaum beachtet. Ein wesentlicher Grund dafür ist sicher darin zu suchen, dass bereits vor mehr als 100 Jahren mit immensen Investitionen in Forschung, Entwicklung und Bau zentral organisierter Systeme (Schwemmkanalisation, Kläranlagen usw.) eine andere Richtung eingeschlagen wurde. Erst in den letzten Jahren begann, durch die Erhöhung der Wasser- und Abwassergebühren, den vielfältigen Nachholbedarf in den neuen Bundesländern und die zunehmende Gegenwehr von Bürgern gegen Bestrebungen, auch dünn besiedelte Bereiche mit immensen Kosten zentral zu kanalisieren, das Interesse an dezentralen Lösungen zu wachsen (COSTNER 1986, BUYSCH 1989, BUND 1990, BIFFL 1992, FEHR 1992, RENNER 1994). Schon aus wirtschaftlichen Gründen ist ein Teil der Bevölkerung nicht an eine Kanalisation anschließbar (in den alten Bundesländern bis zu 10 %, in den neuen Bundesländern bis zu 30 %). Insbesondere in Ländern wie z.B. Schleswig-Holstein, wo eine weitgehende Kanalisation des ländlichen Raumes unfinanzierbar wäre, sind deshalb schon früh Untersuchungen vorgenommen worden, wie Haus- und Kleinkläranlagen so gebaut, saniert oder erweitert werden können, dass der Einfluss des Abwassers auf Grund- und Oberflächenwasser so gering wie möglich bleibt. An Einzelinitiativen zu bestimmten alternativen Verfahren fehlt es daher nicht. Jedoch wurden diese Erfahrungen bislang weder für Fachleute noch für die Bevölkerung gesammelt, bewertet oder in geeigneter Form aufbereitet.

Die baldige Aufarbeitung der bisher gesammelten Erfahrungen und eine daran anknüpfende Durchführung gut geplanter **Pilotprojekte** (mit entsprechender Begleitforschung zu offenen Fragen), wird eine wesentliche Voraussetzung für eine volkswirtschaftlich und ökologisch sinnvolle Abwägung sein. Pauschal formulierte Argumente gegen dezentrale Konzepte, wie z.B. die schlechteren Überwachungsmöglichkeiten oder die schleichende Gefahr lokaler Grundwassergefährdungen, sollten auf diese Weise leicht zu entkräften sein. Insbesondere vermeintliche Nachteile dezentraler Lösungen, wie eine schlechtere Kontrolle, können durch den **gemeinsamen Betrieb vieler kleiner Anlagen in einem Verbund** kompensiert werden. Die Vorteile solcher Verbundlösungen liegen in der besseren Ausstattung und Ausnutzung vorteilhafter Einrichtungen (z.B. Ersatzaggregate, Laborgeräten), der kontinuierlichen Überwachung und dem geringeren Personal-, Wartungs- und Kostenaufwand.

Literaturtipp!

Zur konventionellen Abwasserbehandlung vgl. KUNZ 1995

### Kläranlagen als Bereicherung der Natur im ländlichen Raum:

In einer Broschüre (A4 155 S.) mit dem Titel „Gestaltung von Abwasserbehandlungsanlagen im ländlichen Raum“ wird dargestellt, dass Kleinkläranlagen „nicht nur kostengünstig, leistungsstark und betriebssicher“ gestaltet werden können, sondern darüber hinaus „sogar positive Effekte“ für den Arten- und Biotopschutz, für das Landschaftsbild und die Wohnumfeldgestaltung“ zu erreichen sind (bearbeitet von Dr. Ankea Siegl, Inst. für Biogeographie, Universität des Saarlandes, Postfach 151150, 66041 Saarbrücken).

In den Landeswassergesetzen ist festgelegt, dass für die Entsorgung der Abwässer in der Regel die Kommune zuständig und damit verantwortlich ist. Sie regelt durch eine entsprechende Satzung, unter welchen Voraussetzungen Abwasser als angefallen gilt und in welcher Weise und Zusammensetzung ihr das Abwasser zu überlassen ist. Lediglich den Betrieb entsprechender Anlagen etc. kann sie an Dritte abgeben, nicht die Zuständigkeit. Ausnahmen, das heißt der Anschluss von der Beseitigungspflicht, können in Abstimmung mit den Wasserbehörden dann erfolgen, wenn eine Übernahme aus technischen Gründen nicht möglich oder unverhältnismäßig ist. Diese Ausnahmeregelung wurde insbesondere für Hausgrundstücke im baurechtlichen Außenbereich gem. § 35 BauGB angewendet, in denen Abwasser in Kleinkläranlagen oder abflusslosen Sammelgruben beseitigt wird. Im Ausnahmefall hat „derjenige das Abwasser zu beseitigen, bei dem das Abwasser anfällt oder der nach dem Abwasserbeseitigungsplan hierzu verpflichtet ist“.

In vielen Industriestaaten liegt der Anschlussgrad an Kanalisation und kommunale Kläranlage bei annähernd 80 % oder darüber (IKSR 1994c). Die bisher nicht angeschlossenen Gebiete haben meist eine relativ geringe Einwohnerdichte, so dass ein Anschluss an eine Kanalisation nicht vertretbare Kosten mit sich bringen würde.

Folgende Aspekte sollten bei der Planung einer dezentralen Anlage beachtet werden:

- Es sollte immer ein professioneller Planer hinzugezogen werden
- Mit Planern können HOAI-konforme „Erfolgshonorare“ vereinbart werden, die kostengünstige, energiesparende bzw. ökologische Lösungen fördern
- Die Möglichkeiten zur Nutzung oder dem Bau einer größeren gemeinschaftlichen Anlage bzw. zum gemeinschaftlichen Betrieb (Kostensparnis, ggf. Energieersparnis) sind zu prüfen
- Der weniger verschmutzte Fremdwasseranteil ist soweit wie möglich zu reduzieren. Möglichkeiten der Regenwassernutzung, -versickerung etc. sind entsprechend zu prüfen
- Spezielle Abwasserqualitäten von Indirekteinleitern sind zu erfassen und ggf. separat zu behandeln
- Unkonventionelle Möglichkeiten der Vor- bzw. Nachbehandlung sind bei Interesse zu prüfen (z.B. Wasserenthärtung, Schwermetallelimination durch Biopolymere etc.)
- Möglichkeiten zur Verbesserung des Kläranlagenablaufs vor Einmündung in ein Gewässer sind zu prüfen (z.B. Sauerstoffanreicherung durch kaskadenartiges Gefälle), ggf. ist die nachträgliche Ergänzung von Nachreinigungsstufen vorzusehen
- Die Möglichkeiten zur naturnahen Behandlung von Klärschlamm (z.B. Klärschlammvererdung in Schilfanlagen) sind zu prüfen
- Kläranlagen sollten möglichst nahe der Siedlungen und nach Möglichkeit nicht in Talauen gebaut werden, um unnötigen „Landschaftsverbrauch“ zu verhindern. Bei Anlagen mit Geruchsemissionen ist entsprechend Abstand zu halten
- Auf eine ansprechende Gestaltung der Kläranlagen sollte geachtet werden
- Es gibt keine Patentlösungen, die unter den verschiedensten Randbedingungen anwendbar sind
- Kleinkläranlagen mit "allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung" des DIBT (Deutsches Institut für Bautechnik) vereinfachen den Genehmigungsweg

Aus diesem Grund ist auch in der konventionellen Wasserwirtschaft das Interesse an dezentralen Verfahren erheblich gestiegen. Der Anwendungsbereich solcher Verfahren liegt zwischen 5 bis zu 2000 (bis max. 5000) angeschlossenen Einwohnern pro Anlage. Zum Ausdruck kommt das ansteigende Interesse z.B. durch viele Internationale Konferenzen seit 1989.

Kleinkläranlagen unter einem Anschlusswert von 50 E wurden früher lediglich als Zwischenlösung bis zum Anschluss an ein zentrales Kanalnetz angesehen. Heute können sie auch offiziell (vgl. § 45 WHG) als Dauerlösung anerkannt werden. Die Leistungsfähigkeit und Betriebsstabilität ist inzwischen für unterschiedliche Anlagentypen vielfach nachgewiesen. Das Problem, dass bei dezentralen Anlagen keine ausgebildeten Klärwärter zur Verfügung stehen, kann zum Teil dadurch gelöst werden, dass mehrere Anlagen einer Region durch eine Person regelmäßig gewartet werden.



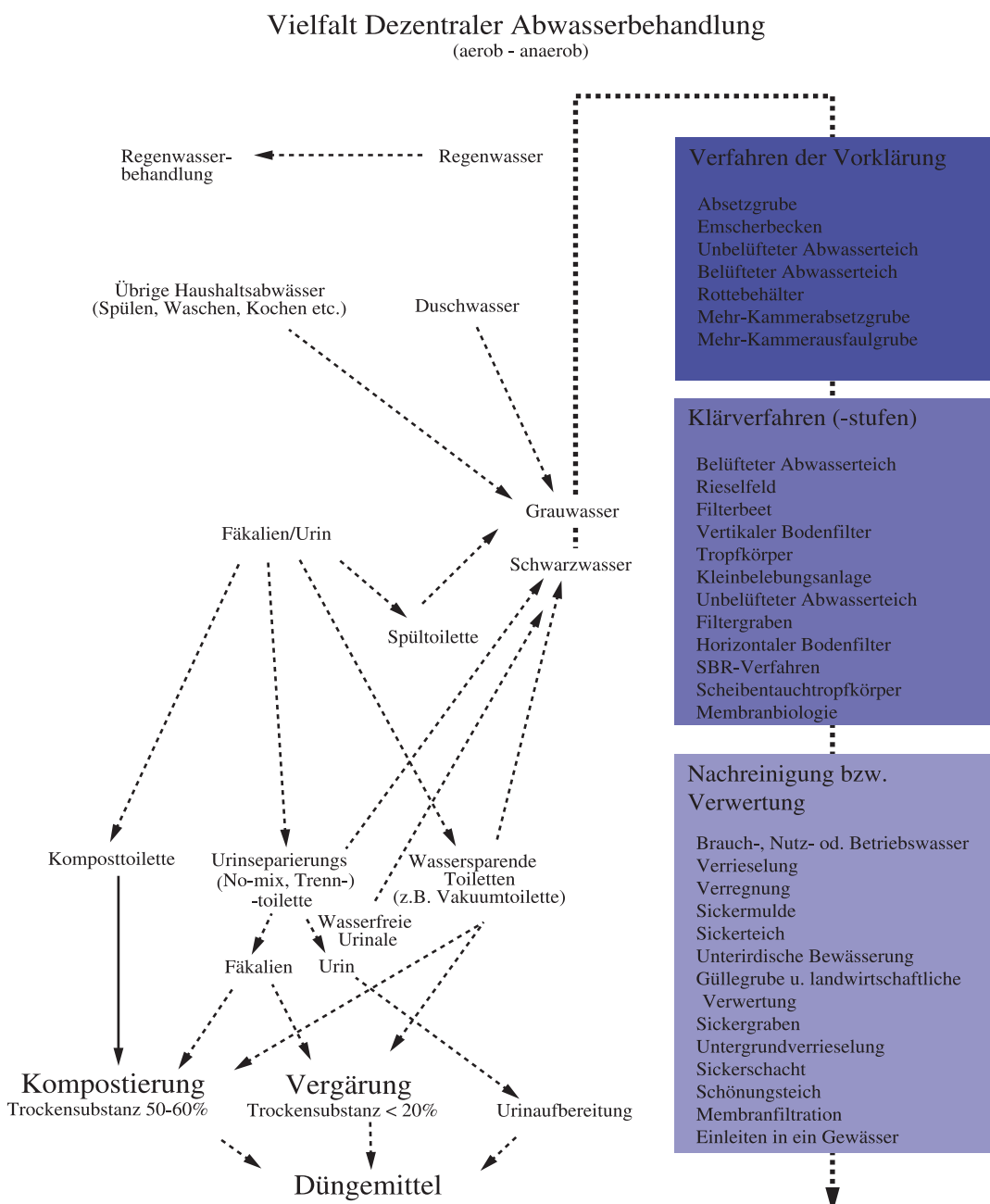
## 6.1 Überblick über verschiedene Abwasserreinigungsverfahren

Die Grundlagen der biologischen Abwasserreinigung leiten sich aus Beobachtungen der Selbstreinigungsvorgänge in Fließgewässern ab. Sie hängen im Wesentlichen von der Aktivität der auf festen Oberflächen festsitzenden (sessilen) und den im Wasser freischwimmenden, oft zu Flocken zusammengefassten Organismengemeinschaften, ab.

Die Übergänge zwischen den Vorgängen festsitzender und freischwimmender Organismen sind dabei fließend. Verfahren, die mehr die sessilen Organismengemeinschaften fördern (Tropfkörper und andere Biofilm-,

Abb.62:

Übersicht über dezentrale Verfahren der Fäkalien/Abwasserbehandlung

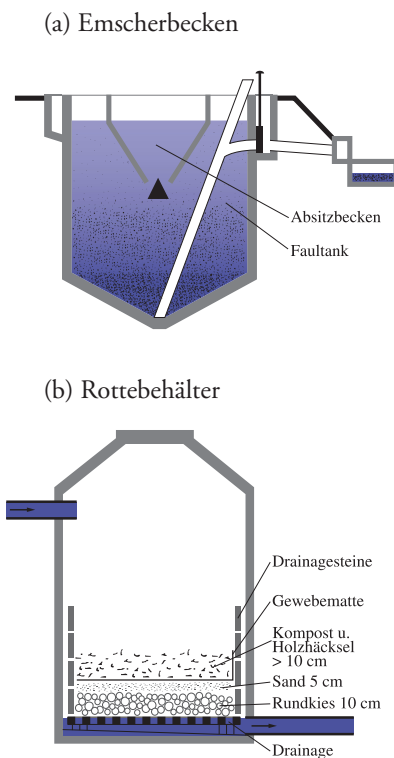


Tab.45:

Kurzbeschreibung der verschiedenen Verfahren zur dezentralen Abwasserreinigung

Abb.63:

(a) Emscherbecken, (b) Rottebehälter



### Gruben, Grobstofftrennung

Offene oder geschlossene Gruben zum Absetzen und teilweisen Ausfaulen der Feststoffe etc., (Bemessung:  $0,3-0,5 \text{ m}^3/\text{E}$ , Mindest-**Absetzbecken**) Größe etwa  $3 \text{ m}^3$ ; Schlammleerung nach Bedarf; ausschließlich zur Vorbehandlung geeignet, wenn eine Belebtschlamm-Biologie (Belebung, SBR, Membranbiologie) folgt.

### Mehrkammerabsetzgruben

nach DIN 4261, Teil 1, genormt. Grobstoffe setzen sich in mehreren hintereinandergeschalteten Kammern ab. Tauchwände, T-Stücke oder Überläufe unterhalb des Wasserspiegels (ca. 30 cm) verhindern Schwimmschlammüberlauf; Bemessung ca.  $0,3 \text{ m}^3/\text{E}$ ; Mindestgröße  $3 \text{ m}^3$ .  $> 4 \text{ m}^3$  mindestens 3 Kammern. Die 1. Kammer sollte etwa die Hälfte des Gesamtvolumens ausmachen; Grubentiefe 1,2-3 m. Wichtig ist, dass die Grube gut be- und entlüftet ist. Nach DIN 4261, Teil 3, sind Mehrkammerabsetzgruben jährlich zu leeren. Sinnvoll ist dies jedoch nur bei Bedarf (ca. 1/2 voll, Schlamm Spiegel kann mit Peilstab oder ähnlichem gemessen werden), ausschließlich zur Vorbehandlung geeignet.

### Mehrkammerausfaulgruben

Unterscheiden sich von den Mehrkammerabsetzgruben nur durch ihre Größe:  $1,5-3 \text{ m}^3/\text{E}$  oder größer, Mindestgröße  $6 \text{ m}^3$ . Rechnerische Aufenthaltszeit ca. 10 Tage; es bildet sich Schwimmschlamm, der unter Luftzufuhr abgebaut wird und allmählich wieder absinken kann. In altem Schwimmschlamm leben auch z. B. Regenwürmer. Gute Mehrkammerausfaulgruben brauchen z. T. mehr als 10 Jahre nicht geleert zu werden. Der Schlamm fault dabei fast völlig aus. Nach DIN 4261, Teil 3, sind sie alle 2 Jahre zu leeren. Sinnvoll ist dies jedoch nur bei Bedarf (ca. 3/4 voll, Füllstand kann mit Peilstab gemessen werden), vorwiegend zur Vorbehandlung geeignet.

### Emscherbecken (Emscherbrunnen)

Becken mit einem unten offenen Trichter und leicht seitlich geneigtem Auslass. Das Abwasser läuft in den Trichter und auch oben wieder ab. Der sich absetzende Schlamm rutscht durch den Auslass des Trichters in den darunter befindlichen Schlammfoulraum. Bei entsprechendem Abschluss lässt sich das entstehende Biogas sammeln. Bemessung: Schlammraum  $< 0,1 \text{ m}^3/\text{E}$ ; vorwiegend zur Vorbehandlung geeignet; Diese Bauart hat den Vorteil, bei größeren Einheiten das Biogas nutzen oder zumindest verbrennen zu können (Methangas=Treibhausgas). Die höheren Baukosten machen diese Bauweise bei sehr kleinen Einheiten unwirtschaftlich.

### Rottebehälter, Feststofffiltration

Behälter, in dem über Sieb od. Filter (z.B. Schicht aus Sand und Kies od. Stroh und Hackschnitzel) die Grobstoffe des ungereinigten Abwassers zurückbleiben, belüftet werden und kompostieren. Eignet sich vor allem zur Vorklärung. Auf Grundlage der Trennung von Fest- und Flüssigbestandteilen (Feststoffabscheidung) basieren weitere Verfahren, bei denen das filtrierte Abwasser in weiteren Filtern (Festbettreaktoren) einer anaeroben (Denitrifikation) und/oder aeroben Reinigung (Nitrifikation) unterzogen wird (vgl. Abb. 63b und 66).

### Verregnung (Versprühen) oder Ausbringung

Z.B. mit Güllefass, sowohl für unbehandeltes als auch gereinigtes Abwasser geeignet. Der Flächenbedarf für unbehandeltes Abwasser liegt bei ca.  $330 \text{ m}^2 / \text{Einw.}$ ; vor-gereinigtes Abwasser entsprechend weniger. Bei Vermischung des Abwassers mit Gülle bei Grünlandbauern sollte über eine Mehrkammergrube vorgereinigt werden; Bandwurmeier und sonstige Parasiten sterben in der Mehrkammerausfaulgrube nach

einiger Zeit ab. Einzelhöfe können Fäkalien in einer eigenen Grube sammeln und aufs Ackerland ausbringen, das Grauwasser (Bad, Dusche, Küche, Waschmaschine) kann dann direkt in die Güllegrube oder aufs Grünland. Je Einwohner sind ca. 15 m<sup>3</sup> Volumen notwendig, um eine ausreichende Ausfallzeit zu gewährleisten.

### **Verrieselung**

- a) Staurieselung: Boden wird mit Abwasser überstaut,
- b) Muldenversickerung,
- c) Hangrieselung an einem leicht geneigten Hang,
- d) Furchenrieselung über offene Gräben.

Bemessung siehe auch Verregnung; Rieselfelder 50 m<sup>2</sup>/E, Ackerland 10 bis 20 m<sup>2</sup> bei Grünlandnutzung und 6 bis 20 m<sup>2</sup>. Vorteil ist die Nutzung der gesamten belebten Bodenschicht.

### **Unterirdische Bewässerung**

mit Sickerleitungen in 20 bis 30 cm Tiefe; diese Art der Versickerung nutzt teilweise Pflanzenbewuchs und Oberboden; hygienische Bedenken entfallen weitgehend (auch nach der DIN 19650). Nachteil: Frostgefahr.

### **Untergrundverrieselung**

nach DIN 4261, Teil 1, Sickerleitungen in einer Tiefe von 50 bis 100 cm. Bemessung 10 m Sickerlänge/ Einw. bei Kies und Sand, 15 m bei lehmigem Sand und 20 m bei sandigem Lehm. Wichtig ist, dass die Sickerleitungen von den Enden her belüftet sind. Nachteil: Die aktivste Bodenschicht wird nicht genutzt (wird derzeit kaum genehmigt).

### **Sickerschächte (Schluckbrunnen)**

Ähnlich Schachtbrunnen, Bemessung z.B. nach DIN 4261, Teil I. Schacht in Grube mit gelochten Ringen, Schacht und Zwischenraum mit Feinkies gefüllt, darüber ca. 50 cm Sand als Filterschicht. Gleichmäßige Verteilung des Abwassers wichtig; Bemessung 1 m<sup>2</sup> /Einw. Werden derzeit kaum mehr genehmigt, da keine weitere Reinigung im Boden erfolgt.

### **Sickergraben, Sickerteich**

Künstlich angelegter Sickergraben oder Teich, der nur Abwasser führt, das allmählich versickert. Mit diesen Gräben werden die Stoffwechselleistung eines Gewässers und seiner Pflanzen (z. B. Schilfbewuchs) und die Reinigungsleistung des Bodens bei der Versickerung kombiniert. Eine Vorreinigung ist in jedem Fall notwendig. In wärmeren Klimaten (in Europa z.B. in Italien) haben sich Abwassergräben und -teiche mit Wasserlinsen (Wasserpflanzen) bewährt (vgl. FACCINI 1992). In der Regel sind sie dann jedoch abgedichtet und keine Versickerungsgräben mehr, sondern münden in ein Gewässer. Auch in Kombination mit Fischteichen sind sie vor allem im Bereich der Nachklärung mit Erfolg einsetzbar.

### **Vertikal beschickte Pflanzenkläranlage**

Mit Sand und Kies gefüllte Pflanzenbeete, durch die das Abwasser von oben nach unten sickert. Bemessung: bei Grauwasser mind. 1-2m<sup>2</sup> /Einw. bei Schwarzwasser mind. 2,5m<sup>2</sup>/E; Vorklämung vorausgesetzt, Tiefe > 1,00 m. Die schwallweise Beschickung hat sich bewährt. Als Pflanze wird oft Schilf verwendet. Es eignen sich jedoch auch eine Reihe weiterer Pflanzen, wie z.B. der Rohrkolben verschiedene Seggen oder Binsen.

**Horizontal beschickte Pflanzenkläranlage**

Pflanzenbeet mit Sand oder Kies gefüllt, das vorwiegend waagrecht durchströmt wird. Bemessung mind.  $5\text{m}^2/\text{E}$ , Tiefe ca. 0,8 m.

**Flache bewachsene Kiesfilter** (nach SEIDEL 1983)

Ca. 50 cm flache Kiesfilter, waagrecht (horizontal) durchströmt. Im Kies gibt es anders als im Sand keine Kapillarkräfte, der Abbau findet vorwiegend am Boden statt, bekannt durch die Binsenkläranlagen von Käthe Seidel. Wegen der flachen Bauweise kann es passieren, dass die Bepflanzung den Kies so gut durchwurzelt, dass kein Wasser mehr durchkommt. Dann muss man einige Pflanzen entfernen.

**Pflanzenkläranlagen mit bindigem Material**

Bekannt auch als Wurzelraumanlagen nach Kickuth. Problem der bindigen Böden ist, dass das Wasser darin nicht ausreichend versickert. Die meisten Anlagen sind waagrecht durchströmt, im schlechtesten Fall nur überströmt. Den von Kickuth erwarteten Wurzelraumeffekt, dass Schilf den Boden entscheidend auflockert, konnte die Praxis nicht bestätigen. Von solchen Anlagen ist daher in aller Regel abzuraten. Bodenfilter sollten Durchlässigkeitswerte von  $10^{-5}$  bis  $10^{-4}$  m/s (z.B. feiner Sand) nicht unterschreiten. Es muss auch Raum für die Abbauprodukte sein (>30 Jahre).

**Filtergräben (Sandfiltergräben)**

Abgedichteter Graben mit einer Filterschicht aus Sand oder Kies; Beschickung mit Sickerleitungen; Entwässerung am Boden durch Dränagen. (z.B. nach DIN 4261, Teil 1, 60 cm dicke Feinkiesschicht,  $\varnothing$  2 bis 8 mm, Tiefe 1,25 m, Breite ca. 50 cm. Bemessung ca. 6 m /Einw.) Bei feinerem Material steigt die Reinigungsleistung; Insgesamt bleibt die Reinigungsleistung vergleichsweise gering. Künftig nicht mehr zulässig (Euro Norm).

**Sandfilter, belüftet und unbelüftet (Filterbeete)**

Z.B. als Filterbeet mehrere Filtergräben nebeneinander. Sie können auch unterirdisch angelegt werden. Bei niedrigem Wasserstand und guter Belüftung wird Stickstoff (Harnstoff, Ammonium) zu Nitrat umgewandelt, wenn eine ausreichende Dimensionierung vorgenommen wurde. Bei hohem Wasserstand und niedrigem Sauerstoffgehalt (intermittierende Belüftung) holen sich die Bakterien den Sauerstoff aus dem Nitrat, und es entsteht Luftstickstoff. Belüftete Sandfilter eignen sich auch gut zur Grauwasserreinigung, z.B. auch für Waschwasser. (z.B. bei Autowaschanlagen). Sie haben einen relativ kleinen Raumbedarf, dafür ist der Energiebedarf vergleichsweise hoch.

**Filterschacht (aerob, anaerob)**

Kompakte Variante des Filtergrabens od. Filterbeetes. Bemessung: ca.  $2\text{m}^2/\text{E}$ . Wird das Abwasser im Schacht gestaut, entstehen anaerobe Verhältnisse. Hier eignet sich als Füllmaterial Blähton, Schaumstoffwürfel od. ähnliches; das Wasser strömt von unten nach oben. Anaerobe Schächte benötigen eine gute Vorklärung (Bemessung ca.  $0,5 - 1\text{m}^3/\text{E}$ ). Filterschächte werden nur noch selten eingesetzt (z.B. beim Umbau einer alten Güllegrube). Nur geringe Reinigungsleistung.

**Tropfkörper**

Behälter mit gröberem Material, z. B. Schlacke, Kunststoffkörper oder Blähton, ca.  $\varnothing$  40 - 80 mm, über die das vorgeklärte Abwasser langsam tropfen kann. Tropfkörper benötigen eine gute Belüftung, Durchmischung und Nachklärung zum Absetzen des Schlammes. Bei modernen Tropfkörpern wird das Abwasser mehrmals über den Tropfkörper gepumpt. Bemessung: nach DIN 4261, Teil 2, Füllung der Tropfkörper mindestens 1,5 m hoch,  $0,4\text{m}^3/\text{E}$ . Tauchtropfkörper (Scheiben-Tauchtropfkörper): Mehrere meist per elektrischem Motor angetriebene Scheiben oder ähnliche Körper

(Tauchkörper), die etwa zur Hälfte in das vorgereinigte Abwasser eintauchen, so dass die abbauenden Organismen abwechselnd im Wasser und an der Luft sind. Der Energiebedarf ist bei Anlagen > 300 EW geringer als beim Tropfkörper, da das Abwasser nicht gepumpt werden muss.

### Absetzteiche (auch Erdbecken genannt)

Vor allem zur Vorklärung, Aufenthaltszeit ca. 1 Tag, Zufluss va. 200 l/Einwohner. Unbelüftete Abwasserteiche (auch als Oxydationsteiche bezeichnet), flache Bauweise, um Belüftung durch die Wasseroberfläche, Wind und Pflanzen zu gewährleisten (1 bis 1,5 m tief). Bemessung nach der Oberfläche, ca. 10 - 15 m<sup>2</sup>/Einwohner Aufenthaltszeit ca. 60 Tage. Schlammräumung nach Bedarf, ca. alle 5 Jahre. Benötigtes Volumen, möglichst auf mehrere Becken verteilen.

### Belüftete Abwasserteiche

Durch die Belüftung können die Teiche tiefer angelegt werden (Tiefe: 1,5 bis 2,5 m) und beanspruchen daher weniger Fläche. Bemessung: 2 - 3 m<sup>3</sup>/Einwohner; Schlammräumung alle 2 bis 5 Jahre. Relativ hoher Energiebedarf.

### Schönungsteiche

Abwasserteiche für die Nachbehandlung von Abwasser („Nachklärungsbecken“), z.B. hinter einem belüfteten Abwasserteich, einer Pflanzenkläranlage oder einer SBR-Anlage, Aufenthaltszeit 1 - 5 Tage; Bemessung ca. 0,2 - 1 m<sup>3</sup>/ Einwohner; Schlammräumung etwa alle 10 Jahre; je nach Abdichtung auch zur Versickerung nutzbar.

### Kleinbelebungsanlagen

Anlage mit Vorreinigung (od. mind. Rechen). Belebungsbecken mit Belüftung und Absetzbecken, Bemessung nach DIN 4261, Teil 2, genormt. Durch künstliche Belüftung relativ großer Energieverbrauch. Für sehr kleine Anlagen weniger geeignet.

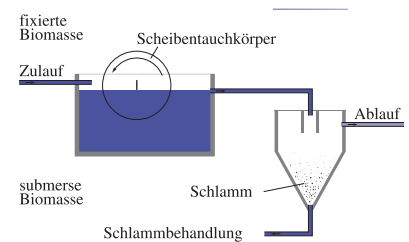
### Sequencing Batch Reactor (SBR)

Kläranlagen nach dem Belebtschlammverfahren. Im Gegensatz zur konventionellen Belebtschlammanlage, wo anaerobe, aerobe und Absetz-Vorgänge örtlich getrennt ablaufen, finden sie hier in zeitlich hintereinander ablaufenden Schritten im gleichen Becken statt.

### Vergärung (Biogasanlagen)

Die Vergärung setzt in kälteren Klimaten Anteile an Trockenmasse von 10 - 20 % voraus. Zu stark verdünntes Toilettenspülwasser oder Grauwasser eignet sich daher nicht zur Biogasgewinnung. Eine effiziente Vergärung verläuft nur unter strengem Sauerstoffabschluss und relativ hohen Temperaturen (> 30°C) ab. In wärmeren Klimaten können Biogasanlagen eine wichtige Energiequelle darstellen. In China und Indien bestehen viele Tausende kleinste Biogasanlagen, die häusliches Abwasser und anderes organisches Material vergären. In gemäßigten Breiten erreichten Biogasanlagen als Faultürme der zentralen Kläranlagen für die Weiterbehandlung des Klärschlammes, in der Industrieabwasserbehandlung und in der Landwirtschaft zur Gülleverwertung Bedeutung. Der ausgefaulte Rückstand bei den landwirtschaftlichen Anlagen gilt nach entsprechender Erwärmung als hygienisch unbedenklich. Es gibt Meinungsverschiedenheiten darüber, ob er auch dann auf Grünland ausgebracht werden darf, wenn nennenswerte Mengen Abwasser darin verarbeitet werden. Bei Verwendung wassersparender Toiletten (z.B. Vakuumtoiletten) könnte auch in städtischen Bereichen Schwarzwasser zusammen mit organischen Hausabfällen zur Biogasproduktion und der Rückstand als Flüssigdünger genutzt werden (vgl. Kap. 8).

Abb.64:  
Scheibentropfkörper



Festbetтанlagen), eignen sich für Abwasser mit relativ gleichmäßiger Belastung spezifischer Abwässer besser, da sich im festen „Biofilm“ Spezialisten mit besonderen Stoffwechselleistungen eher finden, als in freischwimmenden Flocken. Anlagen, die eher die Abbauleistungen der freischwimmenden Organismen ausnutzen, haben den Vorteil, durch künstlich geschaffene hohe Sauerstoffeinträge die effektiveren aeroben Abbauleistungen fördern zu können. Einen Spezialfall nehmen die anaeroben Verfahren (z.B. Biogasanlagen) ein, die ihr Vorbild in Sedimenten haben, die reich an organischem Material sind. Hier können nur „Stoffwechselspezialisten“ überleben, die ihre nötige Energie auch ohne Sauerstoff gewinnen können. Die Stoffwechselwege laufen jedoch sehr viel langsamer und leisten unter optimalen Bedingungen einen Abbau bis zum  $\text{CH}_4$  (Methangas). Der unvollständige Abbau ist in Biogasanlagen jedoch gewünscht (vgl. Kap. 8.3.3).

In der Tabelle 45 werden verschiedene Verfahren der dezentralen Abwasserbehandlung vorgestellt. Die Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Verfahren, die in letzter Zeit besonders weiterentwickelt wurden, sich bewährt haben oder zunehmend Verbreitung erfahren (z.B. Pflanzenkläranlagen, SBR-Verfahren, Tropfkörper), werden in eigenen Kapiteln näher beschrieben. Bei den anderen Verfahren wird auf einschlägige Literatur, technische Hinweise, DIN-Normen oder Arbeitsblätter verwiesen. Die Tabelle teilt die Verfahren bewusst nicht ein nach Vorklärung, Hauptklärstufe oder Nachklärung. Die Übergänge sind fließend und es gilt der Grundsatz, dass die lokalen Verhältnisse (Platzangebot, Abwasserqualität, Kosten, Untergrund etc.) darüber entscheiden, welches der Verfahren und in welcher Kombination am sinnvollsten zum Einsatz kommt (vgl. Abb. 62). Die Angaben zur Bemessung beziehen sich, sofern nichts anderes angegeben ist, auf durchschnittliches häusliches Abwasser (60g BSB<sub>5</sub>/Einw.). Bei Grauwasser können niedrigere Bemessungswerte angenommen werden.

Wichtige Rahmenbedingungen, mit denen die meisten dezentralen Lösungen fertig werden müssen, sind die hohen Schwankungen in Menge und Nährstoffkonzentration der zu reinigenden Abwässer und dem Fehlen eines kompetenten Klärwärters. Darüber hinaus müssen sich die Verfahren durch niedrige Bau- und Wartungskosten auszeichnen. Diese hängen weitgehend von der angestrebten Reinigungsleistung und dem zur Verfügung stehenden Platz ab.

Die heute zur Verfügung stehenden Verfahren benötigen sehr unterschiedliche Flächen bzw. Volumen (vgl. Tab. 46).

Auch die **Aufenthaltszeit** variiert von einigen Minuten bis zu mehreren Tagen. Nimmt man beide Kriterien zusammen, so lassen sich zwei Gruppen von Anlagen unterscheiden. Solche, die einen Flächenbedarf unter 0,3 m<sup>2</sup>/Person und eine Aufenthaltszeit von max. 3 Tagen haben, von solchen, die einen Flächenbedarf von mehreren m<sup>2</sup> und eine Aufenthaltszeit von mehreren Tagen (Ausnahme Sandfilter) haben.

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Abbauleistung bezüglich des Stickstoffes einer Kleinkläranlage. Stickstoff liegt im häuslichen Abwasser als Ammonium (z.B. als Abbauprodukt des Harnstoffs,  $\text{NH}_4^+$ ), in organischer Form (z.B. Harnstoff oder anderen org. Verbind.) oder zum kleineren Teil als Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) oder Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) vor. Die Stickstoff-Elimination aus dem Abwasser erfolgt

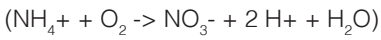
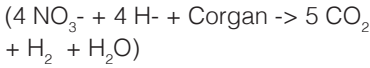


Verfahren	Fläche/ Einw. m <sup>2</sup>	Volumen/ Einw. m <sup>3</sup>	Aufenthalts- zeit	Nitrifika- tion
Nicht belüftete Teiche	10	10 - 15	> 20 Tage	+
Bodenfilter	4 - 20	7 - 12	-	±
Belüftete Teiche	3	4 - 7	> 3 - 6 Tage	±
Pflanzenbeete	2 - 12	2 - 6	4 - 10 Tage	+
Sandfilter	4 - 6	4 - 6	1 Std.-7 Tage	+
Nitrifizierender Tropfkörper	0,17 - 0,3	0,45 - 0,6	6 - 10 min.	+
zusätzliche Belüftung	0,12 - 0,25	0,35 - 0,6	1 - 3 Tage	+
SBR-Verfahren	0,1 - 0,2	0,3 - 0,5	1 - 3 Tage	+
Nitrifizierende Tauchtropfkörper	0,1 - 0,18	0,17 - 0,25	10 - 20 Std.	+
Nichtnitrifizierende Tropfkörper	0,05 - 0,08	0,13 - 0,18	3 - 6 min.	-
Nichtnitrifizierende	0,04 - 0,07	0,07 - 0,13	8 - 15 Std.	-

Tab. 46:

Flächen- und Volumenbedarf verschiedener dezentraler Abwasserreinigungsverfahren, verändert (BOLLER 1994)

zum einen über die Entnahme von Faulschlamm (Biomasse) oder über die „Reduktion“ von  $\text{NO}_3^-$  zu molekularem Stickstoff durch Bakterien (vgl. Abb. 25). Die Oxidation von Ammonium bzw. Ammoniak durch Bakterien zum Nitrat über das Nitrit bezeichnet man als **Nitrifikation**. Sie tritt nur bei niedriger Belastung auf. Die „Reduktion“ (Respiration) des oxidierten Stickstoffs (Nitrat oder Nitrit) zum molekularen Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) durch Bakterien bezeichnet man als **Denitrifikation**. Der Stoffwechsel der denitrifizierenden Bakterien kann bei Abwesenheit von Sauerstoff, einem annähernd neutralen pH-Wert und hohen Konzentrationen an  $\text{NO}_x$  und organisch abbaubaren Substanzen erfolgen. Es verwundert daher nicht, dass nur bestimmte Anlagen den Stickstoff denitrifizieren. Verfahren mit Belüftung müssen zu diesem Zweck eine eigene anoxische Stufe einrichten. Dies geschieht meist durch Rückführung nitrat-haltigen Wassers in ein vorgeschaltetes Denitrifikationsbecken, kann aber auch unter bestimmten Bedingungen „simultan“ (d.h. im gleichen Becken) erfolgen. Tab. 46 gibt eine Übersicht über den **Flächen- und Volumenbedarf** verschiedener dezentraler Abwasserreinigungsverfahren sowie ihre Nitrifikationsleistung.

**Nitrifikation**ca. 4,6 O<sub>2</sub>/g NH<sub>4</sub>-N**Denitrifikation**ca. 2,86 O<sub>2</sub>/g NH<sub>4</sub>-N)

Tab. 47:

Verschiedene typische Auslegungsparameter dezentraler Verfahren im Vergleich

**Raumbelastung** = Verhältnis von täglich zugeführter BSB<sub>5</sub>-Fracht [kg/d] pro Volumen des Behandlungsbeckens [m<sup>3</sup>].

**Flächenbelastung** = Verhältnis von täglich zugeführter BSB<sub>5</sub>-Fracht [kg/d] pro Fläche des Tauchtropfkörpers od. anderer Festbetten [m<sup>2</sup>].

**Schlammbelastung** = Verhältnis von täglich zugeführter BSB<sub>5</sub>-Fracht [kg BSB<sub>5</sub>/d] zur Trockenmasse im Klärbecken [kg TS].

**Schlammalter** = Verhältnis von Trockenmasse im Klärbecken [kg TS] zu Trockenmasse [kg TS/d], die täglich entfernt wird (Überschussschlamm).

## 6.2 Bemessung dezentraler Verfahren

Bei durchschnittlichen Verhältnissen kann man von einer Belastung häuslichen Abwassers mit 800 mg/l CSB und 400 mg/l BSB<sub>5</sub> ausgehen. Im prinzipiellen Aufbau ähneln sich alle Abwasserbehandlungsanlagen. Nach Vorklärung, Biologie, Nachklärung sind zumindestens die leicht abbaubaren Substanzen weitgehend abgebaut. Die Pflanzenkläranlagen fassen Biologie und Nachklärung in der Regel zusammen (vgl. Abb.65). Die einzelnen Verfahren können sich je nach Aufbau noch stark hinsichtlich ihrer Nitrifikations- bzw. Denitrifikationsleistung unterscheiden. Tab. 47 gibt eine Übersicht über verschiedenen Bemessungsparameter der verschiedenen Verfahren. Weitere Bemessungsgrundlagen siehe z.B. in den entsprechenden ATV-Arbeitsblättern, Tab. 48.

Naturnahe Verfahren							
Parameter	Einheit	Teiche				bewachsene Bodenfilter	
		Absetzteich	unbelüft. Abwasserteich	belüfteter Abwasserteich	Schönungsteich	horizontal	vertikal
spez. Volumen	[m <sup>3</sup> /E]	≥ 0,5	≥ 15	> 4	> 0,1	> 3,0	> 2,5
spez. Fläche	[m <sup>2</sup> /E]	0,5	> 10	≥ 3 <sup>1)</sup> (2-3)	> 0,1	> 5,0	> 2,5
Tiefe	[m]	1,0	1,00 - 1,50	1,50 - 3,50	1,00 - 2,00	> 1,00	> 1,00
Durchflusszeit	[d]	3,0	≥ 20 <sup>1)</sup>	≥ 10	≥ 5	1 - 5	0,5 - 2,5
Volumen	[m <sup>3</sup> ]	> 3,0	> 6,0	> 16	> 0,4		> 15
Fläche	[m <sup>2</sup> ]	> 3,0	> 4,0	> 12	> 0,4	≥ 25	≥ 15
Raumbelastung	[kg BSB <sub>5</sub> / (m <sup>3</sup> *d)]	< 0,08	< 0,004	≤ 0,025	-	< 0,004	< 0,004
Technische Verfahren							
Parameter	Einheit	Mehrk.-absetzgrube	Mehrk.-ausfaulgrube	Belebung	SBR	Tropfkörper	Tauchkörper
spez. Volumen	[m <sup>3</sup> /E]	0,3	> 1,5	0,2 - 0,3	0,2 - 0,3	0,3 - 0,4	0,3 - 0,4
Tiefe	[m]	> 1,20	> 1,20	> 1,0	> 1,0	> 1,50	
Durchflusszeit	[d]						
Volumen	[m <sup>3</sup> ]	≥ 3	≥ 1,5	≥ 1	≥ 1	≥ 2	≥ 2
Raumbelastung	[kg BSB <sub>5</sub> / (m <sup>3</sup> *d)]	< 0,2	< 0,04	≤ 0,2 <sup>1)</sup>	< 0,2	≤ 0,15 <sup>1)</sup>	
Schlammbelastung	[kg BSB <sub>5</sub> / (kg TS*d)]	-	-	≤ 0,05 <sup>1)</sup>	< 0,05		
Flächenbelastung	[kg BSB <sub>5</sub> / (m <sup>2</sup> *d)]	-	-			≤ 0,004	≤ 0,004 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Kleinkläranlagen bis 50 Einwohner

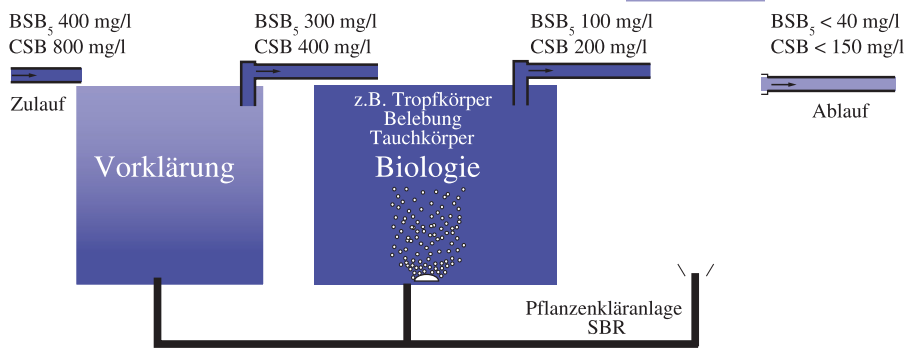


Abb.65:

Abbauleistung der verschiedene Klärstufen bei Kleinkläranlagen; bei SBR- und Pflanzenkläranlagen sind die biologische Stufe und die Nachklärung örtlich nicht von einander getrennt.

H 254	Allgemeine Beurteilungskriterien für Kläranlagen mit besonderen Verfahrenskombinationen oder -varianten für Ausbaugrößen bis 10000 Einwohnerwerte
A 106	Entwurf und Bauplanung von Abwasserbehandlungsanlagen (10/95)
A 122	Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von kleinen Kläranlagen mit aerober, biologischer Reinigungsstufe für Anschlusswerte zwischen 50 und 500 Einwohnerwerten (6/91)
A 123	Behandlung und Beseitigung von Schlamm aus Kleinkläranlagen (6/85)
A 126	Grundsätze für die Abwasserbehandlung in Kläranlagen nach dem Belebungsverfahren mit gemeinsamer Schlammstabilisierung bei Anschlusswerten zwischen 500 und 10 000 Einwohnerwerten (12/93)
A 129	Abwasserbeseitigung aus Erholungs- und Fremdenverkehrseinrichtungen (5/97)
A 138	Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagwasser 1/90
A 142	Abwasserkanäle und -leitungen in Wassergewinnungsgebieten (10/92)
A 166	Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung - Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung (November 11/99)
A 200	Grundsätze für die Abwasserentsorgung in ländlich strukturierten Gebieten (5/97)
A 202	Verfahren zur Elimination von Phosphor aus Abwasser (10/92)
A 262	Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Pflanzenbeeten für kommunales Abwasser bei Ausbaugrößen bis 1000 Einwohnerwerte (7/98)
M 210	Belebungsanlagen mit Aufstaubetrieb (SBR-Technologie, 9/97)
M 270	Entsorgung von Inhalten mobiler Toiletten mit Sanitärzusätzen (Chemietoiletten) 5/97

Tab. 48:

Auszug aus dem untergesetzlichen Regelwerk der ATV

### 6.3 Kosten dezentraler Verfahren

Die Kosten hängen sehr von lokalen Gegebenheiten, Konstruktion und Materialkosten ab (vgl. Tab. 49 und 50). Eine Übersicht über verschiedene Kostenbetrachtungen aus verschiedenen Ländern gibt BOLLER (1994). Dabei liegen die Kosten / Einwohner abhängig von der Anlagengröße zwischen ca. 150 DM und 3000 DM. Die Wartungskosten scheinen in aller Regel relativ gering zu sein. Die Energiekosten variieren von Verfahren zu Verfahren dagegen stark. Vor der Entscheidung für das ein oder andere Verfahren ist eine genaue Analyse des Abwasserproblems und der lokalen Verhältnisse vorzunehmen. Für die dezentrale Behandlung von Grauwasser sind Pflanzenkläranlagen und belüftete Sandfilter besonders geeignete Verfahren. Unter anderem deshalb, weil sich bei ihnen die kleinere Dimensionierung für Grauwasser in deutlich niedrigeren Kosten niederschlägt.

Tab. 49:

Vergleich der Investitionskosten (Material und Einbau), des Stromverbrauchs, des Schlammanfalls sowie der Wartungskosten verschiedener Verfahren kleiner Kläranlagen für häusliches Schmutzwasser für 8 EW und 100 EW (Kostenschätzung MALLBETON, Stand 1999, <sup>1</sup>=Fäkalschlamm; <sup>2</sup>=stabilisierter Schlamm, <sup>3</sup>=nach derzeitigen Bemessungsregeln (3-Kammer-Vorklärung), Änderungen zu erwarten; Alternative z.B. Vorklärung als Vorrotte (vgl. Kap. 3.4.1)

Verfahren	Material	Einbau	Energie	Schlamm	Wartung
	DM	DM	kWh/a	l	DM/Jahr
für 8 EW					
Pflanzenkläranlage	10.000	10.000	0-?	12.000 <sup>1,3</sup>	700
Tropfkörper	9.000	5.000	288	2.800 <sup>1</sup>	700
SBR	20.000	8.000	1.440	2.500 <sup>2</sup>	700
für 100 EW					
Pflanzenkläranlage	70.000	30.000	0-?	50.000 <sup>1,3</sup>	1.500
Tropfkörper	48.000	22.000	1.200	12.500 <sup>1</sup>	1.500
SBR	80.000	15.000	8.500	10.000 <sup>2</sup>	1.500

Tab. 50:

Vergleich der Investitionskosten (Material und Einbau), des Stromverbrauchs, des Schlammanfalls sowie der Wartungskosten verschiedener Verfahren kleiner Kläranlagen für kommunales Grauwasser für 100 EW (Kostenschätzung MALLBETON, Stand 1996, <sup>1</sup>=Fäkalschlamm; <sup>2</sup>=stabilisierter Schlamm)

Verfahren	Material incl. Einbau	Energie	Schlamm	Wartung
	DM	kWh/d.E	DM/a	DM/Jahr
für 8 EW				
Pflanzenkläranlage	12.000	0-?	300 <sup>1</sup>	500
Belüfteter Sandfilter	15.000	288	? <sup>1</sup>	500
für 100 EW				
Pflanzenkläranlage	45.000	0-?	3.000 <sup>1</sup>	1.000
Belüfteter Sandfilter	33.000	0,2	? <sup>1</sup>	1.000

Folgende Aspekte sollten bei der Auswahl eines bestimmten Verfahrens beachtet werden:

- die Nährstoffkonzentration und Menge des Abwasser (hängt z.B. davon ab, ob ein Kompostklo vorgesehen ist)
- die Anforderungen an die Reinigungsleistung
- die zur Verfügung stehende Fläche
- der geplante Verbleib des gereinigten Abwassers (evtl. Grauwassernutzung)
- die Menge an verfügbarem Kapital
- die Erfahrungen von Planern bei vergleichbaren Verhältnissen
- die Materialbeschaffung
- der Eigenbauanteil
- das Genehmigungsverfahren
- der Wartungsaufwand

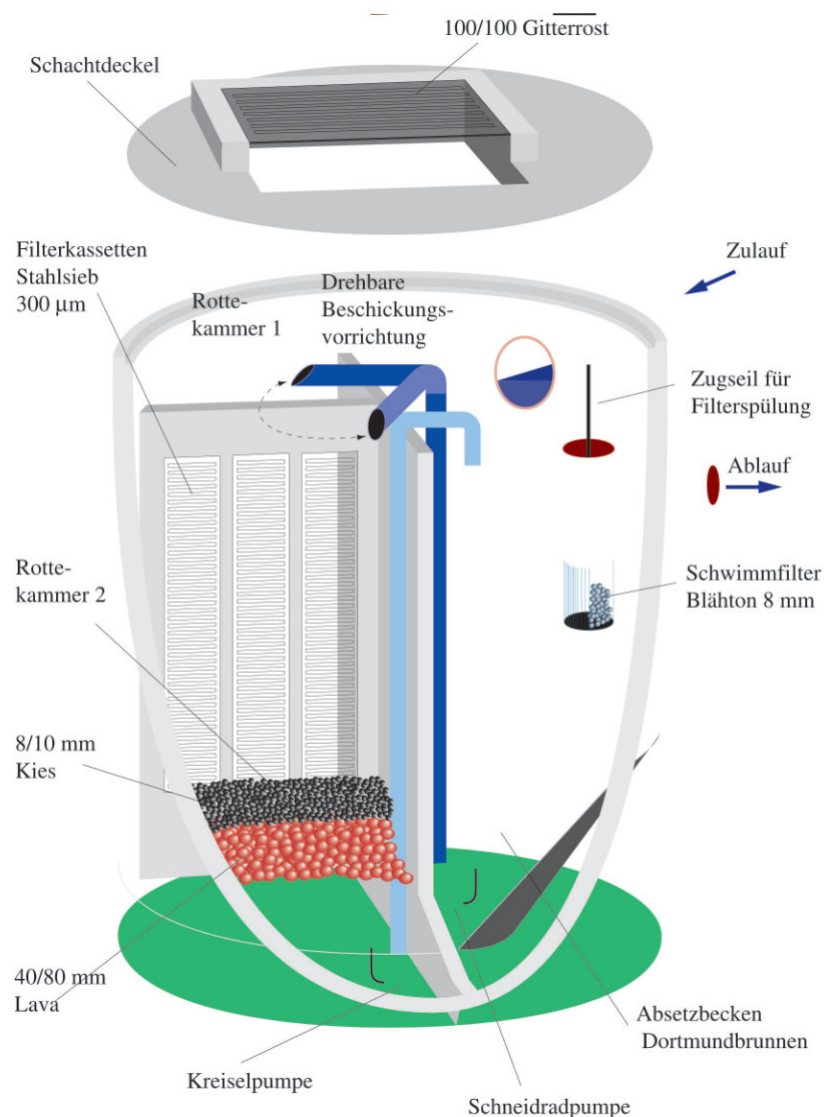
## 6.4 Vorrotte - eine Alternative zur Vorklärung

Neben den üblichen Verfahren der Vorreinigung gewinnt in den letzten Jahren die „Vorrotte“ mehr und mehr an Aufmerksamkeit. Das Verfahren beruht auf im Wesentlichen zwei Prinzipien:

1. der Filterung der größeren Schwebstoffteile aus dem Abwasser durch mehrere Filterschichten und
2. der Kompostierung (bei längerem Verweilen bis zur Mineralisierung) des Materials

Die Vorteile gegenüber z.B. den Mehrkammergruben liegen vor allem darin, dass kein Faulschlamm mehr entsteht, der, sofern er zur nächsten Kläranlage abgefahren werden muss, erhebliche Kosten verursacht. Stattdessen entsteht ein Kompost, der unter entsprechenden Bedingungen vor Ort untergebracht werden kann. Die ersten Anlagen bestanden zunächst aus einem Filterschacht (vgl. Abb. 63b). Inzwischen ist man dazu übergegangen, zwei Filterschächte vorzusehen, die z.B. durch einfaches Umlegen eines Zulaufrohres abwechselnd beschickt werden können.

Abb.66:  
Anlage mit 2 getrennten Vorrotte-  
kammern (Fa. MALLBETON)





Das Entfernen des Filterkuchens gestaltete sich nicht zuletzt durch kleine Behälteröffnungen oft sehr mühsam. Dieses Problem lässt sich bei kleineren Anlagen durch aufgehängte Kunstsäcke beheben, die in die Rottekammern eingehängt werden und mit entsprechenden mechanischen Einrichtungen gehoben werden können. So kann der Filterkuchen des jeweils nicht beschickten Filters gut belüftet durchkompostieren, ohne dass das Material herausgenommen werden muss. Die Zukunft wird zeigen, welche Beschickungs- und Entleerungsintervalle dabei zum besten Ergebnis führen. In der Regel reicht eine abwechselnde Beschickung in Abständen von einem halben oder einem Jahr aus. Bei größeren Anlagen (> 40 EW) können Behälter und Öffnungen so gewählt werden, dass der Filterkuchen (Kompost) maschinell aus den Schächten entfernt werden kann (vgl. Abb. 66). Bei so konzipierten Anlagen mit rel. großen Behältervolumina und zwei od. mehreren Vorrotteschächten würde es rein rechnerisch ausreichen, die Filterschächte erst nach 8-10 Jahren zu leeren. Mindestens ab Anschlussgrößen von 50 EW kann die Vorrotte deutlich wirtschaftlicher sein als Mehrkammergruben zur Vorklärung. Bei Anschlusswerten größer 200 EW empfiehlt sich die Kombination mit einem „Dortmundbrunnen“ und ggf. einem rückspülbaren Sieb, die der Vorrotte parallel geschaltet werden und die weitaus größere Wassermenge bewältigen. Über die Vorrotte wird dann nur der Primärschlamm aus dem Dortmundbrunnen geführt. Eine Vorrotte eignet sich bei entsprechender Dimensionierung auch zur Nachbehandlung von Überschussschlamm.

## 6.5 Abwasserteiche

Die Reinigung von Abwasser durch Teiche ist ein lang bekanntes und gut untersuchtes Verfahren. Zunächst verdrängt durch die rasche Entwicklung der zentralen Abwasserreinigung wurde die Idee zunächst in den 50er und 60er Jahren in den USA wieder aufgegriffen. Vor allem durch die steigenden Kosten interessiert man sich seit einigen Jahren auch in Deutschland wieder für dieses „großflächige biologische Reinigungsverfahren“. Ein wesentlicher Unterschied zur mechanisch-biologischen Kläranlage oder zu den kleinflächig anzuwendenden biologischen Verfahren liegt darin, dass bei Abwasserteichen sehr viel mehr Einflüsse existieren, die die Reinigungsleistung bestimmen. Daher kann man auch sehr viele Kriterien für die Einteilung von Abwasserteichen definieren. Auch bei einer sehr „ingenieur-betonten“ Sicht wird eine sinnvolle systematische Einteilung nicht gelingen. Die Einteilung wie auch die Formulierung von technischen Regeln müssen notgedrungenerweise sehr allgemein bleiben. Dies hat jedoch den Vorteil, örtliche Gegebenheiten in die Planungen angemessen mit einbeziehen zu können. Eine grobe Einteilung der Abwasserteiche unterscheidet:

- Absetzteiche dienen, wie der Name sagt, zur Abscheidung und Ausfällung absetzbarer Stoffe. Bei der Bemessung gilt es, die richtige Aufenthaltszeit sowie das günstigste Intervall der Schlammräumung zu finden.
- Unbelüftete Abwasserteiche dienen der Verminderung der nicht absetzbaren und gelösten organischen Stoffe; damit der Teich im überwiegenden Teil

vgl. U.A.N. 1990

der Wassersäule aerob, d.h. ausreichend mit Sauerstoff versorgt bleibt, muss er ausreichend groß bemessen sein. Aus Gründen möglicher Geruchsbelastung und Anlockung durch Schädlinge ist auf ausreichend Abstand zu einer Wohnbebauung zu achten.

- Belüftete Abwasserteiche kommen dem Belebungsbecken einer Kläranlage schon sehr nahe, ihre Belastung kann nach dem Rauminhalt und der eingetragenen Sauerstoffmenge bemessen werden.
- Schönungsteiche dienen der weiteren Verbesserung bereits gereinigten Abwassers (z.B. als Erweiterung einer Pflanzenkläranlage, eines Tropfkörpers oder auch als 3. Reinigungsstufe einer kommunalen Kläranlage), sie können auch als schmaler, langsam fließender Schönungsgraben geplant werden (zur Verwendung von Schönungsteichen mit Wasserlinsen (*Lemna* sp.); zur Abwasserreinigung liegen vor allem aus Italien umfangreiche Erfahrungen vor, z.B. FACCINI 1992).

Die meisten Erfahrungen mit Abwasserteichen liegen in Niedersachsen vor. Eine Studie von 72 Abwasserteichen im Zeitraum zwischen 1980 und 1983 ergab, dass die meisten der Anlagen aus einem 3-Teich-System ohne vorgeschalteten Absetzteich bestehen, wobei der 2. Teich meist etwas größer dimensioniert ist als die beiden anderen. Bis auf 7 reinigen die Anlagen das Abwasser aus einem Mischsystem. Dabei sorgt ein Regenüberlauf dafür, dass, sobald es stärker regnet und der Trockenabfluss um das 10 - 15-fache übertroffen wird, das darüberhinaus anfallende Abwasser am 1. Teich (bzw. am Absetzteich) vorbei direkt in den 2. und 3. Teich geleitet wird. Diese Maßnahme verhindert das Auflösen des abgesetzten Faulschlammes.

Die spezifische Fläche erreicht Werte zwischen 3 und 50 m<sup>2</sup>/E, der Durchschnitt liegt bei etwa 14 m<sup>2</sup>/E. Auch die rechnerische Durchlaufzeit variiert zwischen 12 und 570 Tagen sehr stark, im Mittel etwa 110 Tage. Eine wichtige Weiterentwicklung von Abwasserteichen ist in der Kombination mit anderen Abwasserbehandlungsverfahren zu sehen. Die Schönungsteiche als dritte Reinigungsstufe sind nur eine Möglichkeit, die Vorschaltung einer technischen Stufe, z.B. eines Tropfkörpers, eine andere (vgl. z.B. JOCHIMS 1987).

## 6.6 Kleine Belebungsanlagen

Für kleine Belebungsanlagen (= Belebtschlammanlagen) mit einem kontinuierlichen Betrieb (im Gegensatz zu SBR-Anlagen, siehe Kap. 6.7.) gelten völlig andere Rahmenbedingungen als für Großanlagen. Das Verfahren ist zwar das gleiche, kann aber bei Kleinanlagen bei weitem nicht so differenziert ausgelegt werden.

Gleichzeitig sind sie wesentlich stärker von Belastungsschwankungen betroffen. Die spezifischen Kosten des reinen Anlagenvolumens sind naturgemäß sehr viel höher, was sich aber mit dem eingesparten Kanalnetz bei dünner besiedelten Gebieten sehr schnell mehr als ausgleicht. Kleine Belebungsanlagen stellen relativ hohe Anforderungen an die Betriebsführung, daher sollten sie nicht

unter Einwohnerwerten von 20 E ausgeführt werden. Bei ungünstigen Betriebsbedingungen kann der Belebtschlamm seine Flockenstruktur verlieren oder durch fadenförmige Mikroorganismen schwimmende Flocken bilden, die sich dann nicht mehr absetzen. Unter solchen Bedingungen, die in Großanlagen nicht ausgeschlossen werden können, geht nicht nur die Reinigungsleistung völlig verloren, sondern es kommt zu einem Ausschwemmen des Belebtschlammes. Durch seine extrem starke Sauerstoffzehrung kann der Schlamm in kurzer Zeit ein Gewässer zum "Umkippen" bringen, was eine Belebtschlammanlage zu einer Gefahrenquelle werden lässt. Dieser Zustand kann auch durch Nährstoffmangel hervorgerufen werden, was das Belebungsverfahren für die Grauwasserbehandlung verbietet. Aus diesen Gründen sind Verfahren mit Aufwuchsflächen (Biofilverfahren) bei sehr kleinen Anschlussgrößen vorzuziehen.

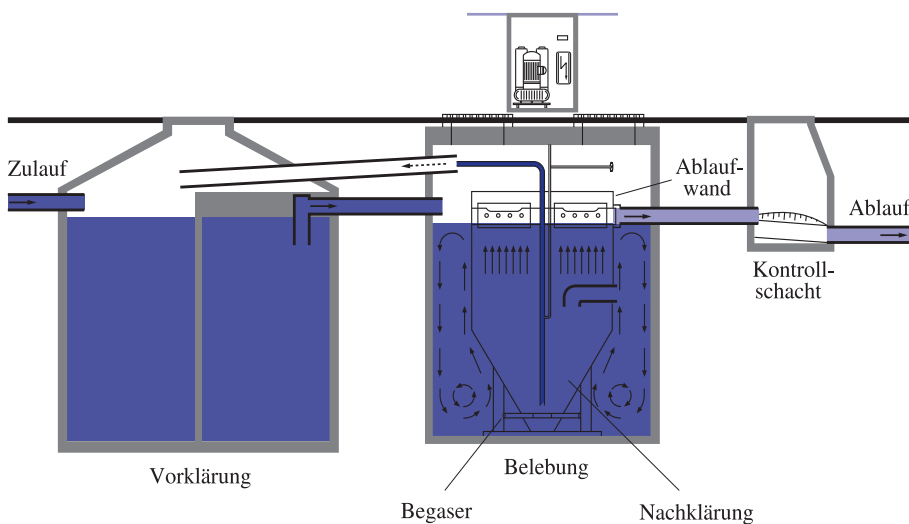


Abb. 67:

Kleine Belebungsanlage  
(Fa. MALLBETON)

## 6.7 Sequencing Batch Reactor (SBR)

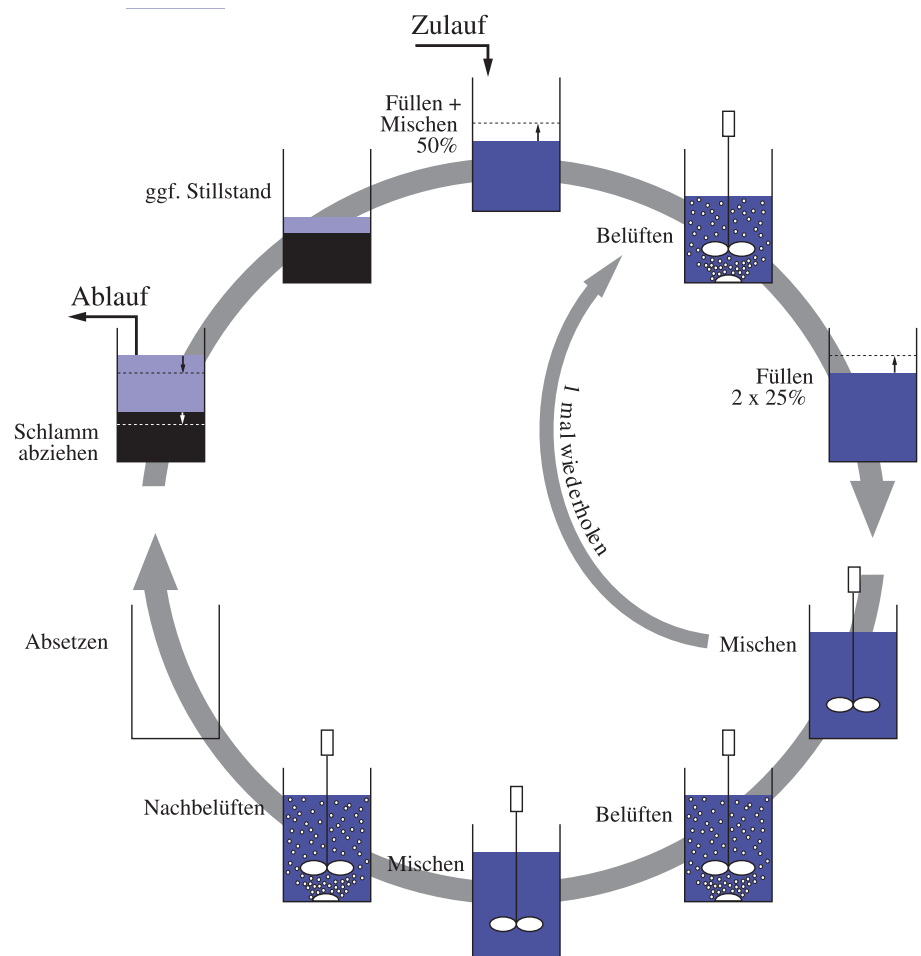
„Sequencing Batch Reactors (SBR)“ sind Kläranlagen nach dem Belebtschlammverfahren, die chargenweise (batch-) betrieben werden. Vorteile gegenüber konventionellen kleinen Belebungsanlagen liegen darin:

- dass sie frachtabhängig zu steuern sind,
- energiesparender arbeiten
- und in der Regel bessere Ablaufwerte aufweisen

Vorgänge, die in der biologischen Stufe einer herkömmlichen kommunalen Anlage örtlich getrennt ablaufen, finden hier in hintereinander ablaufenden Schritten im gleichen Becken statt. Der Preis eines Behälters steigert sich in bestimmten Größenbereichen nicht linear mit dem Beckenvolumen, zusätzlich ist die Erstellung zweier identischer Bauteile oft billiger als der Bau eines Belebungsbeckens und eines Nachklärbeckens. SBR-Anlagen sind daher besonders für kleinere Anschlussgrößen etwa ab 8 Einwohner geeignet, da sie dort kostengünstiger erstellt werden können als kontinuierliche Anlagen. Es ist allerdings immer eine Steuerung erforderlich.

Eine kleinere SBR-Anlage besteht meistens aus einem zweikammerigen Aufnahmetank. Er übernimmt die mechanische Vorreinigung, also das Absetzen größerer und schwererer Feststoffe und dient zur Pufferung von Abwassermenge und -konzentration. Von dort aus gelangt das Abwasser in vordefinierten Steuerungsintervallen in den eigentlichen Reaktorbehälter. Es gibt verschiedene Steuerungsabläufe - diese können folgendermaßen aussehen: Während des Füllens und für eine vorgegebene Zeit danach wird der Schlamm künstlich belüftet. Nach der Belüftung setzt sich der Schlamm auf den Grund des Reaktorbehälters ab. Von dort wird ein Teil des Belebtschlammes (Überschussschlamm) einen Schlammtank gepumpt, bevor das geklärte Wasser abfließt.

Abb. 68:  
Reinigungsphasen SBR-Anlage  
(SBR-Zyklus)



Danach wird der jetzt noch zu ca. 50 bis 70% (je nach Auslegung) gefüllte Reaktor in festgelegten Abständen belüftet, bis wieder frisches Abwasser unter Belüftung hineingepumpt wird. Bei Nichtbelüftung wird ein Rührer eingeschaltet. Durch eine entsprechende Wahl der Rührintervalle kann bei Anlagen mit Nitrifikation (niedrige Belastung, erhöhter Belüftungsaufwand) eine Denitrifikation durchgeführt werden. Dafür sollte während und nach dem Füllen gerührt werden, damit das im vorausgegangenen Zyklus gebildete Nitrat veratmet werden kann. Damit wird Belüftungsenergie eingespart. Das geklärte Abwasser wird ggf. bei höheren Reinigungsanforderungen z.B. noch mit einer chemischen Phosphatfällung weitergehend behandelt.

### SBR-Anlage Rehfelde - Beispiel für angepasste Lösung in den neuen Bundesländern

Die Anlage in Rehfelde (bei Strausberg unweit von Berlin) gehört zu den positiven Beispielen der Abwasserentsorgung in den neuen Bundesländern.

Im Verbandsgebiet der 5 Gemeinden des Abwasserzweckverbandes Strausberg Süd-Ost sind noch viele Fäkalien-sammelgruben und Kleinkläranlagen anzutreffen. Trotz knapper Mittel und fehlender Kanalisation entschied man sich, eine Kläranlage zu bauen. Diese musste der Aufgabe gerecht werden, zunächst 2/3 des Abwassers in unregelmäßigen Zeitabständen über Fahrzeuge (Kosten für den Transport liegen bei 11,29 DM / m<sup>3</sup>) zugeführt zu bekommen. Erst später sollten die Häuser sukzessive über ein Kanalsystem der Anlage zugeleitet werden. Die Anlage sollte also in der Lage sein, kräftige Frachtstöße auffangen zu können und trotzdem eine optimale Reinigungsleistung zu erzielen, um den abflussarmen Vorfluter so gut als möglich zu schützen. Als geeignete Lösung wurde das SBR-Verfahren gewählt.

Seit August 1997 ist die Anlage in Betrieb und führt zu ausgezeichneten Reinigungsleistungen. Die gesamte Anlage kann fast vollständig unterirdisch versenkt werden (vgl. Abb. 69) und ist soweit automatisiert, dass kein ständiges Betriebspersonal notwendig ist.

Nach einem Siebrechen (2 mm Spaltweite) wird das Abwasser über einen 2 Pufferbehälter (70 und 110 m<sup>3</sup> Inhalt) je nach Abwasseranfall und Verfahrenszyklus auf zwei Reaktoren von je 326 m<sup>3</sup> verteilt. Mit Hilfe von Schlauchmembranbelüftern und Rührwerken durchläuft das Abwasser in diesen Reaktoren einen Zyklus aeroben und anaeroben Abbau (vgl. Abb. 68).

Die Steuerung der Zyklen erfolgt über die Messung des Redoxpotentials, einem Maß für die Belastung des Abwassers mit abbaubaren Substanzen. Die biologischen Abbauvorgänge werden über zwei Messsonden überwacht. Bei hohem Zulauf an Abwasser kann der Zyklus somit auf bis zu 12 Stunden verkürzt werden. Der Überschussschlamm wird in einem großen Stapelbehälter eingedickt und über zwei abwechselnd beschickte Kiesfilter, die mit Schilfpflanzen bewachsen sind, vererdet. Um die Nährstoffelimination zu verbessern, wurde der Anlage in einem zweiten Schritt ein Chemosorptiv-Filter nachgeschaltet. Die Anlage kostete ca. 2,1 Mio. DM

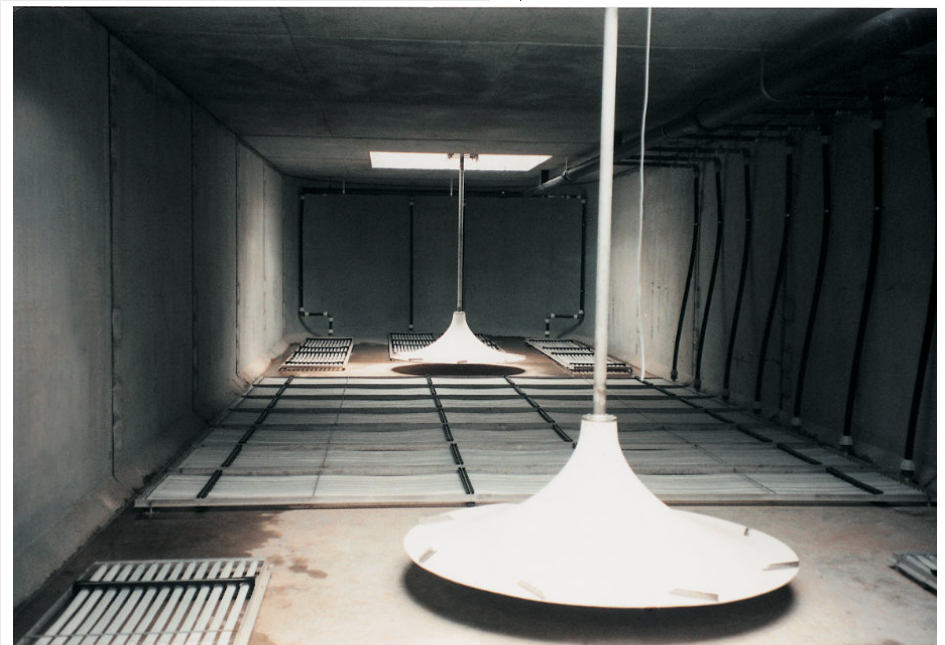
für 3400 EW, die von Anfang an zu 100% ausgelastet wurden (Bauzeit der ersten Ausbaustufe 6 Monate). Aufgrund des kostengünstigen Konzepts, dem schrittweisen Vorgehen und einem einmaligen Investitionszuschuss des Landes in Höhe von 50% liegen die Abwassergebühren im Verbandsgebiet bei einem für die neuen Bundesländer vergleichsweise niedrigen Gebührensatz von 5,95 DM/m<sup>3</sup> zzgl. einer monatlichen Grundgebühr von 15,- DM (Trinkwasser: 2 DM/m<sup>3</sup> zzgl. mtl. Grundgebühr von 17,50 DM).

Abb. 69:

a) Anlage in Rehfelde  
(Bild: MALLBETON)



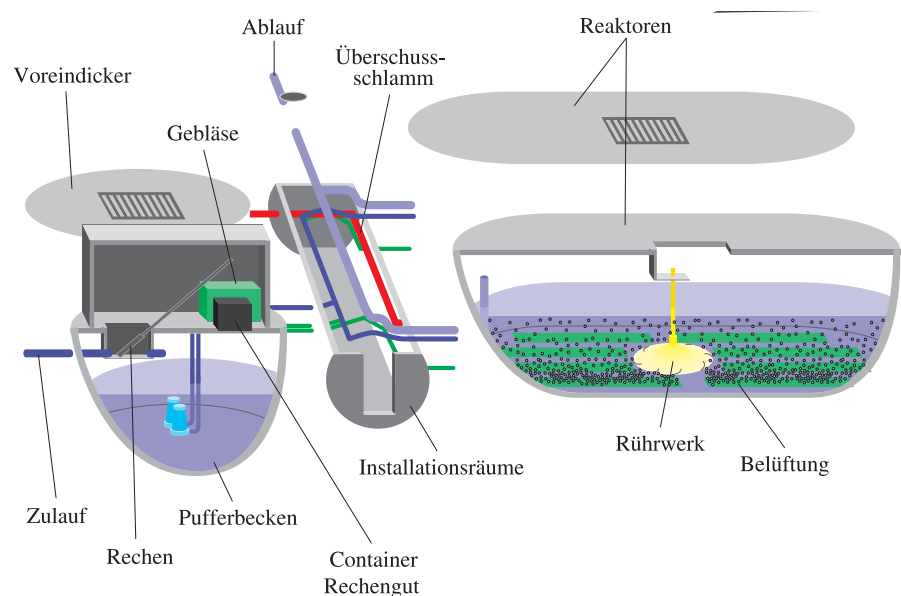
b) Rührwerke und Membranbelüfter im Reaktor  
(Bild: MALLBETON)





Allein in Europa existieren schätzungsweise einige Tausend Anlagen nach dem SBR-Verfahren, die meisten für kleinere Anschlussgrößen. Die Verfahrenstechnik ist sehr weit entwickelt, Pumpen und Ventile lassen sich vollautomatisch steuern und die Anlagen lassen sich per Datenfernübertragung (Telefonleitung) überwachen. Solche Anlagen sind meist in Gebäuden untergebracht und werden sogar schon als fertige Bausteine (Containermodule) angeboten. Die Reinigungsleistung entspricht bei richtiger Dimensionierung und Steuerung weitgehend denen herkömmlicher kommunaler Zentralkläranlagen. Nachteil dieser technisch relativ aufwendigen Anlagen sind wie bei allen kleineren technischen Kläranlagen die hohen spezifischen Anschaffungs-, Betriebs- und Wartungskosten.

Abb. 70:  
MALL-SBR-Anlage;  
Anlagenschema  
Grafik: MALLBETON



Die Auslegung von SBR-Anlagen erfolgt wie bei kontinuierlichen Belebtschlammanlagen nach dem erforderlichen Schlammalter. Dabei wird nach dem Reinigungsziel unterschieden. Anlagen mit Nitrifikation und Denitrifikation benötigen etwa das 2 bis 3-fache Volumen einer Anlage, die lediglich die organische Belastung des Wassers reduziert. Dagegen erfordert die Phosphatelimination kaum zusätzliches Beckenvolumen. Zusätzlich erhöht sich der Schlammfall um etwa 20%. Es ist darauf zu achten, dass eine Anlage nicht bei höheren Abwassertemperaturen weitgehend nitrifiziert, weil dann wie bei allen Belebtschlammverfahren in der Absetzphase eine ungeplante Denitrifikation mit Stickstofffreisetzung das Absetzen stört. Dieser nachteilige Effekt kann durch entsprechende Belüftersteuerung ausgeglichen werden.



## 6.8 Tropfkörper und andere Biofilm- bzw. Festbettverfahren

Tropfkörper gehören mit zu den ältesten Abwasserreinigungsverfahren (seit 1893 aus England bekannt). Im Gegensatz zum Belebtschlammverfahren, das sich die Mikroorganismen des Freiwassers zunutze macht, werden im Tropfkörper die Mikroorganismen angereichert, die zur Selbstreinigung auf der Sohle oder an Pflanzenoberflächen in Fließgewässern beitragen. Es wird ein Füllmaterial mit großer Oberfläche eingebaut (heute bestehen Tropfkörper meist aus Kunststoff oder Lavagestein), um eine möglichst hohe Dichte an Mikroorganismen anzusiedeln (SCHMIDT 1975).

Die Abwasserschicht, die über den Tropfkörper herabrieselt, ist dünn genug, um eine ausreichende Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen zu gewährleisten. Die mit dem Abwasser abgespülten Mikroorganismen-Plaques (Biomasse) haben im nachgeschalteten Nachklärbecken meist gute Absetzeigenschaften. Tropfkörper gibt es in den verschiedensten Ausführungen, z.B. als „Tauchtropfkörper“ oder als rotierende Scheiben („Scheibentropfkörper“, auch „Scheibentauchkörper“). Die Milieubedingungen innerhalb eines Tropfkörpers können sehr stark variieren, d.h. im Abwassereinlaufbereich können hohe Umsatzraten mit hohen Biomassedichten erzielt werden, während im Ablaufbereich sich unter den Mikroorganismen eher Spezialisten ansiedeln,

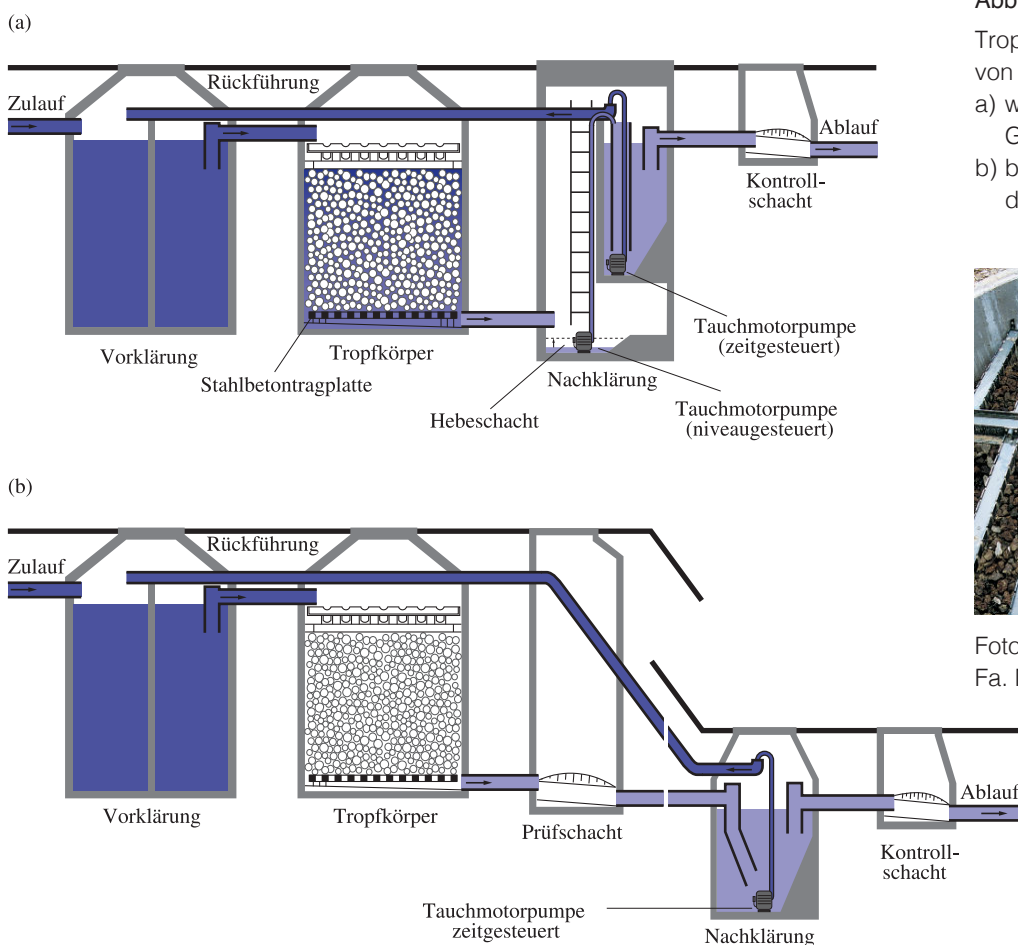


Abb. 71:

Tropfkörperanlage von MALLBETON

- a) wenn kein Gefälle vorhanden ist
- b) bei ausreichendem Gefälle des Geländes



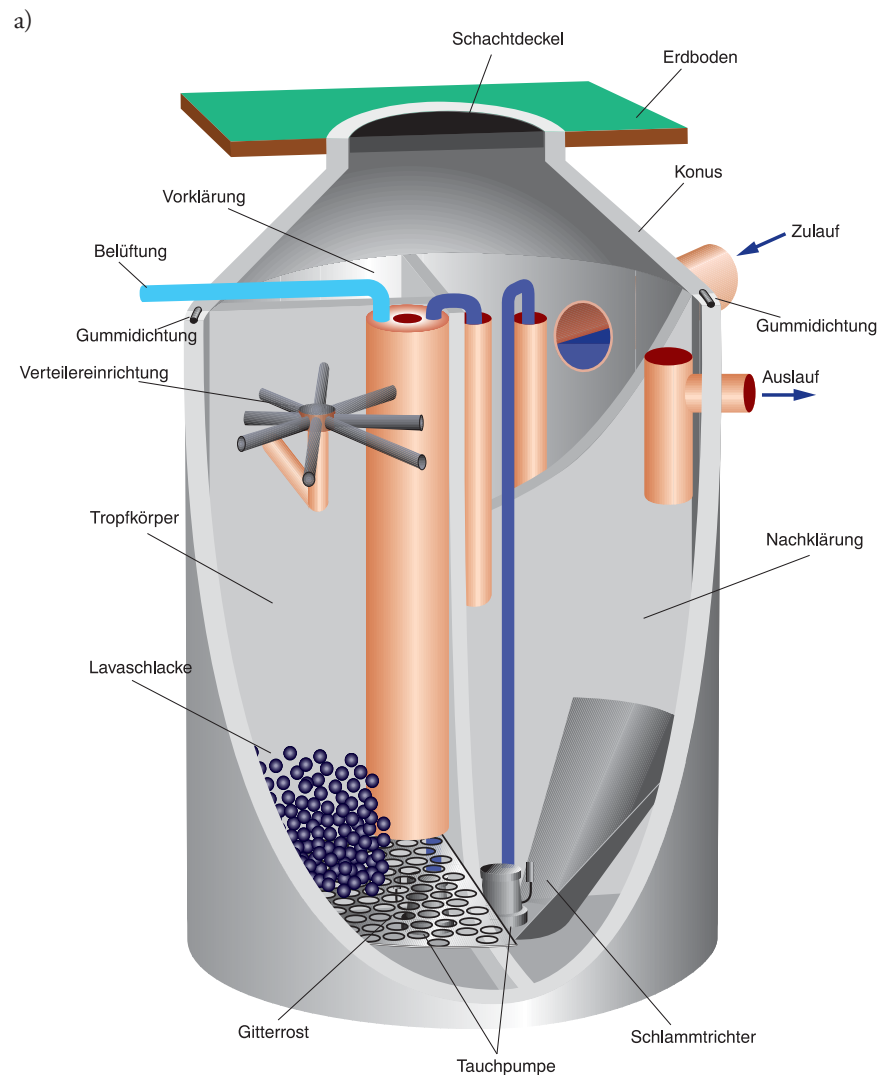
Foto: Tropfkörper, Fa. MALLBETON

Abb. 72:

Kompakt-Tropfkörperanlage für 4-8 EW („MONO“); Vorklärung, Tropfkörper (biologische Stufe) und Nachklärung befinden sich in einem Behälter

a) Funktionsskizze, MALLBETON

b) Foto: MALLBETON



die z.B. schwerer abbaubare Stoffe umwandeln können. Gleichzeitig sind innerhalb der nur wenige zehntelmillimeter „dicken“ Schicht an der Außenseite ganz andere Stoffkonzentrationen vorhanden, als sie sich aus Diffusion und Stoffwechsel im Inneren des Films einstellen. Somit eignen sich Tropfkörper vor allem für konzentrierte und in ihrer Zusammensetzung wenig schwankende Abwässer. Im Einzelfall kann man diese Eigenschaft von Tropfkörpern in der Kombination mit einer Pflanzenkläranlage nutzen, um bei periodisch auftretenden Spitzenlasten kleiner auslegen zu können, vgl. Beispiel einer kombinierten Anlage auf dem Bodanrück am Bodensee (Kasten s.u.). Starke Schwankungen der Qualität und Menge des Abwassers führen bei Tropfkörpern u.U. zu einer schwächeren Reinigungsleistung, da es auf den Tropfkörpern im Gegensatz zum großen Wasservolumen in Belebtschlammbecken keine bzw. geringere Verdünnung od. Pufferung des Abwassers gibt.

Ein weiterer Nachteil von Tropfkörpern ist die geringere Reinigungsleistung bei niedrigeren Temperaturen, also z.B. im Winter. Unter aeroben Bedingungen (offene Bauweise) kommt es im Tropfkörper bei geringeren Belastungen zur Umwandlung von Ammonium zu Nitrat (Nitrifikation). Möchte man mit einem Tropfkörper auch eine Denitrifikation erreichen, so nutzt man dazu die sauerstofffreien Bereiche des Tropfkörpers, die sich im Einlaufbereich in den untersten Schichten des Biofilms befindet, indem man das nitrifizierte Abwasser nochmals über den Tropfkörper leitet. Für eine weitgehende Denitrifikation kann auch ein luftdicht verschlossener Tropfkörper vorgeschaltet werden, wo das nitrathaltige Wasser vom Ablauf des zweiten zusammen mit dem zehrstoffhaltigen Zulauf unter reiner Nitratatmung behandelt wird.

Für Anschlusswerte bis zu 8 Einwohnern gibt es inzwischen Tropfkörper in kompakter Bauweise (monolithisch), in denen die Vor- und Nachklärung integriert ist (Abb. 72).

Neben den genannten Verfahren gibt es eine Reihe anderer Biofilmverfahren. Pflanzenkläranlagen gehören ebenso dazu wie belüftete Sandfilter. Die letzteren können besonders Platz sparend sein, wenn sie unterirdisch angelegt werden und gleichzeitig eine Transportfunktion erfüllen. Diese kann bei beengten Verhältnissen in einer Siedlung mit dezentraler Grauwasserreinigung umgesetzt werden. Ein weiteres Biofilmverfahren zählt nicht zu den Festbettverfahren, da die Aufwuchsfläche als Wirbelschicht gefahren wird. Dieses Verfahren wird in größeren Kläranlagen in Frankreich verstärkt eingesetzt. Es zeichnet sich durch große Umsatzraten und kleine Reaktionsvolumen aus. Ein Nachteil ist der hohe spezifische Energiebedarf. Die erste Anlage dieser Art in Deutschland wurde in Herford (Westfalen) wegen angrenzender Wohnbebauung und Platzmangel gebaut. Ob dieses Verfahren für kleine und kleinste Anlagen relevant wird, ist noch nicht abzusehen.

Insbesondere für nur temporär auftretende Spitzenbelastungen kann auch die Kombination unterschiedlicher Verfahren die günstigste Lösung sein. Ein gelungenes Beispiel dafür ist die Abwasserbehandlung eines einzelnen Gehöftes mit Ausflugslokal auf dem Bodanrück am Bodensee. Zur überwiegenden Zeit des Jahres fällt dort Abwasser von nur ca. 10-20 EW an. Durch ein Ausflugslokal muss man an schönen Tagen und am Wochenende mit bis zu 250 EW rechnen. Bei einer konventionellen Auslegung hätte dies zu einer sehr großen Abwasseranlage (z.B. einer Pflanzenkläranlage von ca. 750 m<sup>2</sup>) geführt. Durch die Kombination aus Tropfkörper und Pflanzenkläranlage konnte die Dimensionierung entsprechend kleiner ausgelegt werden. Der auf den „Normalbetrieb“ ausgelegte Tropfkörper (16 EW) kann die kurzzeitig hohe Belastungen an schönen Tagen zwar vertragen, würde aber allein an diesen Tagen die gewünschten Ablaufwerte nicht erreichen. Die nachgeschaltete auf 20 EW ausgelegte Pflanzenkläranlage sorgt dafür, dass auch an gut besuchten Tagen Ablaufwerte erreicht werden, die weit unter den Anforderungen liegen.

Sparen durch Kombination verschiedener Verfahren

## Literaturtipps!

WISSING, FRIEDRICH (1995): Wasserreinigung mit Pflanzen, Ulmer, Stuttgart: 207 S.;

BAHLO & WACH (1993): Naturnahe Abwasserreinigung, Ökobuch-Verlag

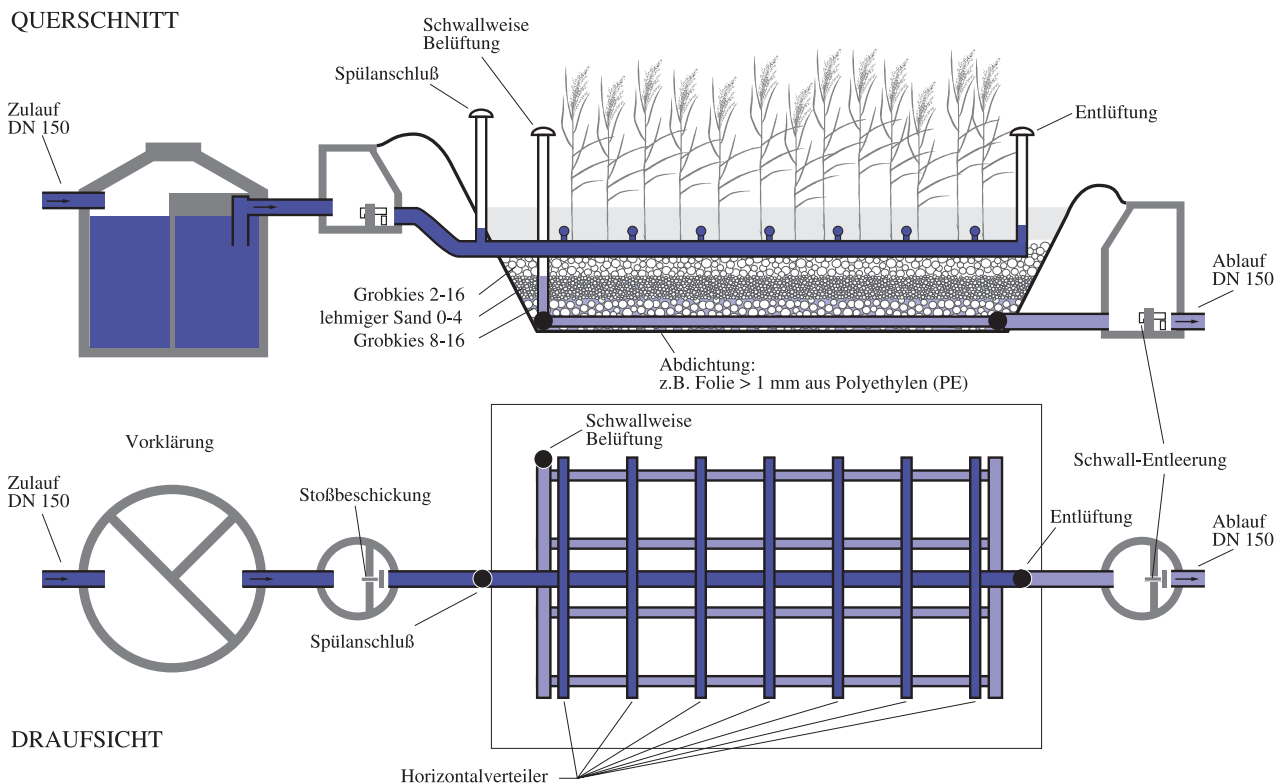
## 6.9 Pflanzenkläranlagen, Bodenfilter

Die Funktionsfähigkeit „naturnaher“ Abwasserreinigungsverfahren durch belebte Bodenschichten gilt unter Fachleuten inzwischen als unstrittig (BURKA & LAWRENCE 1990, BÖRNER 1992, FEHR & SCHÜTTE 1992, GELLER et al. 1992, THOFERN 1994 a,b, HABERL et al. 1994, HABERL & PERFLER 1994, UBA 1994, ZENTRALVERBAND GARTENBAU 1994, BILLETER et al. 1996). Das ATV-Arbeitsblatt 262 wurde im Juli 1998 verabschiedet und bereits zur wichtigen Grundlage für Planung und Genehmigung von bepflanzten Bodenfiltern geworden. Das Arbeitsblatt unterscheidet bei der Bemessung horizontal- von vertikal durchflossenen Bodenfilter nicht aber Schwarz- von Grauwasser. Eine unterschiedliche **Bemessung** nach der Belastung des Abwassers sollte jedoch auch bei Pflanzenkläranlagen möglich sein, und insbesondere Anlagen zur einfachen und kostengünstigen Behandlung von Grauwasser werden eine in Zukunft bedeutendere Rolle spielen als bisher. So sollte für Grauwasser eine Fläche von  $> 1\text{ m}^2$  (bzw. ein Volumen  $\geq 1\text{--}1,5\text{ m}^3$ ) pro Einwohner ausreichen.

Im Wesentlichen gehen „Pflanzenkläranlagen“ (auch Pflanzenbeet oder bewachsene Bodenfilter genannt) auf die frühen Arbeiten von Frau Dr. Käthe Seidel zurück. Ihre Hauptfragestellungen waren dabei die Aufnahme von

Abb. 73:

Vertikal durchflossener Bodenfilter (dreischichtiger Aufbau, Schwallbeschickung und -entlastung nach LÖFFLER verändert, Verteilsystem nach MALLBETON)



Nährstoffen durch verschiedene Pflanzen und die Abbauleistungen der „bepflanzten Bodenfiltern“ (SEIDEL 1956, 1964, 1965, 1966a,b, 1967, 1978, 1983, SEIDEL & KICKUTH 1970).

Die Kunst der Bodenpassage besteht vor allem im richtigen Verhältnis von Durchlässigkeit und Aufenthaltszeit des Abwassers (Hydraulische Verhältnisse). Es gibt sehr unterschiedliche Varianten an ‘bewachsenen’ Bodenfiltern. Sie unterscheiden sich hinsichtlich Beschickungsart, Durchströmungsrichtung, Pflanzenarten und unterschiedlicher Füllsubstrate.

Nach bisherigen **Erfahrungen** kann bei geeignetem Bodensubstrat und ausreichender Größe (2 - 5 m<sup>2</sup> / Einwohner und einer üblichen Bautiefe von 0,6 - 1 m) mit einer Lebensdauer von mind. 15-30 Jahren gerechnet werden (HIRTH & SCHÖNBORN 1994, SCHÖNBORN & ZÜST 1994). Sofern das Abwasser nicht mit schwer bzw. nicht abbaubaren oder toxischen Substanzen (z.B. Pestizide, Schwermetalle etc.) belastet wurde, kann man davon ausgehen, dass das Substrat des Bodenfilters entweder ausgebracht oder nach einer Spülung wieder verwendet werden kann.

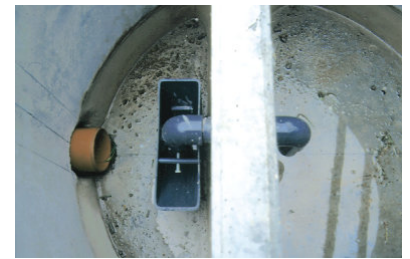
Die Anlagen entsprechen in der Regel den gesetzlichen Anforderungen (Abwasserverwaltungsvorschrift vgl. Tab. 30), und das sowohl im Sommer als auch, bei entsprechender Konstruktion, im Winter. Auch die Eliminationsleistung um 1-3 Zehnerpotenzen von coliformen und anderen Keimen ist erstaunlich hoch (vgl. u.a. SEIDEL 1964, KURPRAS 1980, GRADL & LENZ 1994, PLATZER, RUSTIGE & LAUER 1998). Erklärt wird das u.a. mit pflanzeigenen Toxinen, die antibakterielle Wirkung haben. Auch über Reinigung von gewerblichen Abwässern (vgl. THOFERN 1994a) und schwer abbaubaren Substanzen (z.B. AFFIFI 1990) liegen erste Erfahrungen vor. Aussagekräftige Untersuchungen dazu fehlen jedoch.

In jedem Fall ist eine **Vorklärung** vorzusehen. Über das geeignete Verfahren, benötigtes Volumen der Vorklärung herrschen unterschiedliche Auffassungen. Neben der Mehrkammerausfallgrube nach DIN 4261 Teil 1 wird in zunehmendem Maße auch eine Vorrotte vorgeschlagen (vgl. Kap. 6.4). Sie ist in der Regel ab 40 Einwohnerwerte das kostengünstigste und Platz sparendste Verfahren der Vorklärung. Unter den Pflanzen haben sich vor allem Schilf und Binsen bewährt. Zum typischen Bild einer langjährig betriebenen Pflanzenkläranlage gehören Pflanzen der Gattungen Phragmites, Typha, Schoenoplectus und Juncus.

Die **Beschickung** des Filterbeetes kann z.B. über seine gesamte Fläche mit horizontal verlegten, gelochten Kunststoffrohren DN 50 mm (Abb. 73) vorgenommen werden. Die Verteilung des Wassers auf die Kunststoffrohre erfolgt über eine Verteilerleitung (DN 100). Die gleichmäßige Beschickung wird z.B. durch eine mechanische Schwallleinrichtung (z.B. System Reppert, Abb. 74) gewährleistet. Alle wasserführenden Leitungen müssen frostfrei verlegt werden oder nach dem Pumpen leerlaufen. Das eigentliche Filterbeet kann aus einer oder mehreren Schichten mineralischer Schüttung verschiedener Körnung bestehen.

Abb. 74:

Schwallbeschickung, Schwallentleerung (System Reppert)



vgl. auch die achtjährige Untersuchung „Untersuchung zur umwelt- und seuchenhygienischen Bewertung naturnaher Abwassersysteme“ (UBA, 1994: Texte des Umweltbundesamtes 60) hingewiesen. Sie kommt zu dem Schluß, daß naturnahe Abwasserbehandlungssysteme im ländlichen Raum eine kostengünstige und umweltfreundliche Alternative sind.

Abb. 75:

Substrateinbringung beim Bau einer Pflanzenkläranlage für 120 EW in Seeg, Ostallgäu (Bild Fa. Palutec)





Abb. 76:

Pflanzenkläranlage kurz nach der Fertigstellung



Pflanzenkläranlagen gelten als Einrichtung zur Abwasserreinigung, und es muss daher gegen den anstehenden Untergrund eine **Abdichtung** erfolgen, um eine unkontrollierte Verunreinigung des Grundwassers zu verhindern. Die Vorklärung und die Beschickungseinrichtungen bestehen in der Regel aus Betonfertigteilen nach DIN 4034, das Filterbeet selbst kann durch z.B. eine PE-HD Folie > 1mm Stärke oder durch eine mindestens 60 cm starke dichte Tonschicht ( $K_f=10^{-8}$ ) abgedichtet werden. Die Anschlüsse können durch serienmäßig hergestellte PE-HD Anschlussstutzen hergestellt werden.

Die Kontrollierbarkeit und Vergleichbarkeit des Reinigungsergebnisses ist zu gewährleisten. So sollten folgende **Qualitätsziele** eingehalten werden können:

**Absetzbare Stoffe:** 0,3 ml/l in 80 % aller Untersuchungen 2,0 ml/l als arithmetisches Mittel aus 5 aufeinander folgenden Untersuchungen

**BSB<sub>5</sub>** 25 mg/l aus einer 24-h-Mischprobe 40 mg/l aus einer 2-h-Mischprobe oder einer qualifizierten Stichprobe

**CSB** 110 mg/l aus einer 24-h-Mischprobe 150 mg/l aus einer 2-h-Mischprobe oder einer qualifizierten Stichprobe

Diese **Ablaufqualitäten** entsprechen dem Anhang 1 zur „Rahmen-Abwasserungsverwaltungsvorschrift“.

In den letzten Jahren wurden in dieser Hinsicht sehr gute Erfahrungen mit vertikal durchflossenen, bewachsenen, 3-schichtigen Bodenfiltern gemacht. Bei einer gut konstruierten Anlage und geeignetem Substrat können heute bis zu 95 % der P-Fracht zurückgehalten werden und Ablaufwerte unter 2 mg/l P eingehalten werden. Hinsichtlich der Keimzahlen werden die Mindestanforderungen für Badewasser nach EU-Richtlinie oft deutlich unterschritten. Diese Filter bestehen aus einer mehrere Dezimeter starken, aus Bodensubstrat und Schilfwurzeln bestehenden Deckschicht und drei darunter liegenden Filterschichten. Der obere Bereich besteht aus einer 30 - 40 cm starken Schüttung aus Grobkies (8 - 16 mm). Hier wird das vorgereinigte Abwasser verteilt und mit Sauerstoff versorgt. Die zweite

Zu den unterschiedlichen Verfahren, der unterschiedlichen Eignung von Pflanzen sowie zu den Kosten finden sich umfangreiche Angaben z.B. bei den Zusammenstellungen von KRAFT 1987, BAHLO & WACH 1992, KOC SIS 1993 und WISSING 1995.

Ausführlichere Grundlagen zu physikalischen Kenngrößen von Böden (Filtersubstraten), Korngrößenverteilungen sowie Durchlässigkeitsbeiwerten finden sich bei WISSING 1995.



### Planungstipps

- Fachgerechte Planung, Beaufsichtigung beim Bau und Wartung sind unbedingt notwendig und sind den regionalen Gegebenheiten anzupassen.
- Anlagentyp und Bemessung sollte sich nach dem zu behandelnden Abwasser richten. Grauwasser z.B. (häusliches Abwasser ohne Urin und Fäkalien) kann anders behandelt werden als „Mischabwasser“ (hässliches Abwasser mit Urin und Fäkalien).
- Eine geeignete Vorbehandlung, z.B. durch Mehrkammergrube, Emscher-brunnen oder Vorrotte ist notwendig.
- Die Anlage sollte genügend abgedichtet sein, entweder Tonabdichtung ( $> 50\text{cm}/\text{Durchlässigkeitsbeiwert } K_f \geq 10^{-8} \text{ m/s}$ ) oder z.B. durch PE-Folie (Stärke  $\geq 1,0 \text{ mm}$ ), Betonwanne etc.
- Wenn möglich, ist ein sonniger, windabgewandter Standort zu wählen; das Pflanzenbeet riecht in der Regel nicht, die Vorklärung ist mit ausreichend Abstand zu Gebäuden od. Aufenthaltsplätzen zu planen.
- Die Beschickung sollte in der Regel unter einer Kiesschicht erfolgen, um Geruchsbelästigungen zu vermeiden und frostsicher zu sein.
- Kurze Leitungswege sind von Vorteil, um Abkühlung des Abwassers zu vermeiden.
- Verwendung eines Substrates mit einer Versickerungskapazität (Sicker-geschwindigkeit zwischen  $10^{-3}$  und  $10^{-4} \text{ m/s}$ ), tonhaltige Anteile (Schichten) zur Bindung des Phosphats sind nur von Vorteil, wenn auch Fäkalien und Urin mitbehandelt werden sollen, besonders dann ist auf eine ausreichende Durchlässigkeit zu achten.
- Ausbildung einer gut wachsenden Wasserpflanzendecke. (Über das Mähen bzw. Zurückschneiden der Pflanzen einer Kläranlage herrschen unterschiedliche Meinungen).
- Außer bei Anlagen mit entsprechend grobem, kaum verdichtbarem Substrat dürfen die Pflanzenbeete nicht durch Betreten verdichtet werden.
- Die angeschlossenen BewohnerInnen sollten Hinweise auf ökologische Wasch- und Reinigungsmittel bekommen.
- Durch geeignete Vorrichtungen (Verteiler) ist eine möglichst große horizontale Infiltrationsoberfläche zu erreichen, oberflächliches Abfließen von Abwasser ist in jedem Fall zu verhindern.
- Auf die Wartung der Anlage ist großer Wert zu legen; dazu gehören die regelmäßige Überprüfung der Beschickungseinrichtungen und ggf. das Entfernen von störenden Pflanzen, wie Brennesseln od. Disteln z.B. durch zeitweisen Überstau (Auslegung!).

Schicht aus lehmigem Sand ( $< 4 \text{ mm}$ ) staut das Wasser auf und sorgt für eine hohe biologisch aktive Oberfläche. An den Tonteilchen wird ein Teil des Phosphors absorbiert. Durch das geringe Porenvolumen (=Volumen der luft- oder wassergefüllten Zwischenräume im Filtersubstrat) entsteht ein anaerobes Milieu, das denitrifizierende Abbauvorgänge unterstützt. Die unterste ca. 40 cm starke Schicht aus Kies (8 -16 mm) fängt das Wasser auf. Das gereinigte Wasser wird dann mit einer mechanischen **Schwallvorrichtung** - auch **Stoßentleerung** genannt - aus dem Klärfilter abgezogen (vgl. Abb. 74). Durch die schwallartige Be- und Entwässerung ist die

Abb. 77:

Größte kommunale Pflanzenkläranlage Baden-Württembergs für 130 EW in Schurtannen, Gemeinde Kißlegg, Herbst 1997, (Bild: Fa. Palutec).



Aufenthaltszeit im Klärfilter definiert und weniger von Stoßbelastungen im Zulauf abhängig. Gleichzeitig wird durch das stoßweise Abziehen des Wassers aus dem unteren Bereich des Filterbeetes eine intensive Belüftung erreicht. Durch den periodischen Aufstau des unteren Filterteiles wird hier ein wechselndes Sauerstoffmilieu erzeugt und somit die Reinigungsleistung verbessert. Zu den Bau- und Betriebskosten siehe Tabelle 49 und 50. Sie sind erheblich von der tatsächlichen Größe der Anlage sowie den notwendigen Längen der Anschlussleitungen abhängig.

## 6.10 Retention und/oder Behandlung von Regenwasser und/oder Mischwasser in Bodenfiltern und Teichen

Inzwischen gibt es eine Reihe von mehr oder weniger gut dokumentierten Fällen, in denen getrennt abgeleitetes Regenwasser oder Mischwasser nach starken Regenereignissen vor der Ableitung in einen Vorfluter oder zur Versickerung gespeichert und vorgereinigt wird. Der einfachere Fall liegt vor, wenn das Niederschlagswasser getrennt abgeleitet wird und vor einer Ableitung oder Versickerung gereinigt werden soll. Dieser Fall ist z.B. realisiert bei einer der vermutlich größten Bodenfilteranlagen Deutschlands, im neuen Stadtteil „Rieselfeld“ in Freiburg i.Br. (BOLDER et al. 1998). Damit die unterhalb der Anlage liegenden Gemeinden bei Starkniederschlagsereignissen der Stadt Freiburg nicht aufs Dach steigen, musste die Kapazität der Anlage so dimensioniert werden, dass selbst Starkniederschlagsereignisse, wie sie nur alle 50 Jahre zu erwarten sind, vollständig versickert werden können. Für jeden Hektar versiegelter Fläche in dem neuen Stadtteil stehen nun 140 m<sup>2</sup> Versickerungsfläche zur Verfügung. Hier dient der Bodenfilter lediglich zur Reinigung des Niederschlagswassers. Im Fall Rieselfeld wird die organische Fracht (gemessen als CSB) durch den Filter von 12.090 kg/a auf 1.858 kg/a im abgeleiteten Niederschlagswasser reduziert (Abbau und Rückhaltung).

Nach A 262 dürfen Pflanzenkläranlagen für Schmutzwasser nur bei Trennkanalisation eingesetzt werden, da ihre hydraulische Leistungsfähigkeit (Durchfluss) begrenzt ist. Dies trifft in stärkerem Maße bei horizontal durchflossenen Bodenfiltern zu, weniger bei vertikal durchflossenen. Einige Autoren gehen davon aus, dass bei vertikalen Filter bis zu 4000 l/m<sup>2</sup>/d an Regenwasser zugelassen werden könnten, sofern die Beschickungs- und Entlastungsbauwerke (z.B. Heber) entsprechend ausgelegt werden. In einer Ortschaft im Süden Brandenburgs stand man vor dem Problem, dass dort eine Trennung von Regen- und Abwasser nicht finanzierbar gewesen wäre. Durch weitgehende Abkopplung der Dachflächen konnte man den Abfluss von Regen weitgehend auf die Straßenflächen begrenzen. Damit wurde die Behandlung des gesamten Mischwassers (einjähriges Spitzenregenereignis ohne Mischwasserabschlag) über ein Pflanzenbeet möglich. Dazu entwarf man ein Beet, das bei Trockenwetter im Wesentlichen horizontal und bei Regenwetter weitgehend vertikal durchflossen wird (PLATZER ET AL. 1998).

Ein anderes Beispiel setzten Betroffene in Lahstedt im Landkreis Peine um. Dort wird nach größeren Niederschlagsereignissen, dass entstandene Mischwasser in zwei Teichen gesammelt; es fließt dann durch einen schilfbestandenen Bodenfilter in den Vorfluter. Bei Trockenwetter wird das Schmutzwasser der Gemeinde Lahstedt (2600 EW) vorgereinigt über eine alte Tropfkörperanlage über vier schilfbewachsene Bodenfilter behandelt (RÜGEMER 1998). Die Gemeinde Lahstedt hat sich mit ihrem Abwasserkonzept am Ideenwettbewerb der EXPO 2000 erfolgreich beteiligt und ist als Ausstellungsprojekt der EXPO registriert.



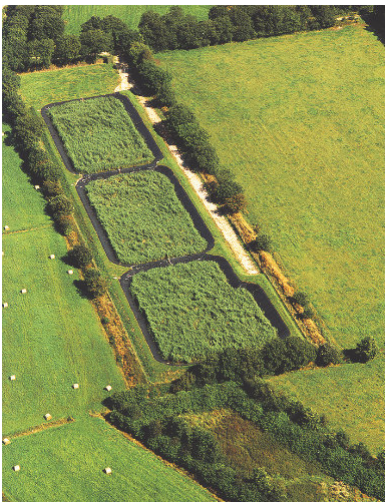
## Literaturtipps!

KASSNER, W. (2000): Solare Klärschlamm-trocknung - Verfahrens-übersicht und Stand der Anwen-dung.- KA(47)1:91-96

WITTE, H. & M. KEDING (1998) „Sola-re Trocknung - Vergangenheit oder Zukunft“.- Korrespondenz Abwas-ser 6:1139-1146.

## Abb. 78:

Eine Anlage zur Klärschlamm-  
vererdung lässt sich landschaftlich  
gut integrieren (Foto: Fa. EKO-  
PLANT GmbH).



## 6.11 Klärschlammvererdung in Schilfbeeten, Solare Klärschlamm-trocknung

Ab dem Jahr 2005 wird die Deponierung von Klärschlamm ohne weitergehende thermische Vorbehandlung nach derzeitiger Rechtslage untersagt (vgl. S. 59). Durch gestiegene Deponiekosten wurden bisher kostengünstige und ökologisch verträglichere Methoden der Entwässerung und Verminderung des Klärschlammes immer wichtiger. Die gängigen technischen Verfahren der Klärschlamm-entwässerung (Kammerfilterpressen, Wringpressen oder Zentrifugen) erreichen max. einen Trockensubstanzgehalt von 30 - 35% und sind mit großem technischen, energetischen Aufwand sowie hohen Kosten verbunden. Daneben haben sich zwei naturnähere Verfahren bewährt, die „**Klärschlammvererdung**“ und die „**Solare Klärschlamm-trocknung**“. In den Vererdungsbecken liegt über einer dichtenden Folie eine mineralische Filterschicht, die mit einem Pflanzsubstrat bedeckt wird. In dieses Substrat wird adaptiertes Schilf eingesetzt. Die Beete sind zu Räumungszwecken befahrbar. Der entwässernde Effekt (bis zu 25% Trockensubstanzgehalt) rührt aus der ca. 3-mal höheren Verdunstungsrate einer Schilfbewachsenen Fläche gegenüber z.B. einer Wasseroberfläche (höhere Verdunstungsfläche durch die Pflanzen). Neben der Verdunstung führt aber auch die Kompostierung/Mineralisierung zu einer Abnahme und Verbesserung des Klärschlammes zu einem humosen und biologisch hoch aktivem Substrat. Inzwischen gibt es Anlagen mit einem Beschickungsvolumen von bis zu 90.000 EW (Emden). Nach einer unterschiedlich langen Beschickungsphase (mehrere Jahre) folgt eine Konditionierungsphase von 6 - 12 Monaten, bis der Klärschlamm in aller Regel zu Zwecken des Landschaftsbau oder in der Landwirtschaft verwendet werden kann. Die Vererdung lässt sich landschaftlich gut integrieren (Abb. 78) und hat gegenüber allen anderen Verfahren den Vorteil, dass sie den wenigstens Aufwand an Technik, Arbeit und Energie erfordert. Demgegenüber besteht der Nachteil eines hohen Zeit- bzw. Platzbedarfs. Vor diesem Hintergrund sind seit 1994 Anlagen zur solaren Klärschlamm-trocknung entwickelt worden. In transparent überdachten Hallen erreicht man Verdunstungsleistungen von bis 1200 kg Wasser/m<sup>2</sup>. 70% der Trocknungsleistung entfällt dabei auf die 6 Sommermonate. Die Grundprinzipien der solaren Klärschlamm-trocknung sind einfach: Das Niederschlagswasser wird durch die Überdachung zurückgehalten, die Verdunstungsrate wird durch das Gewächshausklima erhöht und durch gezielte Be- und Entlüftung gesteuert. Damit das kapillar gebundene Wasser schneller verdunstet, ist eine ständige Umlagerung der unteren feuchten Schlammschichten an die Luft notwendig. Perfektionierte Systeme nutzen die Einrichtungen zum Wenden des Schlammes auch zum Transport desselben. In Baden-Württemberg und der Schweiz sind inzwischen 11 Anlagen (3 verschiedene Verfahren) in Betrieb mit einer Kapazität von insgesamt rund 300.000 EW (KASSNER 2000).

## 6.12 Elektrolyse und Elektroflotation - Beispiel für die Reinigung von gewerblichen Abwässern.

Verfahren zur Reinigung von Abwässern aus kleinen Gewerbebetrieben sind nur ein Randthema dieses Buches. Inzwischen ist es verbreitet, dass auch kleinere Betriebe (z.B. Metall oder KFZ-Werkstätten) ihre Abwässer vorbehandeln, bevor sie sie in die öffentliche Kanalisation einleiten. Das Spektrum der Abwässer ist sehr vielfältig und an dieser Stelle soll deshalb nur auf ein Verfahren aufmerksam gemacht werden, mit dem in den letzten Jahren zunehmend Erfolge erzielt werden, die „Elektroflotation“. Durch Anlegen elektrischer Spannung bilden gelöste Ionen feine Metallhydroxidflocken. An diesen Flocken lagern sich weitere Schmutzstoffteilchen an (Adsorption). Durch die Elektrolyse entstehen gleichzeitig kleine Gasbläschen, die die Flocken an die Oberfläche mitnehmen. Durch die dosierte Zugabe von Flockungshilfsmitteln verbinden sich die kleinen Hydroxidflocken zu größeren (Makroflocken). Aus den Makroflocken bildet sich ein dichteres Flotat, das nun leicht vom gereinigten Abwasser getrennt werden kann. Solche Anlagen können zur Adsorption für ein breites Spektrum an Schmutzstoffen herangezogen werden, z.B. emulgierte und dispergierte Öle und Fette, gelöste und ungelöste Schwermetalle, suspendierte und absetzbare Stoffe. Darüber hinaus werden der CSB-Gehalt (30-80%), Tensidkonzentrationen und die Keimzahl deutlich reduziert. Die wesentlichen Verfahrensschritte dieses Verfahrens sind patentiert (Fa.Mall-Neutra). Der Vorteil dieses Verfahrens gegenüber einer konventionellen Ausflockung, z.B. mit Aluminiumsalzen, liegt darin, dass bei normalen Beschickungsbedingungen i.d.R. keine Aufsalzung des Wassers erfolgt. Ein Nachteil des Verfahrens liegt allenfalls im höheren Stromverbrauch, er beträgt ca.  $1,5\text{kWh/m}^3$ .

## 6.13 Membranbelebung (-biologie), Mikro-, Ultra-, Nanofiltration - Abwasserreinigung der Zukunft?

Vor allem als weitergehende Reinigungsstufe zur Reduktion der Keimbelastung bei konventionellen Kläranlagen ist in den letzten Jahren die Mikrofiltration ins Gespräch gekommen.

Mikrofilter (Membranen) mit einer Porengröße von  $0,1\text{-}0,4\ \mu\text{m}$  dienen der Abtrennung des gereinigten Abwassers und der Rückhaltung der Biomasse. Bis auf Viren können alle Mikroorganismen zuverlässig zurückgehalten werden (Abb. 80b). Damit die Membran von den zurückgehaltenen Stoffen nicht verstopft wird, muss das Wasser mit einer bestimmten Geschwindigkeit über die Membranoberfläche geführt werden (Crossflow oder in die Belebung getauchte Membranen, inzwischen auch erste Versuche mit sich bewegenden Trommeln). Dadurch entstehen auf der Membranoberfläche Kräfte, die zu einer Reinigung führen und eine kontinuierliche Filtration zulassen.

Inzwischen werden Anlagen getestet, in denen die Mikrofiltration die eigentliche

Abb. 79:

Elektroflotationsanlage der Fa. Neutravolt Typ 500, Leistung 500 - 800 l/h (Bild: Fa. Mall-Neutra)



Mikrofiltration: Abtrennung partikulärer Stoffe und Bakterien

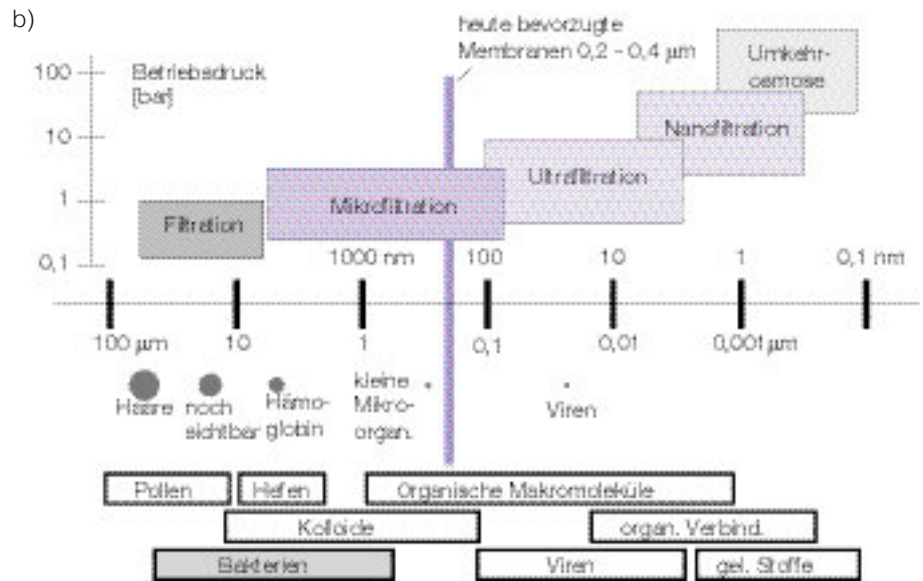
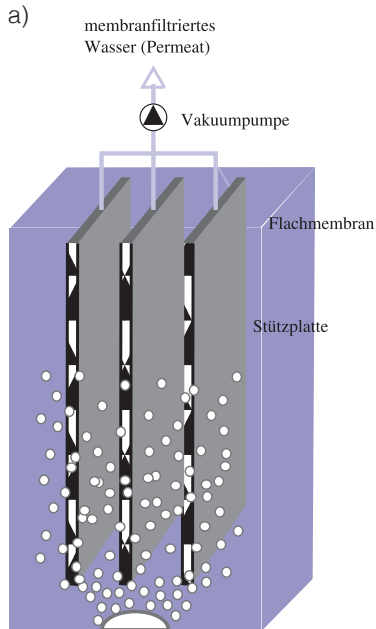
Ultrafiltration: Vollständige Abtrennung von Partikeln, Bakterien und Viren, u.a. als Vorstufe zur Umkehrosmose

Nanofiltration: Wasserenthärtung, Abtrennung von Makromolekülen, Pestiziden, Lacken und Farben

Umkehrosmose: Wasserentsalzung bis zur vollständigen Abtrennung von gelösten Stoffen

Abb. 80:

- a) Prinzipskizze der Membranbiologie  
b) Größenvergleich / Trenngrenzen, verändert nach EAWAG



Reinigungsstufe darstellt (Membranbelebung, Membranbiologie). Durch eine Belüftung wird die Filtrationsstufe nicht nur zu einer Belebtschlammanlage, sondern es entstehen an der Membran Turbulenzen, die den Reinigungseffekt verstärken und eine kontinuierliche Filtration über Zeiträume von mehreren Jahren ermöglichen (Abb. 80a).

In einer Pilotanlage im sächsischen Makranstädt (WUMMEL et al. 1998) gelangt das Abwasser nach einer mechanischen Vorklärung zunächst in einen Denitrifikationstank, von dort in die Nitrifikation, die unterteilt ist in eine Nitrifikations- und eine Filtrationszone.

In der Nitrifikationszone wird flächig belüftet, in der Filtrationszone stehen unter jedem Membranmodul (Filter) Belüfter, die die Hohlfasern in ständiger Bewegung halten (Seegrasseneffekt). Je nach Bedarf werden Teilströme aus der Nitrifikation zur Denitrifikation und zur Filtration gepumpt. Ein Teil dieses zirkulierenden Abwassers wird durch Sprühdüsen zur Schaumniederschlagung in der Nitrifikation und der Filtration benutzt.

Den Membranverfahren werden wesentliche Vorteile wie geringerer Flächenbedarf, Wegfall der Nachklärung und bessere Ablaufwerte nachgesagt. Die Erfahrungen aus einigen Pilotanlagen bestätigen die Erwartungen, zeigen jedoch auch den Nachteil des Verfahrens: den vergleichsweise hohen Energieverbrauch (2-6 kWh/m<sup>3</sup>, je nach Auslegung und Optimierung des Verfahrens). Seit 1999 bietet die Fa. Busse GmbH Standardanlagen in Varianten für 4 und 8 Einwohnerwerte für ca. 15.000 DM an. Auch die Fa. MALLBETON bietet neuerdings kompakte Membranbiologieanlagen an und es ist absehbar, dass weitere Anbieter im Kleinkläranlagenbereich folgen werden. Inzwischen gibt es auch erste Überlegungen auch Grauwasser mit Membranverfahren aufzubereiten.

#### Literaturtipp!

RAUTENBACH, R., T. MELIN, M. DOHMANN (2000): Membrantechnik in der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung.- Tagungsband zur 3. Aachener Tagung Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik

[www.eawag.ch/research/ing/d\\_projekte.html](http://www.eawag.ch/research/ing/d_projekte.html)



## 7. Grau-, Betriebs- und Nutzwasser reinigen und verwenden

Sobald man sich über zukunftsfähige wasserwirtschaftliche Lösungen Gedanken macht, ist die Reinigung und Wiederverwendung des Grauwassers oder von Teilströmen die logische Konsequenz (vgl. Kap.8). Für die Nutzung von Betriebswasser bei industriell-gewerblichen Anlagen gibt es bereits Beispiele im großen Maßstab. So werden z.B. in einem Werk der Volkswagen AG 0,7 Mio m<sup>3</sup>/a an Toilettenspülwasser ausschließlich aus gereinigtem Abwasser bereitgestellt. Im Haushalt ist die Nutzung von Betriebswasser - von wenigen Pilotanlagen abgesehen - noch neu (VSA 1991).

Ein Beispiel für das Recycling von Abwasser im privaten Haushalt ist z.B. das „Umwelthaus“ in Norderstedt bei Hamburg. In diesem werden die WC- und Küchenabwässer in einer 3-Kammer-Grube im Keller des Hauses vorgereinigt. Dort setzen sich die Schwebstoffe ab und faulen aus. Die Behälter sind abgeschlossen und werden über das Dach entlüftet. Das so vorgeklärte Abwasser wird zusammen mit dem Bade- und Duschwasser in ein Klärgewächshaus gepumpt, dort durch ein Pflanzenbeet geleitet und schließlich über einen Kiesfilter geleitet. In einer letzten Reinigungsstufe wird das Abwasser durch einen Bodensandfilter im Garten geschickt und zusammen mit dem Regenwasser in einem „Grauwassertank“ gesammelt. Mittels einer Pumpe steht es nun zur Klospülung und Gartenbewässerung zur Verfügung. Das Beispiel lässt erahnen, wie viele Möglichkeiten es zum Recycling von Abwasser gibt. Die Abwasserkonzeption des Umwelthauses hält sich nicht an eine strikte Trennung von Schwarz- und Grauwasser, sondern behandelt konsequent stärker belastetes Wasser aus Küche und WC getrennt vom deutlich weniger belasteten Dusch- und Badewasser. Für diese beiden Abwasserteilströme gibt es bisher noch keine Begriffe.

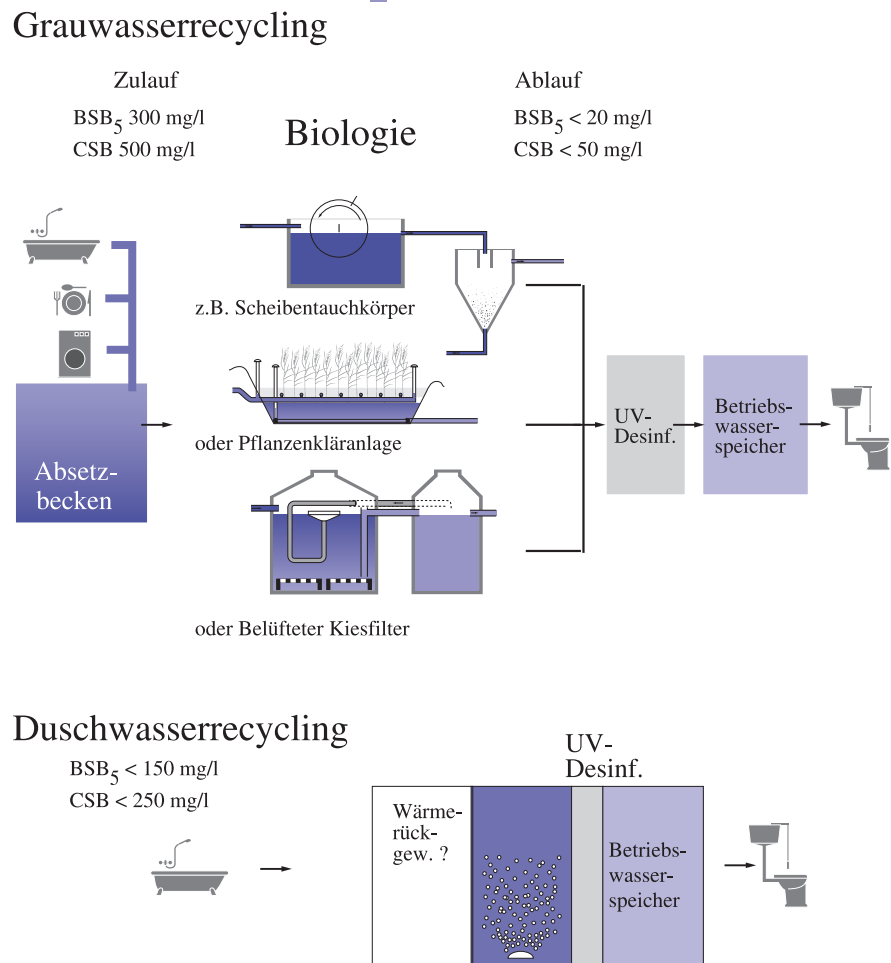
Unter Grauwasser versteht man alle häuslichen Abwässer außer dem Fäkalabwasser, d.h. das Abwasser Dusche, Badewanne, Waschbecken, Küche und der Waschmaschine. Um dieses als „Betriebswasser“ wiederverwenden zu können, ist in der Regel eine vorherige Reinigung notwendig. Vor allem ökologische, aber auch ökonomische und gesundheitliche Gründe sprechen dafür, Grundwasser von höchster Qualität in Zukunft vorwiegend für die Bereiche Trinken, Kochen, Geschirrspülen und die Körperpflege zu nutzen. Der Trinkwasserbedarf dafür schwankt in der Regel zwischen 25 - 45% des gesamten Trinkwasserverbrauchs in den Haushalten.

Eine großflächige Nutzung von Betriebswasser könnte vor allem in niederschlagsschwachen, aber dicht besiedelten Gebieten zu einer deutlichen Schonung der Grundwasserreserven führen. Daneben bedeutet eine breite Nutzung von Grauwasser als Betriebswasser

Grauwasser: häusliches Abwasser aus Küche und Bad, Ressource, das im Gegensatz zu Regenwasser, in Menge und Qualität, gut kalkulierbar ist. Bei der Betriebswassergewinnung im Haushalt wird oft lediglich das Abwasser von Dusch- und Waschmaschine verwendet. Zur Unterscheidung schlagen wir den Begriff „Weißwasser“ vor

Betriebswasser: Ä bezeichnet nach DIN 4046 Wasser, das zu gewerblichen, industriellen oder landwirtschaftlichen oder ähnlichen Zwecken dient, mit unterschiedlichen Güteeigenschaften, worin Trinkwassereigenschaften eingeschlossen werden können. Betriebswasser kann z.B. aus Regenwasser oder Grauwasser gewonnen werden. Der Begriff entspricht im Wesentlichen dem in neuerer Zeit auch verwendeten Begriff „Nutzwasser“ (Name einer Zeitschrift der IDA, vgl. Kap.10).

**Abb. 81:**  
Verfahrensvarianten des Grau-  
und Duschwasserrecycling



Betriebserfahrungen

Hinweise zu Genehmigung,  
Bau und Betrieb

eine Entlastungen der Klärwerke. Insbesondere bei der Diskussion um die Nutzung von Regenwasser als Betriebswasser stellt die Aufbereitung von Grauwasser zu Betriebswasser in vielen Fällen eine ökologisch und finanziell interessante Alternative dar. Bisher werden diese Möglichkeiten nur in wenigen Pilotprojekten genutzt.

Seit etwa 1989 liegen in Deutschland positive Erfahrungen mit einigen wenigen Betriebswasseranlagen (Berlin, Hannover und Offenbach) vor (vgl. NOLDE 1995). Eine Übersicht, welche prinzipiellen Wege dabei beschrritten wurden, skizziert Abb.81.

Die verfahrensrechtliche Behandlung des Vorhabens zur Aufbereitung und Nutzung von Betriebswasser richtet sich nach den Bestimmungen der jeweiligen Landesbauordnung. In der Regel sind Betriebswasseranlagen genehmigungsverfahrensfrei. In jedem Fall müssen sie jedoch so angeordnet, hergestellt und unterhalten werden, dass sie im Betrieb sicher sind und keine Gefahren oder unzumutbare Belästigungen entstehen.

Beim Bau sind u.a. folgende technische Vorschriften zu beachten:

- DIN 1986 (Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke), u.a. rückstausichere Anschlüsse
- DIN 1988 Teil 4 Abs. 4.2.1 (Trinkwasserinstallation) u. Abs. 3.3.2

Grauwasserrecycling		
Abwasseranfall	l/E- d	80
BSB <sub>5</sub> -Fracht	g/E- d	10-20
CSB-Fracht	g/E- d	35
N <sub>ges</sub> -Fracht	g/E- d	1
P <sub>ges</sub> -Fracht	g/E- d	0,2
Spez. Volumen Tauchtropfkörper	m <sup>3</sup> /E	
Spez. Fläche Pflanzenkläranlage	m <sup>2</sup> /E	1,5 - 3
Spez. Volumen Belüfteter Kiesfilter	m <sup>3</sup> /E	0,16
Duschwasserrecycling		
Abwasseranfall		40
BSB <sub>5</sub> -Fracht	g/E- d	< 5
CSB-Fracht	g/E- d	< 25
N <sub>ges</sub> -Fracht	g/E- d	< 0,5
P <sub>ges</sub> -Fracht	g/E- d	< 0,1
Spez. Volumen Belüfteter Behälter	m <sup>3</sup> /E	ca. 0,04

**Tab. 51:**

Anhaltswerte für die Bemessung für Grau- und Duschwasserrecycling

(Kennzeichnung von Entnahmestellen, die mit Betriebswasser gespeist sind)

- DIN 2403, Abs. 7.4. (Kennzeichnung von Leitungen), Kennzeichnung der Betriebswasserleitung „Betriebswasser“ od. „Kein Trinkwasser“

Beim Bau sollte auf eine günstige Anordnung der Behälter geachtet werden. Der Mehraufwand an Material für Leitungen und Behälter ist nicht zu vernachlässigen. Pro Wohneinheit ist im mehrgeschossigen Wohnungsbau mit ca. 10 m Rohrleitung zu rechnen. Es sollten PE(-PP)-Behälter und Rohre verwendet werden. Nicht zuletzt ist die Lage einer Grauwasseranlage auch aus energetischen Gründen von Bedeutung. Bis zu Hälfte des anfallenden Grauwassers ist warmes Wasser. Sofern die Anlage im beheizten Bereich des Hauses untergebracht ist, bleibt ein Teil der Wärme im Haus, die sonst allenfalls den Kanal beheizt.

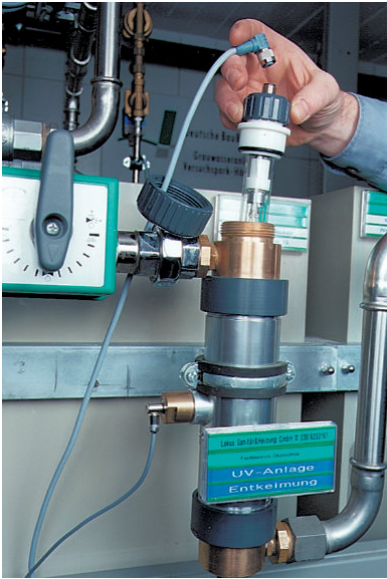
Die folgenden **Qualitätsziele** können bzw. sollten bei Betriebswasser eingehalten - ggf. garantiert - werden (vgl. Merkblatt „Betriebswassernutzung in Gebäuden“ der SENATSVERWALTUNG FÜR BAU- UND WOHNUNGSWESEN, Berlin 1995):

#### Qualitätsziele

- Gesamtcoliforme Bakterien 0/0,01 ml (<100/ml)
- Fäkalcoliforme Bakterien 0/0,1 ml (<10/ml)
- Pseudomonas aeruginosa 0/1,0 ml (<1/ml)
- BSB<sub>7</sub> < 5mg/l
- Sauerstoffsättigung > 50 %
- nicht fäulnisfähig
- nahezu geruchlos

**Abb. 82:**

UV-Strahler (Foto: Knut Zeisel)



- schwebstoffarm
- Fe (Eisen) <math>< 0,5 \text{ mg/l}</math>
- farblos/klar (UV-Transmission bei 245 nm in 1 cm Küvette > 60 %)

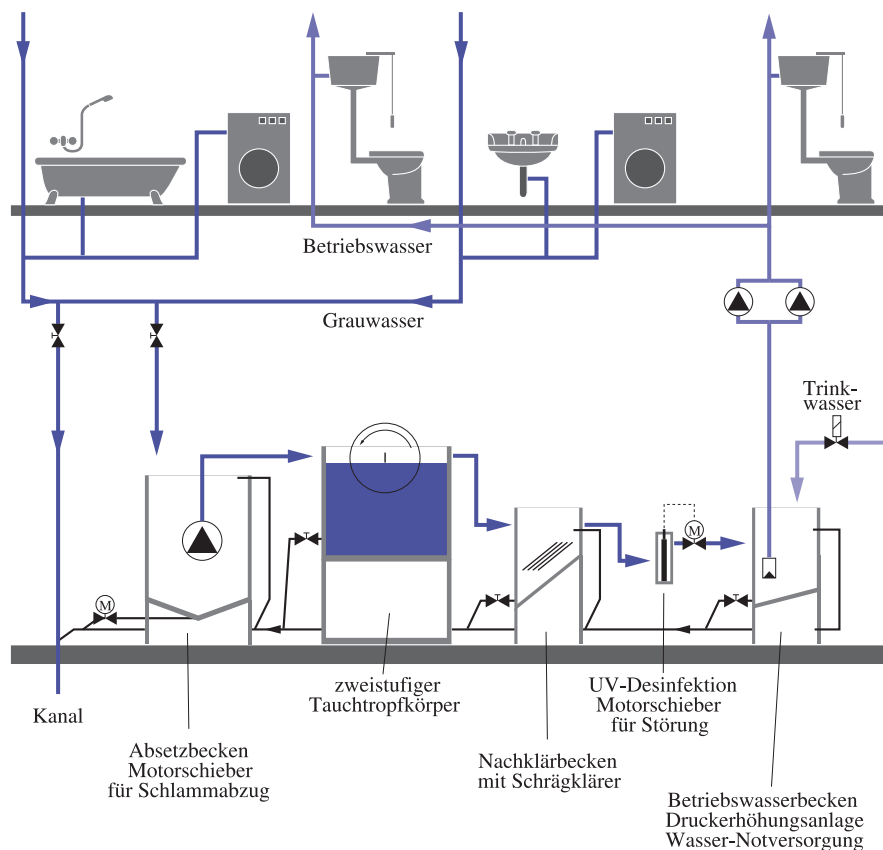
Der Wartungsaufwand einer Grauwasseranlage wird auf weniger als eine Stunde pro Woche geschätzt. Verantwortlichkeit und Zuständigkeiten sind in jedem Fall zu klären.

Die geringen Konzentrationen an N und P (<math>< 0,5 \text{ mg/l}</math>) sind für eine Nutzung als Toilettenspülwasser nicht maßgebend; entscheidend sind niedrige BSB- Werte. Für Betriebswasser, welches z.B. zur Nutzung als Toilettenspülwasser verwendet werden soll, reicht es aus, die EU-Richtlinie für Badegewässer einzuhalten, um eine hygienische Gefährdung auszuschließen. Eine aus Sicherheitsgründen nachgeschaltete UV-Desinfektionsanlage kann mit 10 Watt Anschlussleistung täglich bis zu 6000 Liter desinfizieren (das entspricht etwa 0,3-0,5 kWh pro  $\text{m}^3$ , Abb. 82).

Für die Bemessung von Anlagen zur Wiederverwendung von Dusch- und Grauwasseranlagen liegen erste Erfahrungen vor (Tab. 51).

**Abb. 83:**

Aufbau der Grauwasseranlage Hannover-Hägewiesen (nach Jo-chen ZEISEL)





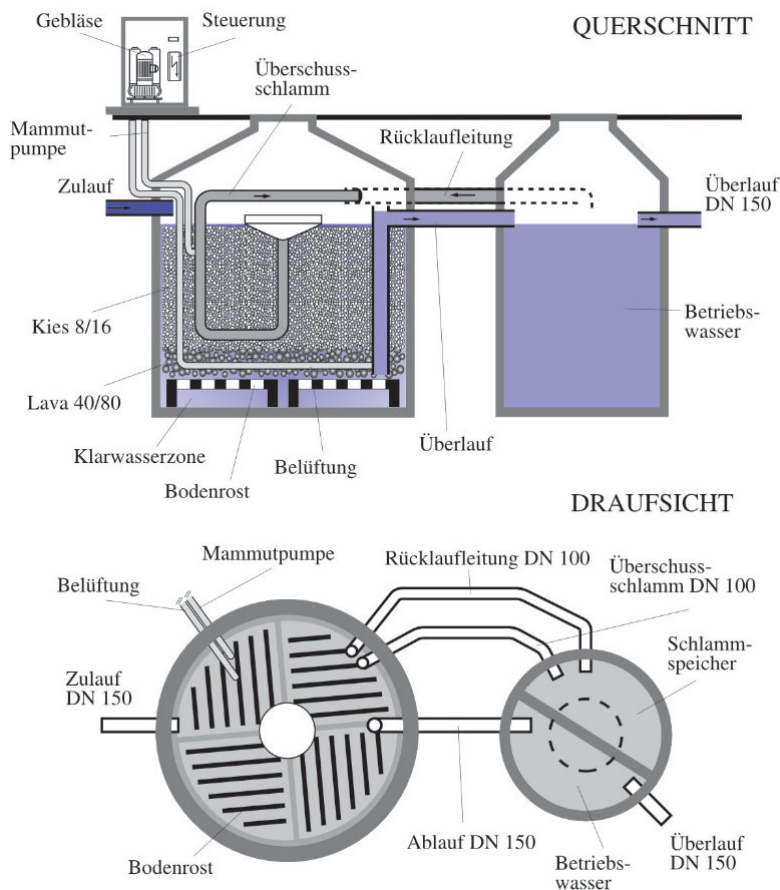


**Abb. 84:**  
 Rotations-Tauchtropfkörper,  
 Grauwasseranlage Hannover-Hä-  
 gewiesen (Foto: Knut Zeisel)

## 7.1 Grauwasserrecycling

Bewährt haben sich als eigentliche Reinigungsstufe:

- mit mehrstufigen Tauchtropfkörpern oder



**Abb. 85:**  
 Belüfteter Sandfilter der Fa.  
 MALLBETON zur Aufbereitung  
 von Autowaschwasser



Energiebedarf

**Abb. 86:**

Duschwasser-Recycling-Anlage „Brawacon“ der Fa. Hennes-Umwelttechnik (Foto: Hennes-Umwelttechnik, www.hennes-umwelttechnik.de)



- vertikal beschickte Bodenfilter (Pflanzenkläranlagen)

Im Anschluss an die Reinigungsanlage ist eine **UV-Desinfektion** zu empfehlen (Abb. 82).

Zu den ersten Anlagen gehören zwei Pilotprojekte des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. Im „Block 103“, Berlin-Kreuzberg wurde eine Tauchtropfkörperanlage verwendet, während bei der Sanierung eines gründerzeitlichen Altbaus in München-„Pariser Straße“ eine Scheibentropfanlage verwendet wurde (vgl. Kap. 6.7). Es hat sich gezeigt, dass auch bei Nährsalzmangel sehr gute Ablaufsergebnisse zu erzielen sind. Stickstoff und Phosphat stehen nach dem Absterben der Biomasse im Film anderen Organismen direkt wieder zur Verfügung. Bei Belebtschlammssystemen würde es durch Schädigung des Schlammes leicht zu verstärktem Biomassenabtrieb und damit zu weiterem Nährsalzverlust kommen.

Für den Antrieb des Tauchtropfkörpers oder die Beschickungspumpe des Bodenfilters sind etwa 0,5-1 kWh pro m<sup>3</sup> zu reinigendes Grauwasser anzusetzen. Für die Druckerhöhungsanlage sind etwa 0,3 - 0,5 kWh pro m<sup>3</sup> zu veranschlagen.

Für die Wiederaufbereitung von Waschwasser bei Autowaschanlagen mit einfachen belüfteten Sand- bzw. Kiesfiltern (vgl. Abb. 85) liegen gute Erfahrungen vor. Sie werden derzeit auch für die Aufbereitung von häuslichem Grauwasser erprobt.

## 7.2 Duschwasserrecycling

Aus den letzten Jahren sind eine Reihe von Versuchen bekannt, auch Duschwasser als Betriebswasser z.B. für die Toilettenspülung wieder aufzubereiten. Eine der patentierten Anlagen („Multisave“) kombinierte das Duschwasserrecycling mit der Wärmerückgewinnung. Diese Anlage verwendete gleich zwei Wärmetauscher, einen für das Duschwasser, dass dann mehr oder weniger ungereinigt zur Toilettenspülung benutzt wird, und einen anderen für das restliche Grauwasser aus der Küche, dass dann direkt in die Kanalisation abgeleitet wird.

Diese Anlagen haben keine Verbreitung erfahren. Ihr Vertrieb wurde weitgehend eingestellt. Zum einen, weil die Wärmerückgewinnung viel zu kostenintensiv war, zum anderen, weil die Verwendung des mehr oder minder ungereinigten Duschwassers zu Geruchsbelästigungen führte und dagegen erhebliche hygienische Bedenken bestehen müssen. Einen vielversprechenderen Weg hat die Fa. Hansgrohe, Schiltach, eingeschlagen. Sie hat in den letzten Jahren eine kompakte Duschwasser-Recycling-Anlage für den 1 - 2 Familienhaushalt konzipiert, die abgesehen vom Preis keine Wünsche offen lässt. Bisher sind etwa 11 Pilotanlagen in Haushalten mit 4 - 7 Einwohnern

im Einsatz (Stand Sommer 1999). Der Preis für die Kompaktanlage soll etwa 8.000 DM (netto) betragen. Hinzu kommen je nach Gegebenheiten Installationskosten von ca. 1.500 DM.

Zunächst wird das Duschwasser über einen Filter mit einer Maschenweite von 250  $\mu\text{m}$  von groben Schmutzstoffen wie Haaren, Textilflusen, Sand etc. gereinigt. Das Besondere an diesem Filter ist, dass ein Niveausensor das allmähliche Zuwachsen des Filters erkennt und einen Motor dazu veranlasst, ihn zur Rückspülung zu drehen. Nach der Vorfiltration wird das Duschwasser in zwei Kammern biologisch gereinigt. Mit Kohle beschichtete Schaumstoffwürfel dienen als Trägermaterial für die notwendige Biomasse. Die Belüftung erfolgt durch eine kleine Luftpumpe. Über eine Steuerung gelangt das

Kosten

### **Abwasserbehandlung in Japan**

Ein Beispiel dafür, dass die Nutzung von Betriebswasser auch im häuslichen Bereich in Zukunft einen wichtigen Stellenwert einnehmen kann, ist Japan (GODA 1991). Seit über 300 Jahren ist dort ein ganz anderes Entwässerungssystem üblich. Bis heute haben dort viele Häuser zwei Abwasserleitungssysteme; eines für das Grauwasser (Abwässer aus Küche, Waschbecken und Bad) und ein zweites für Toilettenabwässer. Die grauen Abwässer gelangen über ein System von offenen Kanälen zusammen mit dem Regenwasser meist ungereinigt in die Flüsse oder versickern in den Untergrund. Die Toilettenabwässer dagegen sammelt man in Fäkaliengruben und der Grubeninhalt („night soil“) wird als Dünger verwendet. Zum Abtransport dienen heute spezielle Vakuumentankwagen. Ihr Inhalt wird in speziellen „**night soil**–“ Behandlungsanlagen aufbereitet. Die Vermutung liegt nahe, dass dieses System mit dazu beitrug, dass große Seuchen, wie sie im letzten Jahrhundert in Europa aufgetreten sind, in Japan nicht auftraten (PINNEKAMP 1987 a,b). Japan ist ein Beispiel mehr dafür, dass die Idee, Fäkalien in möglichst konzentrierter oder gar trockener Form zu entsorgen, weder neu noch unüblich ist, sofern man seinen Blick entweder in die Geschichte oder über Europa hinauslenkt. Der Anschlussgrad an eine Kanalisation liegt in Japan auch heute noch im Landesdurchschnitt bei etwa 40 %. Nur in den Städten ist er wesentlich höher, so stieg der Anschlussgrad in Tokio beispielsweise von 33 % im Jahre 1963 bis auf 89 % im Jahre 1988 (GRÜNEBAUM 1990, KUBO 1991). Heute rechnet Japan in den riesigen Stadtregionen an der Tokio Bay, der Ise Mikawa Bay und der Seto Inland Bay (insgesamt 63 Millionen Einwohner) bis zum 21. Jahrhundert mit Engpässen bei der Wasserversorgung. Dies ist der Anlass für mehrere große Projekte in Japan, geklärtes Abwasser wieder zu verwenden. Ein Projekt bereitet täglich etwa 138 000 m<sup>3</sup> geklärtes Abwasser durch nochmalige Flockung,



## 8. Zukunftsfähige Wasserwirtschaft - Vom Stoffdurchfluss zum Stoffkreislauf

Vor ca. 20 Jahren wurde man „ökologisch“. Seitdem wird mit diesem Schlagwort auch vieles etikettiert, das es nicht verdient. Um sich davon abzusetzen, sucht man immer wieder nach neuen Begrifflichkeiten. Einer der wichtigsten Nachfolger des „Ökologischen“ ist die „Nachhaltigkeit“, ein Begriff, der Mitte der 80er Eingang in die umweltpolitische Diskussion vieler Länder fand und seit der UN-Konferenz in Rio 1992 zu weltweiter Bedeutung gelangt ist. Es bestehen jedoch unterschiedliche Auffassungen darüber, wie der Begriff zu belegen oder zu gebrauchen sei. Und ein Blick auf die Herkunft des Wortes ergibt, dass der Begriff „Nachhaltigkeit“ und seine englischen Äquivalente nicht - wie vielfach angenommen - aus der Forstwirtschaft in die Umweltdiskussion gelangt sind, sondern sich weitgehend unabhängig von ihr entwickelt haben. Zum ersten Mal tauchte der Ausdruck im Zeitalter der Aufklärung auf, einer Zeit, in der die Menschen begannen, sich aktiv mit der Gestaltung ihrer Zukunft auseinanderzusetzen. So lässt sich als kleinster gemeinsamer Nenner aller Begriffsverwendungen von „Nachhaltigkeit“ oder „Sustainability“ bis heute nur der zeitliche Bezug zur Zukunft festmachen. Aus ökonomischen Diskussionszusammenhängen gelangte der Begriff dann in die Forstwirtschaft. Heute lassen sich dem Begriff Nachhaltigkeit fünf inhaltliche Dimensionen zuordnen:

1. eine ökologische Dimension,
2. eine soziale Dimension,
3. eine ökonomische Dimension,
4. eine zeitliche Dimension,
5. eine räumliche Dimension.

Prinzipiell sind diese Dimensionen schon in der Forstwirtschaft des letzten Jahrhunderts zu erkennen, doch wird der Begriff dort vor allem für die Kontinuität des Holztrages verwendet, also in seiner ökonomischen Dimension. In dieser Verwendung entspricht er definitionsgemäß anderen Wirtschaftszweigen und damit Begriffen wie nomineller oder realer Kapitalerhaltung, reproduktiver oder leistungsäquivalenter Substanzerhaltung, Erfolgskapitalerhaltung u.ä.

Zentraler Aspekt im Zusammenhang mit der Verwendung des Begriffs „Nachhaltigkeit“ im Bereich des allgemeinen Wirtschaftens ist daher die Erhaltung von Produktionsgrundlagen. In den meisten Fällen greift diese vorwiegend ökonomische Begriffsverwendung jedoch zu kurz, denn es müssen auch alle zuvor genannten Dimensionen berücksichtigt werden. Für dieses Buch konnte keine eindeutige Begriffsklärung vorgenommen werden, die die anderen Dimensionen ausreichend berücksichtigt oder zum Ausdruck gebracht hätte. Da der Begriff mittlerweile einer gewissen Abnutzung unterliegt, wird der neuere Ausdruck „zukunftsfähig“ benutzt.

Verwendung, Bedeutung und Charakterisierung der Begriffe „ökologisch“, „nachhaltig“ und „zukunftsfähig“

### Wasserwirtschaft im Internet

<http://www.akwasser.de> (Homepage des Akwasser des BBU)

<http://www.wef.org> (Infodienst Wasserwirtschaft)

### Teilstromorientierte Sanitärkonzepte im Internet

<http://www.vauban.de> (Homepage über den Modellstadtteil Vauban in Freiburg)

## 8.1 Leitbilder zukünftiger Konzepte

Wir gehen davon aus, dass alle Begriffe dieser Art ursprünglich an allgemeinen Leitbildern des nachhaltigen (oder ökologischen oder dezentralen) Wirtschaftens und Handelns orientiert waren (vgl. Tab. 51). Die Entwicklung neuer Sanitärstrategien ist an die Orientierung dieser Leitbilder geknüpft.

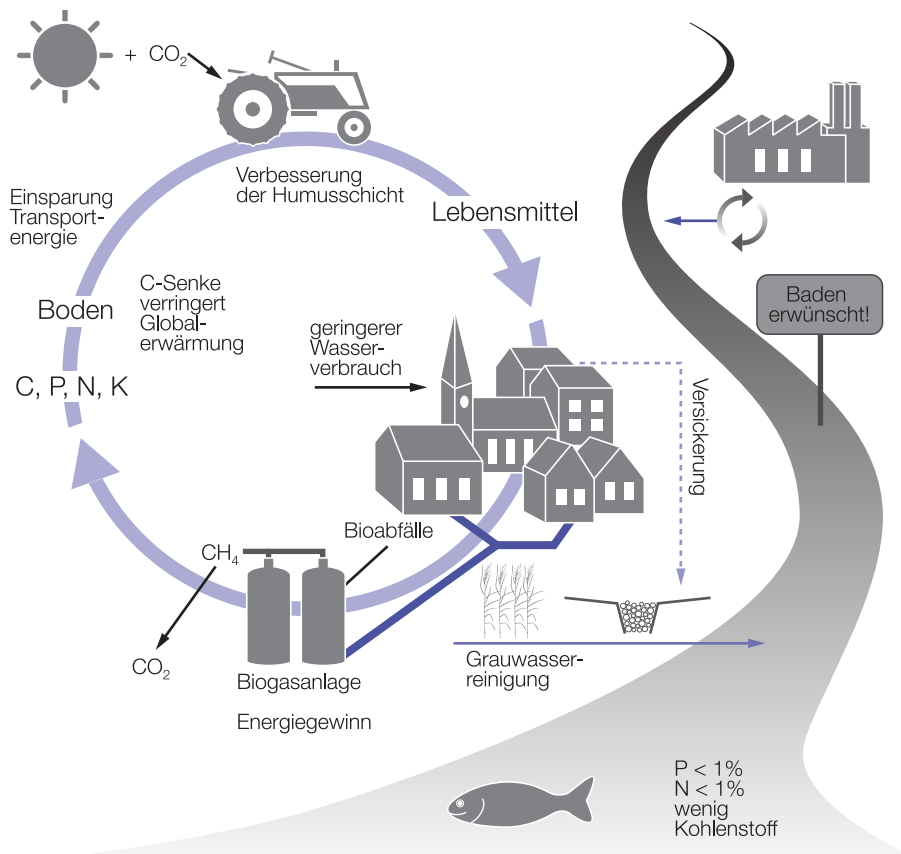
Zu den wichtigsten und frühesten gesellschaftlichen Leitbildern gehört der Kreislauf (vgl. Abb. 90). Einen wichtigen Beitrag dazu leistete ein Verbundprojekt an der Uni Kassel mit dem Titel „Wasserkreislauf und urban-ökologische Entwicklung (Wasserkultur)“ unter Leitung von Prof. Dr. Detlev Ipsen. In einem Teilprojekt „Modellanalyse Wasserkreislauf“ des Instituts für so-

**Tab. 51:**

Leitbilder der Nachhaltigkeit bzw. der Dezentralisierung, die der Entwicklung eines ökologischen Sanitärkonzeptes zu Grunde liegen sollten (ergänzt nach BOSSEL 1995)

Aspekt	Konkurrenz/ Globalisierung	Nachhaltigkeit /Dezentralisierung
<b>Weltbild</b>	Mechanisch, lineare unabhängige Vorgänge	Zusammenhängendes Gefüge mit Eigenwert
<b>Interaktion</b>	Konkurrenzkampf	Partnerschaft
<b>Akteur</b>	Am eigenen Vorteil orientiert	Autonomie von Untereinheiten in partnerschaftlicher Verantwortung
<b>Ressourcenverfügbarkeit</b>	Technischer Fortschritt hebt jede Kapazitätsgrenze auf bzw. behebt das Umweltproblem	Ökologische Tragfähigkeit der Region nicht überschreiten
<b>Ressourcennutzung</b>	An Wachstum und hohem Durchsatz orientiert, um betriebswirtschaftliche Kosten zu minimieren	Regenerative Ressourcen nutzen. Verbrauch nichtregenerativer Ressourcen im Kreislauf halten; Abfall vermeiden vor verwerten, vor deponieren
<b>Organisation</b>	Hierarchisch, technokratisch, orientiert an einheitlichen Ordnungskriterien, Regeln, Effizienz durch Größe	Selbstorganisation von Untereinheiten
<b>Irreversibilität</b>	Liegt nicht im Blickfeld der Akteure	Wird zu minimieren versucht
<b>Information</b>	Wird als Ware gehandelt, zweckorientiert	Frei Verfügbarkeit
<b>Regelung</b>	Am Markt orientiert	Durch Setzung effizienter Randbedingungen
<b>Besitz</b>	Suchtverhalten in Bezug auf Besitz, Macht, Sicherheit, Einfluss wird zu maximieren versucht	Verantwortungsvoller Umgang mit Besitz: Besitz verpflichtet und wird nach der Existenzsicherung als weniger wichtig erkannt
<b>Charaktereigenschaften</b>	verhärtet, egozentrisch, unsicher, kalt, Kindheitstraumata	Innere Ruhe, lebensfroh, Verständnis, Wärme, gesunde Sozialisierung, Anerkennung, „Ich“ als Teil einer Gemeinschaft, eines Ganzen



**Abb. 90:**

Beispiel für einen Stoffkreislauf; Schematische Darstellung der Stoffströme in einem teilstromorientierten Sanitärkonzept (vgl. Kap. 8.3.3).

zial-ökologische Forschung (ISOE) wurden Kreislaufmodelle zur „nachhaltigen“ Nutzung des städtischen Wasser- und Naturhaushaltes untersucht bzw. entwickelt (KLUGE & SCHRAMM 1994, 1995, 1997).

Auch DORAU (1994) schlägt ein Kreislaufmodell vor, in dem zum einen mehr Flusswasser als bisher zur Trinkwasserversorgung herangezogen wird, zum anderen die Abwassereinleitung so weit wie möglich flussaufwärts stattfinden soll (vgl. Abb. 91). Er verspricht sich davon, dass die Anstrengungen zur Vermeidung toxischer Inhaltsstoffe im Abwasser erheblich intensiviert würden (Rückhaltung sämtlicher Krankheitserreger, Nährstoffe etc.) und die Güte des Flusswassers sich dabei in Richtung Trink- und Badewasserqualität verschiebe. Eine Trinkwasseraufbereitung hätte dann nur noch qualitätssichernde Funktion. Das ISOE (1994) hat dieses Modell von DORAU in einigen Punkten weiter differenziert. Es fordert die Berücksichtigung sozialer Lösungspotentiale. Die Gewinnung von Trinkwasser aus Grundwasser und die Ableitung des Abwassers in unterirdischen Kanälen ist für die Einwohner unsichtbar und entzieht sich damit der alltäglichen Wahrnehmung. Erst wenn Herkunft sowie Qualität und Verbleib von Trink- und Abwasser wieder öffentlich wahrgenommen werden, lassen sich verschiedene Abwasserqualitäten unterscheiden und nutzen; Wassersparen bzw. Abwasservermeiden wird dann möglich und selbstverständlich (vgl. SCHRAMM 1994).

**Abb. 91:**

Fabrik, die ihr Abwasser oben einleitet und unten entnimmt als Anreiz, Wasser wiederzuverwenden und besser zu reinigen.

vgl. Zeitschrift Wasserkultur, bisher erschienen Nr. 1-7 des BMFT-Forschungsprojektes 'Wasserkultur', verantwortlicher Projektleiter Prof. Dr. Detlef Ipsen, zu beziehen über Gesamthochschule Kassel, vgl. auch SCHRAMM 1997).

Neben der Weiterentwicklung des Leitbildes Stoffkreislauf bedarf es für die Umsetzung einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft:

- einer Weiterentwicklung praxisorientierter Kreislaufmodelle für Nährstoffe,
- einer Bündelung des Know-hows,
- einer Verbreitung des Know-hows bei Fachleuten,
- eines Problembewusstseins bei der breiten Bevölkerung,
- einer Zusammenfassung der verschiedenen Einzelkomponenten einer vorsorgenden Siedlungsentwässerung zu Visionen für zukunftsfähige Entwässerungskonzepte,
- einer Untersuchung wissenschaftlich bisher nicht greifbarer Probleme des kurzen Nahrungskreislaufes.

## 8.2 Vom Stofffluss zum Stoffkreislauf häuslichen Abwassers

Das Leben auf der Erde sollte auch in einigen hundert Jahren noch möglich sein. Dieses erfordert dauerhafte Sanitärkonzepte, welche die menschliche Ernährung in natürliche Kreisläufe integrieren, insbesondere auch in städtischen Gebieten. Spültoilette und Schwemmkanal mit zentraler Kläranlage haben als „end-of-pipe“-Technologie gravierende Nachteile: Wasserverbrauch, belasteten Klärschlamm (Abfall!), ständige Nährstoffverluste in die Gewässer und einen relativ hohen Energieverbrauch. Ein Ersatz dieser Systeme ist längerfristig unumgänglich, wie sich durch Massenbilanzen zeigen lässt.

Der Nährstoff Phosphor, wie er heute in der Landwirtschaft verwendet wird, stammt aus fossilen Reserven. Die bekannten Phosphor-Lagerstätten reichen beim heutigen Verbrauch für 150 Jahre (U.S. GEOLOGICAL SURVEY 1999). Ob noch weitere Vorkommen an Phosphor verfügbar gemacht werden können, ist unklar. Viele Länder schreiben für Phosphatdünger Cadmiumgrenzwerte vor, die unterhalb der Durchschnittskonzentrationen heute bekannter Phosphorreserven liegen.

Im Gegensatz zum Phosphor stammt der Stickstoff aus der Luft. Im Haber-Bosch-Verfahren wird Luftstickstoff unter hohem Energieaufwand in Ammoniak umgewandelt. Der Primärenergieeinsatz für eine Tonne Stickstoff beträgt etwa 49,1 GJ (PATYK & REINHARD 1997). Allein bei einer Substitution des aus der Luft gewonnenen Stickstoffs durch den Stickstoff aus Fäkalien und Urin ließen sich bei einem durchschnittlichen Nährstoffgehalt von ca. 3 kg N/Person rechnerisch ca. 40 kWh/E\*a an Primärenergie einsparen (Tab. 53).

Hinzu kommt, dass die für den Transport in der Schwemmkanalisation notwendige Verdünnung der Abwässer durch Trink- und Regenwasser eine wesentliche Ursache für den hohen technischen Aufwand bei der nachgeschalteten Abwasserreinigung ist.

Zudem weisen viele der öffentlichen Abwasserkanäle in Deutschland Schäden auf und müssen saniert werden (DYK, C., & J. LOHAUS 1998). Damit stellt sich für die öffentlichen Betreiber die Frage, ob längerfristig nicht alternative Entsorgungskonzepte mit geringeren Gesamtkosten und ökologischen Vorteilen

**Begrenzte Phosphorreserven**

**Stickstoffgewinnung / Stickstoffelimination brauchen erheblich Energie**

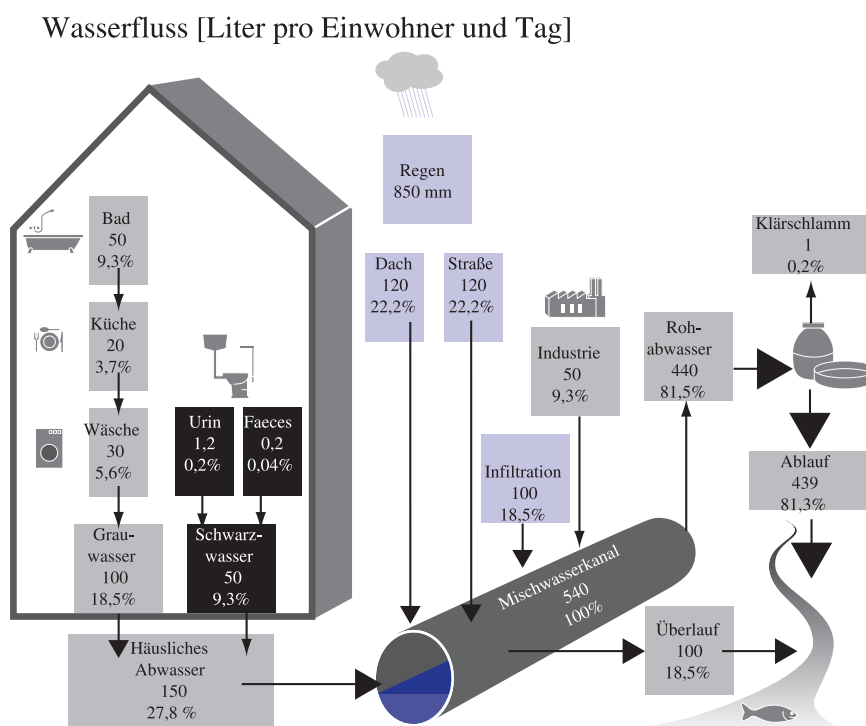
zu realisieren sind.

Bisher betrachtete man das Abwasser bevorzugt am Ende des Kanalnetzes. Die Regenwasserbewirtschaftung zeigt, dass dies bereits allein aus Wassermengensicht ein schwerwiegender Fehler war (vgl. Kap. 5). Die lokale Versickerung des wenig verschmutzten Regenwassers durch die belebte Bodenschicht scheint sich zumindestens in den Köpfen allmählich flächendeckend durchzusetzen. Erste Hochrechnungen (Kap. 5, z.B. SIEKER 1996) gehen davon aus, dass eine flächendeckende Regenwasserbewirtschaftung (Retention, Versickerung, Betriebswassernutzung) durchaus in der Lage ist, auch hochwasserdämpfend zu wirken.

Eine erste Simulation einer fiktiven deutschen Modellstadt mit 500.000 Einwohnern ergab, dass in trockenen Sommern das Flusswasser heute zu über 50% aus dem Abfluss der Kläranlagen besteht. Die Simulation der fiktiven Einführung einer Abtrennung des Schwarzwassers z.B. durch Vakuumtoiletten und Urinseparation in den privaten Haushalten bestätigt die Vermutung, dass man mit solchen Verfahren den Nährstoffeintrag in die Gewässer um bis zu 90 % verringern kann und die Flüsse wieder Badequalität erreichen (HERRMANN et al. 1997,1999).

Wie unterschiedlich die Stoffkonzentrationen in den verschiedenen Teilströmen des Abwassers sind, zeigen einige neuere Untersuchungen.

Die Beispiele Stickstoff und Phosphor (Abb. 88, 89) zeigen, dass es auch beim häuslichen Abwasser Ansatzpunkte gibt, eine Ressourcenkontrolle an der Quelle zu betreiben (RAACH et al. 1999; HERRMANN, T. & U. KLAUS; HERRMANN, T. et al. 1999).

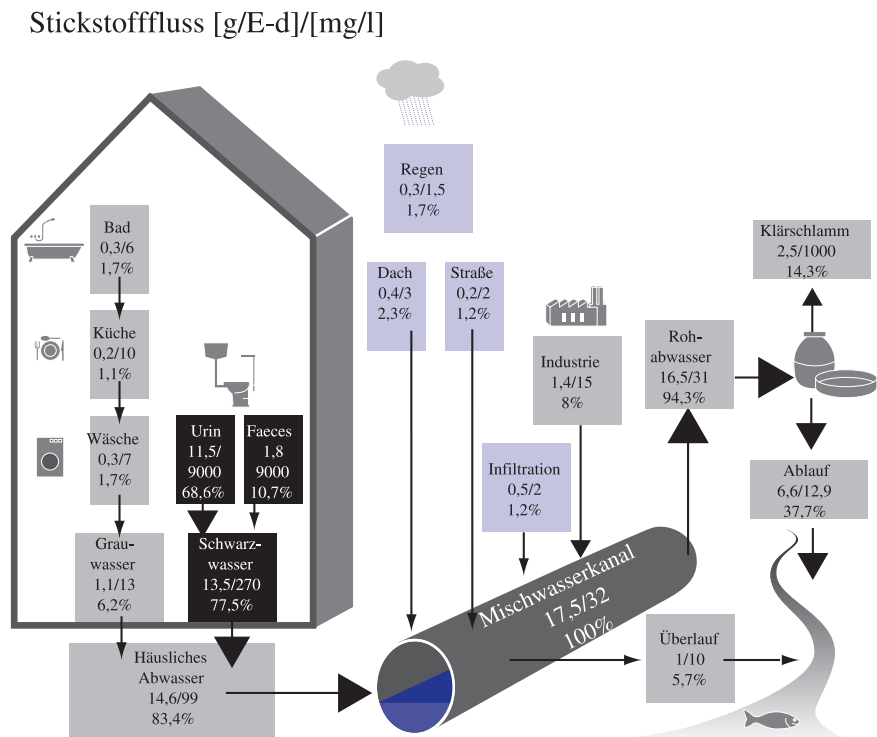


**Abb. 87:**

Abwassermengen in Siedlungen  
(verändert nach HERRMANN & KLAUS  
1997)

**Abb. 88:**

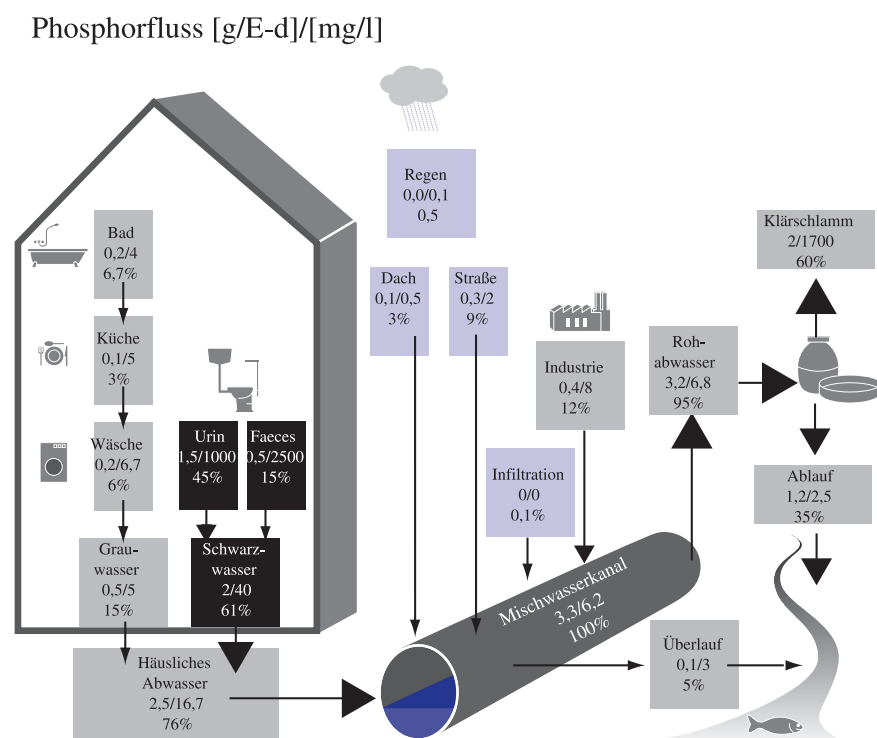
Stickstofffluss im Abwasser  
(verändert nach HERRMANN & KLAUS 1997)



Bei der Entwicklung von alternativen Entwässerungs- und Sanitärkonzepten sollten die Nachteile der traditionellen Abwasserentsorgung vermieden oder zumindest reduziert werden. Zentrale Elemente sind dabei die konsequente Trennung der verschiedenen Abwasserteilströme und die Teilstrombehandlung durch an die Stoffbelastung angepasste Reinigungstechnologien (LANGE 1997, LANGE & OTTERPOHL 1997). Die Teilstrombehandlung sollte energieeffizient

**Abb. 89:**

Phosphorfluss im Abwasser  
(verändert nach HERRMANN & KLAUS 1997)



und auf die Erzeugung verwertbarer Rückstände und deren Rückführung in die Landwirtschaft ausgerichtet sein. Aufgrund der bestehenden Abwasser-Infrastruktur und der gravierenden Änderungen, die für die Realisierung solcher Konzepte notwendig sind, kann eine breitere Anwendung solcher Konzepte nur mittel- bis langfristig erfolgen. Die hohen Kosten der Abwasserbehandlung und die notwendigen Modernisierungen der Abwassersysteme schaffen jedoch zunehmend Raum für die Erprobung alternativer Konzepte (HIESSL, TOUSSAINT 1998). Im Bereich von größeren Neubaugebieten werden bzw. wurden entsprechende Ansätze im Rahmen von Pilotprojekten bereits in Lübeck (OTTERPOHL et al. 1999) und in Freiburg (LANGE 1997, BÖHM & HILLENBRAND 1998, RAHE 1998) verfolgt.

Die Bewertungskriterien einer an Stoffkreisläufen orientierten Siedlungswasserwirtschaft sollten sein:

1. geringerer Energiebedarf
2. geringerer Trinkwasserbedarf
3. höhere Rate der Nährstoffrückgewinnung und Wiederverwendung
4. geringerer Schadstoffeintrag
5. höhere Wasserqualität der Vorfluter
6. Einhaltung bzw. Verbesserung bestehender Hygienestandards
7. geringere Investitions- oder Betriebskosten
8. ausreichend soziale Akzeptanz

Das meiste Geld ist heute in und am Ende der Kanäle investiert und festgelegt, es wird daher lange Zeit dauern, unser Einheitskonzept „Spülkanal und Kläranlage“ abzulösen. Es ist daher höchste Zeit, alternative Konzepte zu entwickeln, die über die verschiedenen Fachbereiche und vermeintlichen Systemgrenzen der konventionellen Wasserwirtschaft hinaus gehen.



### 8.3 Teilstromorientierte Sanitärkonzepte

Die Weiterentwicklung nachhaltiger Konzepte und Techniken für den Umgang mit Wasser im häuslichen Bereich ist derzeit das Ziel unterschiedlicher Untersuchungen im nationalen wie im internationalen Raum (vgl. z.B. LANZ 1998, BENGTTSSON ET AL. 1997, LARSEN & GUJER 1996, LARSEN & UERT 1999, HELLSTRÖM & JOHANSSON 1999).

**Tab. 52:**

Analogien der Grundsätze der Kreislaufwirtschaft in der Abwasserwirtschaft

KrW-/AbfG	Abfälle	Abwasser
§ 4 (1), 1	„...sind in erster Linie zu vermeiden...“	Wassereinsparung. Kreislaufführung, Flächenentsiegelung und -abkopplung von der Kanalisation
§ 4 (1), 2a	„...sind in zweiter Linie stofflich zu verwerten...“	Aufbereitung und Nutzung von Abwasser und seinen nutzbaren Inhaltsstoffen
§ 10 (1)	„die nicht verwertet werden, sind... zu beseitigen“	Reinigung und Einleitung in einen Vorfluter

Bezieht man die Grundsätze der Kreislaufwirtschaft (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, KRW-/ABFG, § 4) auf die Abwasserwirtschaft, so zeigen sich die in Tab. 52 dargestellten Analogien.

Die in Wohnsiedlungen anfallenden Stoffe bzw. Abwässer lassen sich im Hinblick auf Wiederverwendung und sinnvolle Behandlungsmöglichkeiten in 5 Gruppen einteilen:

1. Bioabfälle (reich an organisch gebundenem Kohlenstoff)
2. Fäkalien und Urin (reich an Nährstoffen)
3. Regenwasser
4. Grauwasser (in der Regel wenig Nährstoffe, aber oft auch stark organisch belastet)
5. Restmüll (bei rationeller Wiederverwendung von Verpackungen sehr kleine Fraktion).

Auf der Basis dieser Einteilung können verschiedene Sanitärkonzepte entwickelt werden (vgl. Tab. 54).

Allen Verfahren liegt die Idee der Teilstrombehandlung häuslicher Abwässer zugrunde und die Tatsache, dass bis zu 90 % der Nährstoffe im kommunalen Abwasser aus Fäkalien und Urin stammen (vgl. Abb.88,89, Tab. 53). Die grundlegende Idee dabei ist die Unterscheidung, ggf. Trennung und unterschiedliche Behandlung von Teilströmen wie z.B. Grauwasser, Duschwasser, Schwarzwasser, Urin, Fäkalien, flüssiger Anteil Schwarzwasser („Gelbwasser“), fester Anteil Schwarzwasser („Braunwasser“). Die Behandlungsverfahren sind die biologische Oxidation, die Fermentierung, die Kompostierung sowie die Trocknung.

Trotz des Einsatzes der genannten Wasserspartoiletten, ist der Trockensubstanzanteil für den Betrieb einer Biogasanlage immer noch sehr niedrig. Um das Biogasan-

Charakterisierung des Schwarzwassers sowie die Energieäquivalente der enthaltenen Nährstoffe							
		BSB <sub>5</sub>	CSB	N <sub>ges.</sub>	P <sub>ges.</sub>	K <sub>2</sub> O	SS
Primärenergie Düngemittelherstellung	GJ/t			49,1	17,7	10,5	
Nährstoffgehalte Schwarzwasser (Urin + Fäkalien)	Kg/(E*a)	13	26	5,5	0,6	1,17	19
Geschätzter Anteil Schwarzwasser im Abwasser	%	44	60	90	42	80	74
Primärenergie-äquivalent	kWh/(E*a)			40	4	3	

lagenvolumen zu verringern, kann man eine Fest/Flüssig-Phasentrennung vorschalten, die den Feststoffanteil aufkonzentriert (Tab. 54,2). Die aerobe Behandlung der flüssigen Phase erzeugt einen nitrathaltigen Gesamtablauf, der nach Vermischung mit dem Ablauf der Biogasanlage zur Düngung verwendet werden kann. Eine Denitrifikation muss daher in der aeroben Behandlungsstufe ausgeschlossen werden. Bei Systemen mit höherem Spülwasserverbrauch (herkömmliche Spültoiletten) kann dieser Teilstrom nach aerober Behandlung als Brauchwasser zur Spülung genutzt werden (Tab. 54,3). Durch die Rezirkulation erfolgt eine Aufkonzentration von Nährstoffen, hierdurch wird bei Ausschleusung aus dem System eine erhöhte Düngewirkung und ein höherer Feststoffgehalt des Flüssigdüngers erreicht. Beim Einsatz eines Kompostfilters für einen Rotteprozess wirkt dessen organisches Füllmaterial (Holzhäcksel o.ä.) als Filter für die im Schwarzwasser enthaltenen Feststoffe (Tab. 54,4). Durch den intermittierenden Betrieb findet nach einer längeren Beschickungsphase eine gemeinsame Kompostierung mit dem zugegebenen Bioabfall statt. Die bei der Beschickung verbleibende flüssige Phase muss einer anschließenden aeroben Reinigung zugeführt werden und kann mit dem Kompost als Flüssigdünger genutzt werden. Bei Ableitung der flüssigen Phase bleiben die darin enthaltenen Nährstoffe ungenutzt, eine partielle Denitrifikation ist nötig. Eine Verwendung als Brauchwasser reduziert zwar das Wasservolumen, verringert allerdings nicht die emittierten Nährstofffrachten (P, K).

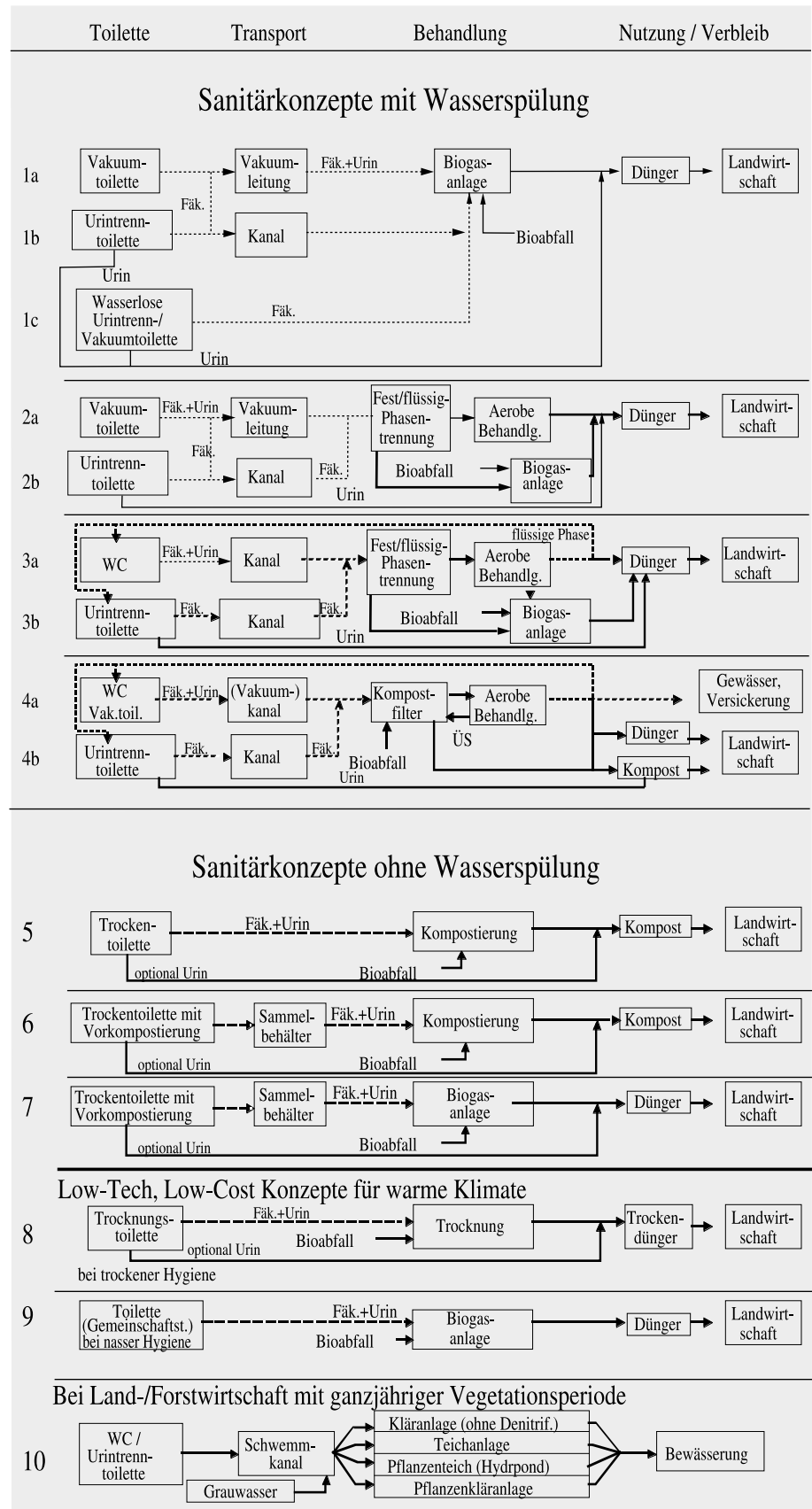
Die Verwendung von Trockentoiletten ohne Wasserspülung sind verbunden mit einer Kompostierung (mit Bioabfall), wobei entweder ein Großkomposter direkt unter den Toiletten (dezentrale Lösung, Tab. 54,5) oder eine zentrale Kompostierung (Tab. 54,6) eingesetzt wird. Vor allem Komposttoiletten über mehrere Stockwerke haben den Nachteil des relativ hohen Platzbedarfes und Installationsaufwandes im Gebäude (4-Personen-Haushalt ca. 8 - 10 m<sup>3</sup> Brutto-Raumbedarf). Komposttoiletten erbringen bei guter Wartung und ausreichender Beschickung und Be- bzw. Entlüftung einen hervorragenden Kompost. Bei der Kompostierung ist nach Möglichkeit darauf zu achten (z.B. durch Entlüftung), dass der Trockensubstanzgehalt zwischen 50 und 60% beträgt.

Tab. 53:

Größenordnungen der Primärenergieäquivalente bei der Düngemittelherstellung (aus PATYK & REINHARD 1997) und Nährstoffgehalte in verschiedenen Abwasserteilströmen (zusammengestellt nach Documenta Geigy, Wissenschaftliche Tabellen, Basel 1981, Vol.1, LARSEN & GUNTER 1996, FITSCHEN & HAHN 1998)

**Tab. 54:**

Verschiedene am geschlossenen Stoffkreislauf orientierte Sanitärkonzepte (ergänzt und verändert nach OTTERPOHL & OLDENBURG 1998)



Kompost ist nach entsprechender Verweilzeit und bei guter Funktion seuchenhygienisch einwandfrei und kann ohne weiteres im eigenen Garten weiterverwendet werden. Bei Konzepten mit Komposttoiletten ist an den Energieverlust durch Austrag via Lüftung und an ein langfristiges Konzept zur Verwertung des anfallenden Komposts zu denken. Die für die Verwertung erforderlichen Flächen liegen bei 200 - 400 m<sup>2</sup>/E. Eine getrennte Erfassung des anfallenden Urins ist bei diesen Anlagen möglich; dieser kann als Stickstoffdünger eingesetzt werden. Die semizentrale Kompostierung verringert den Installationsaufwand; der Benutzer muss die Toilette in regelmäßigen Abständen in den zentralen Komposter entleeren. Als Alternative zu festen Sammelbehältern bieten sich Tüten aus kompostierbarem Material an. Statt eines zentralen Komposters kann auch eine Biogasanlage zur Behandlung der vorkompostierten Fäkalien und des Bioabfalls eingesetzt werden (Tab. 54,7). Ein an wärmere Klimazonen angepasstes Konzept ist die solarerwärmte Trocknungstoilette (WINBLAD 1996, vgl. Kap.9). Eine Kontrolle des Feuchtigkeitsbereichs, d.h. eine kontinuierliche Be- bzw. Entlüftung wie bei Kompostern, kann entfallen. Das Material trocknet und ist nach 1-2 Jahren Aufenthaltszeit als Dünger oder Brennstoff verwertbar (Tab. 54,8). Das Konzept eignet sich vor allem bei Kulturen, die eine „trockene Hygiene“ (-Stichwort Klopapier-) gewohnt sind. Bei „nasser Analhygiene“ eignen sich einfache Konzepte mit Biogasanlagen, wie sie zu Tausenden in Indien und China verbreitet sind (Tab. 54,9).

In Regionen mit ganzjährig wärmeren Klimazonen können aerobe Verfahren mit Teichanlagen, mit oder ohne Bepflanzung (Hydroponds, Lagoons) oder auch Pflanzenkläranlagen (Tab. 54,10) eingesetzt werden. Das gereinigte Abwasser mit den verbleibenden Nährstoffen kann zur Bewässerung und somit zum Pflanzenwachstum genutzt werden. Hierbei ist die Vermischung des Schwarzwassers- mit Grauwasser möglich.

Diese Konzepte können ein notwendiger Basisbestandteil einer dauerhaften Landwirtschaft sein. Zusätzlich können sie durch die Anhebung des Kohlenstoffgehaltes im Humus dem anthropogen verstärkten Treibhauseffekt entgegenwirken.

### **Trockentoiletten**

#### **Sanitärkonzepte für wärmere Klimate**

Die neuen Farben des Wassers:

Zur Differenzierung schlagen wir folgende Begrifflichkeiten vor:

Schwarzwasser enthält Fäkalien und Urin, Braunwasser besteht nur aus Fäkalien und Gelbwasser ist separat gesammelter Urin aus wasserfreien Urinalen und/oder NoMix-Toiletten

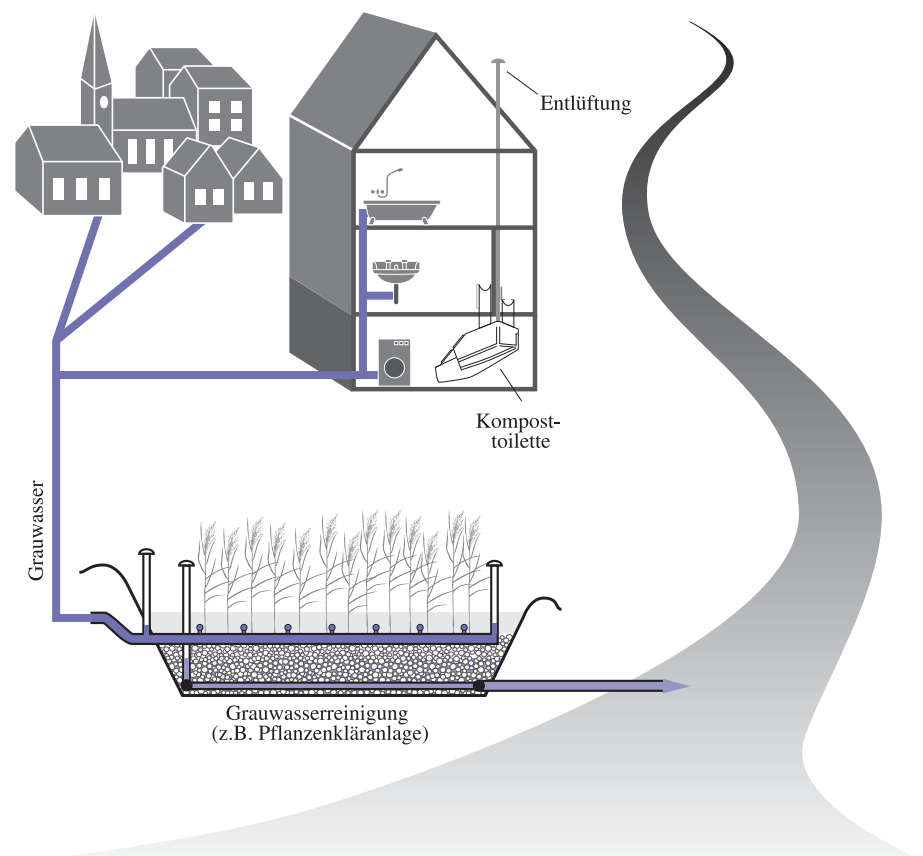
### 8.3.1 Komposttoilette und Grauwasserbehandlung

Die Komposttoilette erlaubt die Kompostierung von Urin mit Fäkalien und Bioabfällen. Das Grauwasser kann durch unterschiedliche Verfahren (z.B. Pflanzenkläranlage, belüfteter Sandfilter oder kommunale Kläranlage) weiterbehandelt werden. Dieses Konzept ist am weitesten entwickelt und unter bekannten Rahmenbedingungen optimierbar.

Auf die verschiedenen Verfahren und die Komposttoilette wurde bereits eingegangen, so dass hier auf eine nähere Beschreibung verzichtet werden kann (Kap. 4.6). Das Konzept eignet sich bisher vor allem für niedrige Gebäude bzw. dann, wenn entsprechendes Platzangebot zur Unterbringung des Komposters besteht. Kompostanlagen für 3-4-geschossige Gebäude in der Stadt sind bisher die seltene Ausnahme. Konflikte treten auch im Zusammenhang mit Niedrigenergiehäusern/Passivhäusern (sehr gut gedämmte Häuser) auf. Der relativ hohe Luftaustausch der Komposttoilette kollidiert mit dem Anspruch dieser Häuser, die warme Luft nicht unkontrolliert zu verlieren. Bisher wurde noch nicht versucht, die Wärmeverluste über eine Wärmerückgewinnungsanlage (kontrollierte Lüftungsanlagen sind insbesondere für Passivhäuser üblich) zu minimieren (selbst

**Abb. 92:**

Komposttoilette und Grauwasserbehandlung

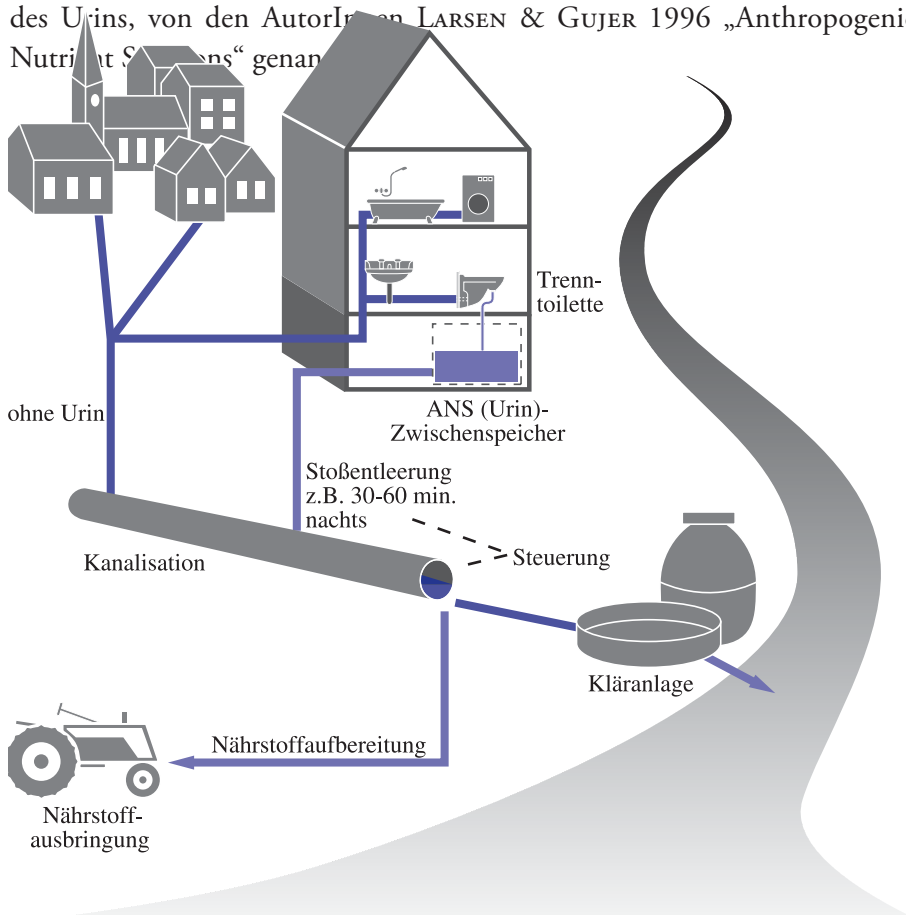




geringste Undichtigkeiten könnten zu einer Geruchsbelästigung führen).

### 8.3.2 Separate Teilstrombehandlung von „Anthropogenic Nutrient Solutions“ (ANS=Urin)

Das Konzept (vgl. Abb. 68) geht von der Voraussetzung aus, auch unter konventionellen Bedingungen (Schwemmkanalisation und Zentralkläranlage) kostengünstig einsetzbar zu sein. Grundidee ist auch hierbei, den größten Teil der Nährstoffe an der Quelle zu sammeln und gesondert zu behandeln (hier des Urins, von den Autoren LARSEN & GUJER 1996 „Anthropogenic Nutrient Solutions“ genannt).



**Abb. 93:**

Separate Teilstrombehandlung des Urins („Anthropogenic Nutrient Solutions“)

Dies kann geschehen z.B. durch Trenntoiletten, die den Urin mit wenig oder ohne Wasser (vgl. Kap. 4.5, 4.6) von den restlichen Abwässern getrennt sammeln. Sie können dann über Zwischenbehälter, so die Idee von LARSEN & GUJER 1996, zu bestimmten Zeiten mit geringem Abfluss (z.B. in der Nacht) über die Kanalisation als konzentrierter Stoß der Kläranlage zugeleitet werden, in der dieser „Teilstrom“ dann gesondert behandelt werden kann. Die ANS (Urin) enthalten etwa 75 % des Gesamtstickstoffes und 50% des Phosphors (vgl. Kap. 2.1 Tab. 9 aus häuslichem Abwasser, aber nur einen geringen Teils der organischen Substanz (vgl. Tab. 9).

**Tab. 54:**

Durchschnittliche Menge und Zusammensetzung des Urins eines Erwachsenen. (CIBA-GEIGY, 1977 zit. in LARSEN & GUJER 1996, vgl. auch Fittschen & Hahn 1998)

Parameter	Einh.	Mittel	Standardabweichung	Typische Konzentration	Aufnahmerate
Menge	l d <sup>-1</sup>	1,25	< 2,7		
pH		-6,2	0,5		
COD	g d <sup>-1</sup>	15		12 000 g m <sup>-3</sup>	
Stickstoff	g N d <sup>-1</sup>	11,5	2,3	9 200 g m <sup>-3</sup>	85 - 90 %
Harnstoff-N	g N d <sup>-1</sup>	9,6	1,9	7 700 g m <sup>-3</sup>	
Gesamtphosphor	g P d <sup>-1</sup>	1,2	< 2,0	1000 g m <sup>-3</sup>	50 - 80 %
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	g P d <sup>-1</sup>	1,1			
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mol d <sup>-1</sup>	~0		<5 mol m <sup>-3</sup>	
Gesamtschwefel	g S d <sup>-1</sup>	1,3	< 1,5	1 000 g m <sup>-3</sup>	~ 100%
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	g S d <sup>-1</sup>	1,2			
Ca <sup>2+</sup>	mg Ca d <sup>-1</sup>	210	70	170 g m <sup>-3</sup>	20-30 %
Mg <sup>2+</sup>	mg Mg d <sup>-1</sup>	120	35	100 g m <sup>-3</sup>	25-50 %
Na <sup>+</sup>	g Na d <sup>-1</sup>	5,2	2,2	4 200 g m <sup>-3</sup>	>95 %
K <sup>+</sup>	g K d <sup>-1</sup>	2,7	<3,9	2 200 g m <sup>-3</sup>	80-90 %
Cl <sup>-</sup>	g Cl d <sup>-1</sup>	4,8	<9,6	3 800 g m <sup>-3</sup>	~ 100%

Mit einer Teilstrombehandlung der ANS ließen sich so erhebliche Mengen an Nährstoffen aufbereiten und landwirtschaftlich wieder verwerten. Bei einer vollständigen Teilbehandlung der Nährstoffe des ANS würden die Investitionen zur Nitrifikation und Denitrifikation in kommunalen Kläranlagen wegfallen, u.U. würde der biologische Abbau in den Kläranlagen nun durch Nährstoffe limitiert (vgl. Tab. 9). Der Abbau könnte mit geringem Sauerstoffeintrag und geringerem Energieeinsatz erfolgen. In der Konsequenz könnte dies zu Abwasserbehandlungsverfahren führen, die nur 1/3 der Behandlungsvolumina hätten und bei vorhandener Faulung in etwa energieautark sein könnten.

Die größten Vorteile dieses Konzeptes liegen darin, dass es sich Schritt für Schritt auch bei Schwemmkanalisationen einführen lässt. Als Nachteile bzw. Schwierigkeiten des Konzeptes geben LARSEN & GUJER 1996 an, dass

- Urin instabil ist und durch das „ubiquitär“ (überall) vorhandene Enzym Urease (zum Abbau des Harnstoffs) in Ammoniak und Kohlendioxid hydrolysiert wird; die Verluste an Ammonium durch Zwischenlagerung

Parameter	Einheit	Schmutzwasser	Schmutzwasser ohne Urin	Urin mit klarem Wasser
Menge	m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup>	0,35	0,345	0,005
TSS	g d <sup>-1</sup>	200	200	?
COD	g d <sup>-1</sup>	320	280	3000
TKN	g N d <sup>-1</sup>	32	4	2000
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	g N d <sup>-1</sup>	24		1700
Gesamt-P	g P d <sup>-1</sup>	4	1,7	160
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mol m <sup>-3</sup>	6,7	5	125

und im Kanal wären ein Problem. Die Urease müsste daher reversibel gehemmt werden.

- längere Regenereignisse oder Schneeschmelze die getrennte Sammlung über den Kanal verhindern könnten; der Überlauf lokaler ANS-Speicher würde zu einer stärkeren Nährstoffbelastung im Abfluss der Kläranlage führen.
- der entsprechend nachträgliche Umbau von Toiletten bzw. Badezimmern auf große Akzeptanzprobleme stoßen könnte. (Zu Beginn kommen daher auch hier am ehesten öffentliche Gebäude sowie Neubauten in Frage.)

Das System ist bei sehr flachen Kanalnetzen dann nicht anwendbar, wenn der Transport zu lange dauert und sich der Urin mit stehendem Abwasser vermischt. Bei der Ausbringung des Urins müssen dringend weitere Erfahrungen gesammelt werden. Unter anderem hat das Ökozentrum Schattweid, Schweiz (Adresse siehe Adressenverzeichnis) eine Untersuchung zur Verwendung von ANS im

**Tab. 55:**

Zusammensetzung des Abwassers mit und ohne Urin unter der Annahme, dass das gesamte Abwasser anthropogener Herkunft (0,25 m<sup>3</sup> pro Person und Tag aus Haushalten und 0,1 m<sup>3</sup> pro Person und Tag aus diffusen Quellen) und der gesamte Urin einmal am Tag während 30 min. abgetrennt werden kann (LARSEN & GUJER 1996)

**Tab. 56:**

Änderung der Abwasserzusammensetzung bei der Teilstrombehandlung des Urins unter idealen Bedingungen (LARSEN & GUJER 1996)

Abwasserqualität	CSB/N <sub>ges</sub> /P <sub>ges</sub>
Schmutzwasser	100/10/1,25
Schmutzwasser ohne Urin	100/1,4/0,6
Urin	100/67/5,3

Gartenbau begonnen. Grundsätzlich ist verdünnter Urin als Dünger verwendbar.

### 8.3.3 Vakuumsammlung und anaerobe Behandlung von menschlichen Fäkalien, Urin und organischem Hausmüll zu Biogas

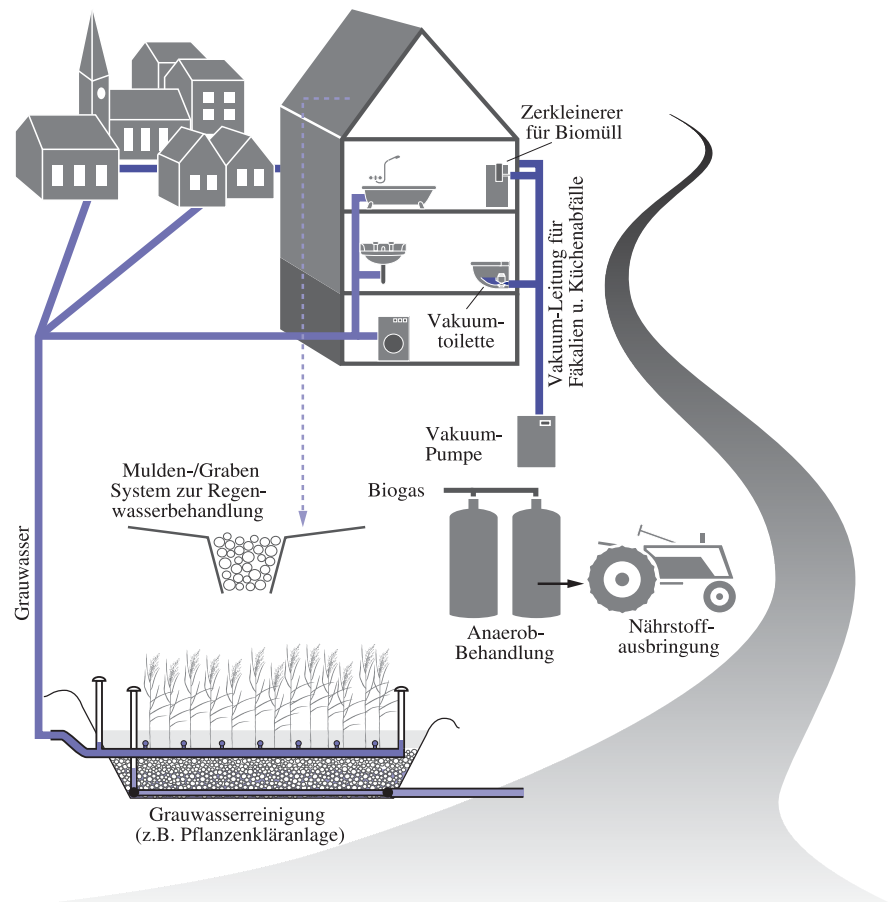
Die Vakuumsammlung und anaerobe Behandlung von menschlichen Fäkalien, Urin und organischem Hausmüll zu Biogas („kombinierte Vakuumentwässerung“ = „Kombivak“, Kap. 8.7) wird derzeit in einigen Pilotprojekten (Freiburg, Lübeck) umgesetzt. In Freiburg liegen erste Erfahrungen aus dem Betrieb einer Versuchsanlage vor (LANGE 1997). Das Vorhaben wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Das Konzept basiert auf einer gesonderten Abführung von Fäkalien und Urin mit Vakuuntoiletten (VC). Diese ermöglichen, durch ihr geringes Spülvolumen von ca. 1 Liter pro Spülung, eine getrennte anaerobe Verarbeitung der Fäkalien, zusammen mit den organischen Haushaltsabfällen zu flssigem Voldünger (Energiegewinn statt Verlust und Ersatz der energieaufwendigen Handelsdüngerproduktion).

#### Ökologische Sanitärkonzepte im Internet

<http://www.vauban.de> (Homepage über den Modellstadtteil Vauban in Freiburg)

#### Abb. 94:

Prinzipskizze eines neuen Sanitärkonzeptes mit Vakuuntoiletten, Grauwasserreinigung und semizentraler Biogasanlage



Der semizentrale Anaerobreaktor wird durch Vakuumleitungen beschickt, die gleichzeitig den Unterdruck für die Toilettenspülung liefern. Die Anlage ist abflusslos. Ihr Inhalt wird nach Abschluss des Gärprozesses in saisonale

Speicherbecken zum Landwirt transportiert. Das übrige anfallende Abwasser (Grauwasser) ist relativ leicht zu reinigen, da keine Nährstoffelimination nötig ist. Im Lübecker Pilotvorhaben sind dezentrale Pflanzenkläranlagen vorgesehen, die im günstigsten Falle ohne jede Hilfsenergie auskommen. Bei geringerem Platzangebot, wie bei dem Projekt in Freiburg, kann auf konventionelle technische Lösungen (unterirdische, belüftete Sandfilter, Scheibentauchkörper, Tropfkörper etc.) zurückgegriffen werden. Regenwasser kann in vielen Fällen vor Ort z.B. durch Mulden und Rigolen versickert werden. Die Rigolen bilden gleichzeitig die Vorflut für den Anteil des gereinigten und nicht wieder verwendeten Grauwassers (Doppelnutzung). Auf ein teures, zentrales Kanalnetz kann somit verzichtet werden.

Die Grundvoraussetzung zur Kombination von Vakuumtoiletten, Vakuumtransport und Vergärung, die als Idee in ihren Grundzügen 1993 erstmals veröffentlicht wurde (OTTERPOHL & NAUMANN 1993), ist die gesonderte Behandlung von Fäkalien und Urin zusammen mit organischen Haushaltsabfällen.

Erfahrungen mit Vakuumtoiletten im Siedlungsbereich liegen z.B. aus einer fünfjährigen Erprobungsphase eines Pilotprojektes in Hamburg-Norderstedt der Fa. Triton-Belko vor (HEPCKE 1996). Die Vakuumanlage befindet sich dort, kombiniert mit einer biologischen, belüfteten Abwasseraufbereitungsanlage, im Keller eines Wohnblocks mit 12 Wohnungen und 31 Einwohnern. Die Dokumentation der 5-jährigen Erprobungsphase enthält Aussagen zu Geräuschemissionen, Benutzerverhalten, Störfällen sowie zum Wasser- und Energieverbrauch. Nach einigen anfänglichen Schwierigkeiten sind die Erfahrungen durchweg positiv. Im Bereich der Vakuumtoiletten traten nur „zwei echte“ Störungen auf. Sie bezogen sich auf defekte Ventile und Kalkablagerungen an den Spülringen. Der spezifische Wasserverbrauch der Toiletten betrug im Mittel ca. 1 Liter pro Spülung und 5 l pro Einwohner und Tag. Der Stromverbrauch lag mit ca. 8 kWh pro Einwohner und Jahr noch recht hoch. Obwohl das Gesamtkonzept neu ist, sind sämtliche Komponenten dieses Sanitärkonzeptes in anderen Zusammenhängen seit langer Zeit bekannt und zum Teil im praktischen Einsatz (vgl. z.B. BRAND 1994).

Die Idee der Vakuumentwässerung von Abwasser ist über 100 Jahre alt. Der Holländer LIERNUR (1873) hatte schon im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts ein Vakuumsystem entwickelt, das unter anderem von den Mitgliedern des „Internationalen Vereins für Reinhaltung der Flüsse, des Bodens und der Luft“ als Alternative zur Schwemmkanalisation gehandelt wurde (vgl. Kap. 1). Es kam jedoch nur einige Jahrzehnte, vor allem in einigen Städten Hollands, zum Einsatz. Erst in den 50er Jahren wurde das Vakuumsystem von Joel Liljendahl in Schweden wieder eingeführt. Heute werden in vielen Gemeinden u.a. Schwedens, Deutschlands und den Niederlanden die Abwässer von ganzen Ortschaften durch Vakuumleitungen entwässert. Der Nachteil gegenüber den anderen Ableitungssystemen liegt in den relativ hohen Kosten einer zentralen Vakuumstation, die sich durch niedrige Leitungskosten rechnen können. Trotzdem sind in den Niederlanden (meist aus Gründen zu geringen Gefälles) immerhin 10 % der Einwohner an ein Vakuumsystem angeschlossen.

Vakuumentwässerung, eine über 100 Jahre alte Erfindung



**Abb. 95:**

a) Wandhängende Vakuumtoilette aus Sanitärporzellan mit Sprühdüsen

b) Eingebautes Vakuumventil mit Steuerknopf und Wasserventil (Fotos: Fa. Roediger)



Nachteil bei der Ableitung von häuslichem Mischabwasser durch Vakuumleitungen ist vor allem der erhebliche Energieaufwand.

Heute werden Vakuumtoiletten vor allem auf Schiffen, in Flugzeugen (z.B. Airbus A 320, mit 0,2 l Spülvolumen) und in Zügen (z.B. im ICE) eingesetzt. Bei jeder Spülung werden ca. 60 - 70 Liter Luft und weniger als 1 Liter Wasser in das Rohrleitungssystem, in dem ein Unterdruck von 0,4 - 0,6 bar herrscht, eingesaugt. Diese Luft drückt den Flüssigkeitspfropfen durch die Rohrleitung in Richtung Sammelbehälter. Die Anlagen verfügen meist über einen Vorlagebehälter, der Vakuum für einige Spülungen vorhält, bevor die Pumpe wieder arbeiten muss. Die abgesaugte Luft gelangt in die Atmosphäre und sollte bei größeren Anlagen über einen Kompostfilter von Gerüchen befreit werden.

Die Wirtschaftlichkeit einer Vakuumanlage mit Vakuumtoiletten hängt sehr stark von der Benutzungshäufigkeit, der einstellbaren Spülmenge sowie den Wasser-/Abwassergebühren ab. Der Strombedarf für das Vakuum liegt bei etwa 2-8 kWh pro Einwohner und Jah. Das Entwicklungspotential dieser Technologie steckt hier im Detail, und die Entwicklung für den Siedlungsbereich steht



Ein spezielles Einsatzgebiet für Vakuumtoiletten sind die radiologischen Abteilungen der Krankenhäuser. Um die Emission radioaktiver Stoffe zu reduzieren, kommt es hier darauf an, möglichst wenig Abwasser anfallen zu lassen und dieses möglichst lange „abklingen“ zu lassen; solche Anlagen heißen daher auch Abklinganlagen.

In Wohnhäusern sind Vakuumtoiletten bisher eine Rarität und nur in ganz wenigen Pilotprojekten eingesetzt (vgl. oben, HEPCKE 1996).

Die Vakuumleitungen haben wesentlich kleinere Querschnitte (DN 50) als die herkömmlichen Freispiegelkanäle. Sie können z.B. mit dem Nahwärmenetz eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) oder anderen Leitungen zusammen

verlegt werden, da sie kein Gefälle benötigen. Das Biogas kann in einem BHKW in Strom und Wärme umgewandelt werden, wobei auch die Wärme für die Beheizung der Biogasanlage erzeugt wird oder aber auch zu Kochgaszwecken verwendet werden. Bioabfälle können über Biotonnen oder abbaubare Tüten gesammelt oder über Zerkleinerer in das Vakuumsystem eingebracht werden. Anaerobreaktoren oder Biogasanlagen (bei Nutzung des Gases) sind in großer Zahl bei der Industrieabwasser- und Güllebehandlung im Einsatz. In gemäßigten Klimazonen müssen die Reaktoren beheizt werden, um kurze Behandlungszeiten und damit für dichter bebaute Gebiete vertretbare Behältergrößen zu erreichen. Durch die gesonderte Behandlung des Schwarzwassers (Toilettenabwasser) zusammen mit organischen Haushaltsabfällen findet keine Vermischung mit dem übrigen Abwasser statt. Das dabei entstehende Produkt ist ein in der Landwirtschaft verwendbarer Flüssig-Volldünger.

- (1) Nährstoffrückführung: Phosphor, Stickstoff, Kalium, Schwefel etc. können zu einem großen Teil in die Landwirtschaft zurückgeführt werden.
- (2) Die Wasserersparnis beträgt bis zu 30%.
- (3) Energiegewinn: Der Energieverbrauch für die aerobe Behandlung des Abwassers wird stark verringert, der für die Nitrifikation (größter Anteil) entfällt. Gleichzeitig kann der erhebliche Energieaufwand zur Herstellung von Handelsdünger eingespart werden. Bei der Anaerobbehandlung wird statt dessen nutzbare Energie frei.
- (4) Verwertung von etwa 30 Gewichtsprozent des Hausmülls (heutige Zusammensetzung) im Kreislauf.
- (5) Kostengünstige Grauwasserreinigung: Das fäkalienfreie Abwasser (Grauwasser) hat keinen Nährstoffüberschuss (Stickstoff und Phosphor) und ist damit einfach und mit geringem Energieaufwand zu reinigen.
- (6) Materialeinsparung: Bei der meist auch in städtischen Gebieten möglichen Versickerung von Regenwasser kann auf eine zentrale Kanalisation verzichtet werden. Für die Hausinstallation, die Grundstücksentwässerung sowie die Anlagentechnik wird dann weniger Material benötigt.
- (7) Verbesserung der Humusschicht landwirtschaftlicher Flächen durch Rückführung organischer Stoffe. Durch C-Anreicherung im Oberboden wird der Globalerwärmung entgegengewirkt (ARRHENIUS 1992).
- (8) Vermeidung von Mischwasserentlastungen (Rohabwasser in Gewässer)
- (9) Weitestgehender Gewässerschutz ohne extreme Kosten. Das Baden in den Fließgewässern wäre wieder leichter möglich (lokale Lebensqualität), da die Belastung mit pathogenen oder fäkalen Bakterien weitgehend oder ganz vermieden wird.

Die Kosten des skizzierten Konzeptes liegen ganzheitlich betrachtet in der gleichen Größenordnung wie die des konventionellen Systems. Im Einzelfall hängen sie ganz wesentlich von den Randbedingungen (Platzangebot, Anschlussgröße, konzeptionellen Entscheidungen) ab. Hier ist vieles erst in der Entwicklung, eine Standardisierung ist allenfalls bei der Vakuumtechnologie abzusehen und man wird die Ergebnisse der ersten Pilotanlagen abwarten müssen.

## Biogasanlagen

### Vorteile des „Kombi-Vak-Konzeptes“

**Abb. 96**

Vakuumventil



(Foto: Fa. Roediger)

**Tab. 57:**

Abschätzung der Emissionen, Primärenergieverbrauch (Annahme u.a.: Biogasverwendung in einem Blockheizkraftwerk, BHKW) und Materialintensität (nach RECKERZÜGL 1997) des neuen Sanitärkonzeptes (<sup>1</sup> bei Transportwegen bis 15 km, <sup>2</sup> bei der Nutzung des Biogases in einem BHKW)

**Energiebilanz**

	WC & Schwemmkanal	Kombi-Vak
Emissionen	kg/(E*a)	kg/(E*a)
CSB	3,6	0,8
BSB <sub>5</sub>	0,4	0,1
Nges.	0,73-3,6	0,2
Pges.	0,07	0,01
K <sup>1</sup>	>1,7	(<0,4)
Energie	kWh/(E*a)	kWh/(E*a)
Trinkwasserversorgung	-25	-20
Abwasserreinigung	-85(-20 <sup>1</sup> )	
Vakuumsystem		-25
Grauwasserreinigung		-2
Schlammtransport		-20 <sup>1</sup>
Biogasgewinn		110 <sup>2</sup>
Düngersubstitution		50
Gesamt	-110 (-50)	93
Materialintensität	t(E*a)	t(E*a)
	3,6	1,3

**Düngerqualität**

Das oben vorgestellte Konzept basiert auf der Idee einer Zusammenarbeit mit Landwirten aus der Region, die den erzeugten Dünger langfristig verwenden. Die Umsetzung des Konzeptes ist nur dann sinnvoll, wenn ein oder mehrere zuverlässige Abnehmer gefunden werden. Im Gegenzug können die Produkte des entsprechenden Betriebes im Siedlungsgebiet angeboten werden. Da im Sinne der Dauerhaftigkeit ökologisch wirtschaftende Betriebe auf natürliche Kreisläufe setzen, ist das Schließen des Nahrungskreislaufes eine konsequente Fortführung der Grundideen. Die neuen Möglichkeiten müssen allerdings mit den Anbauverbänden diskutiert werden und dann Eingang in die jeweiligen Richtlinien finden. So ist z.B. vergärtes Mischsubstrat aus Fäkalien, Urin und Bioabfällen bislang noch nicht als Sekundärrohstoffdünger anerkannt.

Bei biologisch-dynamischen Landwirten wird die zu schnelle Wiederverwendung von menschlichen Ausscheidungen abgelehnt. Nach EU-Recht ist die Verwendung des Düngers bei Biobauern zur Zeit untersagt. Die ersten Untersuchungen des Flüssigdüngers aus einer Pilotanlage bestätigen die Erwartungen hinsichtlich Nährstoff-, Schwermetall- und Schadstoffgehalt (LANGE 1997).

Für den Vergleich verschiedener Sanitärsysteme spielt auch der Energieverbrauch eine große Rolle.

Ein erster Versuch eines ökologischen Vergleichs zwischen dem „KombiVak-Konzept“ mit dem konventionellen Ansatz „WC, Schwemmkanal und Kläranlage“ der Industrieländer gibt Tab. 57 wieder.

Die Gegenüberstellung zeigt, dass von dem vorgeschlagenen Konzept eine verbesserte Energiebilanz erwartet werden kann. Durch die Gewinnung von Biogas, anstelle des energieaufwendigen aeroben Abbaus der organischen Stoffe

### Biogas - Nutzungspotential und Düngerproduktion

Die Biogastechnologie feiert derzeit ihr 100-jähriges Bestehen. Erstmals wurde in Exeter (England) Biogas aus einer Abwasserschlammfaulanlage gewonnen.

In Biogasanlagen wird Biomasse bei hohem Wassergehalt unter Luftabschluss und bei einer Verweildauer von wenigen Tagen bis Monaten zu Methan und Kohlendioxid vergoren. Mikrobiologisch lässt sich die Vergärung in 4 Stufen unterteilen. Die Bakterien der **Stufe 1** spalten zunächst die leicht aufschließbaren Anteile der Biomasse durch ausgeschiedene Enzyme in die leichtlöslichen Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette. Bakterien der **Stufe 1 und 2** vergären diese zunächst zu „vorläufigen Endprodukten“ wie Alkoholen oder kurzkettigen Carbonsäuren. Die Mikroorganismen der **Stufe 1 und 2** sind im tierischen Kot in hohen Keimzahlen vorhanden. Bei der Umwandlung der vorläufigen Endprodukte durch Bakterien der **Stufe 3** entstehen Essigsäure, Wasserstoff, Ameisensäure und Bicarbonat. Diese werden durch die „Methanbakterien“ (**Stufe 4**) schließlich in Methangas (CH<sub>4</sub>) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) umgewandelt. Je nach Substrat variiert die Zusammensetzung des entstehenden Biogases. Die durchschnittliche Zusammensetzung von Biogas bei mesophiler Vergärung liegt in einem Bereich von

CH<sub>4</sub>: 50 - 80 %

CO<sub>2</sub>: 20 - 50 %

H<sub>2</sub>S: 0,01 - 0,4 %

in Spuren NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO

Aus thermodynamischen Gründen können die Bakterien unter Sauerstoffausschluss nur sehr wenig Energie gewinnen, sie sind daher auf einen großen Umsatz angewiesen. Die Vergärung kann zwischen 15 - 65°C vorgenommen werden. Mit zunehmender Temperatur nimmt die erforderliche Verweildauer ab und die Gasproduktion zu. Als wirtschaftliche Optima gelten Temperaturen um 37°C (=mesophil) oder um 55°C (=thermophil). Temperaturschwankungen von mehr als 5°C in 48 Stunden sollten vermieden werden. In tropischen Ländern hat die Umgebung eine Temperatur über 30°C, wodurch sich hier relativ einfach Biogasanlagen bauen lassen.

Die anaerobe Behandlung von 50 % des in der BRD anfallenden organischen Haushaltsmüll birgt ein **Potential** von ca. 200 Mio. m<sup>3</sup> Biogas, das entspricht etwa 100 Mio l Öl. Bei der Mitbehandlung von Fäkalien erhöht sich dieser Wert erheblich. Die Nutzung bzw. Verbrennung des Gases führt im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen zu keiner zusätzlichen Kohlendioxid-Emission in die Atmosphäre (KÖTTNER 1995, vgl. Abb. 19).

#### Energiebilanz beim Abbau von Biomasse am Beispiel Glucose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)

Vollständig aerober Abbau von Glucose (Veratmung)		^G°		ATP <sup>1</sup>
		kcal/Mol (kJ/Mol)		
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> + 6 O <sub>2</sub>	-> 6 CO <sub>2</sub> + 6 H <sub>2</sub> O	-686	(-3880)	24-48
technisch nutzbar		—0		
Anaerober Abbau von Glucose (Biogasgewinnung)				
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> + 2 H <sub>2</sub> O	-> 2 CO <sub>2</sub> + 2CH <sub>3</sub> COOH + 4H <sub>2</sub>	-49,3	(-207)	
2 CH <sub>3</sub> COOH	-> 2 CO <sub>2</sub> + 2 CH <sub>4</sub>	-14,8	(-62,2)	
(Essigsäure)				
CO <sub>2</sub> + 4 H <sub>2</sub>	-> CH <sub>4</sub>	-32,4	(-136)	
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> + 2 H <sub>2</sub> O	-> 3 CO <sub>2</sub> + 3 CH <sub>4</sub> + 2 H <sub>2</sub> O	-96,5	(-405)	2-4
technisch nutzbar				
3 CH <sub>4</sub> + 6 O <sub>2</sub>	-> 3 CO <sub>2</sub> + 6 H <sub>2</sub> O	-589	(-2475)	

#### Literaturtipps!

WELLINGER, A. ET AL. (1991): Biogas-Handbuch - Grundlagen-Planung-Betrieb landwirtschaftlicher Anlagen, Wirz Verl., Aarau, 178 S.

SCHULZ, HEINZ (1996): Biogas-Praxis - Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele.- Ökobuch, Staufen bei Freiburg, 187

vgl. auch MACH & BLICKWEDEL 1983, MAURER & WINKLER 1982

vgl. KROLL, RAINER; DIEKMANN, REINHARD; LINDERT, MARK: Behandlung von Bioabfall in Vergärungsanlagen - eine Marktübersicht, Entsorgungspraxis 5/95

#### Tab.58:

Die Umwandlung von Glucose zu Biogas erfordert 96,5 kcal/Mol. Das sind lediglich 14 % der bei der Veratmung freigesetzten „Verbrennungsenergie“. 86 % der „Verbrennungsenergie“ von Glucose sind im gebildeten Methan noch enthalten und können technisch genutzt werden. Dies ist auch der Grund dafür, dass bei der Vergärung nur sehr wenig Wärme entsteht und man den Vorgang durch Wärmezufuhr beschleunigen kann.

<sup>1</sup> = ATP (Adenosintriphosphat) ist ein Molekül, das in Zellen der Energiespeicherung dient

## Offene Fragen

### Nachrüstung (Sanierung) eines Mehrfamilienhauses mit Vakuumtoiletten in Hannover

Modellprojekt „Wohnen & Arbeiten“ sowie zu Folgeprojekten und dem Modellstadtteil Vauban in Freiburg siehe auch im Internet unter:

<http://www.vauban.de>

und der nicht erforderlichen Nitrifikation, hat das vorgeschlagene System hier Vorteile (Grundlagen hierzu siehe Tab.58).

Für die Umsetzung der ersten Pilotvorhaben wird derzeit an folgenden Details (Fragen) gearbeitet:

1. Entwicklung von kostengünstigen und energetisch optimierten Unterdruckanlagen und Vakuumleitungen für verschiedene Ausbaugrößen
2. Vorbeugende Maßnahmen gegen zugesetzte Vakuumleitungen, ggf. Entwicklung von geeigneten Reinigungsverfahren
3. Schalltechnische Verbesserungen an der Toilette
4. Alternativen zur Vakuumtoilette bezogen auf den Wasserverbrauch (z.B. Trenntoiletten, Trenn-Vakuumtoiletten)
5. Entwicklung kostengünstiger und betriebsstabiler Biogasanlagen
6. Beherrschung möglicher Stickstoffhemmungen bei der Vergärung (z.B. durch Co-Fermentation)
7. Hygienische Anforderungen an die Verfahrenstechnik
8. Beherrschung von Geruchsemissionen
9. Positiv- und Negativlisten von Sanitärreinigern, Putzmitteln etc.
10. Informationsunterlagen für zukünftige Benutzer
11. Kostenoptimierte Ausbaugrößen
12. Lagerungs- und Ausbringungsfragen in der Landwirtschaft

Im Jahr 1998 wurde in Hannover ein 1962 erbautes viergeschossiges Wohngebäude saniert und mit Vakuumtoiletten ausgestattet. Das Spülwasser für die Vakuumtoiletten stammt aus einem 18 m<sup>3</sup> großen Regenwasserspeicher. Das überschüssige Regenwasser des 690 m<sup>2</sup> großen Daches wird über Mulden versickert. Das Gebäude ist nicht an die Regenwasserkanalisation angeschlossen. Der Abgang der Vakuumtoiletten wird in einer kleinen Biogasanlage auf einem kleinen nahegelegenen Hof verarbeitet und anschließend in einem Pflanzenbeet getrocknet. Nach einigen Jahren ist vorgesehen, den Humus auf Nährstoffe, Schadstoffe und Pathogene zu untersuchen und landwirtschaftlich zu verwerten. Das Grauwasser wird über die vorhandene Kanalisation abgeleitet.

Von den geplanten Neubauprojekten stand bei Drucklegung das Projekt „Wohnen & Arbeiten“ auf dem Vaubangelände in Freiburg i.Br. kurz vor der Fertigstellung. Dort entsteht ein viergeschossiges Passivhaus mit 16 Wohn- und 3 Büroeinheiten (ca. 45 Einwohner). Ziel des u.a. von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projektes ist es, mit 20% der Primärenergie (Strombedarf, Warmwasser, Heizung bzw. Lüftung) herkömmlicher Neubauten auszukommen. Die Kombinierte Vakuumwässerung ist Bestandteil des Modellprojektes. Zur Umsetzung einer hauseigenen Biogasanlage zur Vergärung von Fäkalien und Biomüll wurden monolithische Stahlbetonbehälter (Fa. Mallbeton) verwendet (Abb. 98). Das Grauwasser wird in einem belüfteten



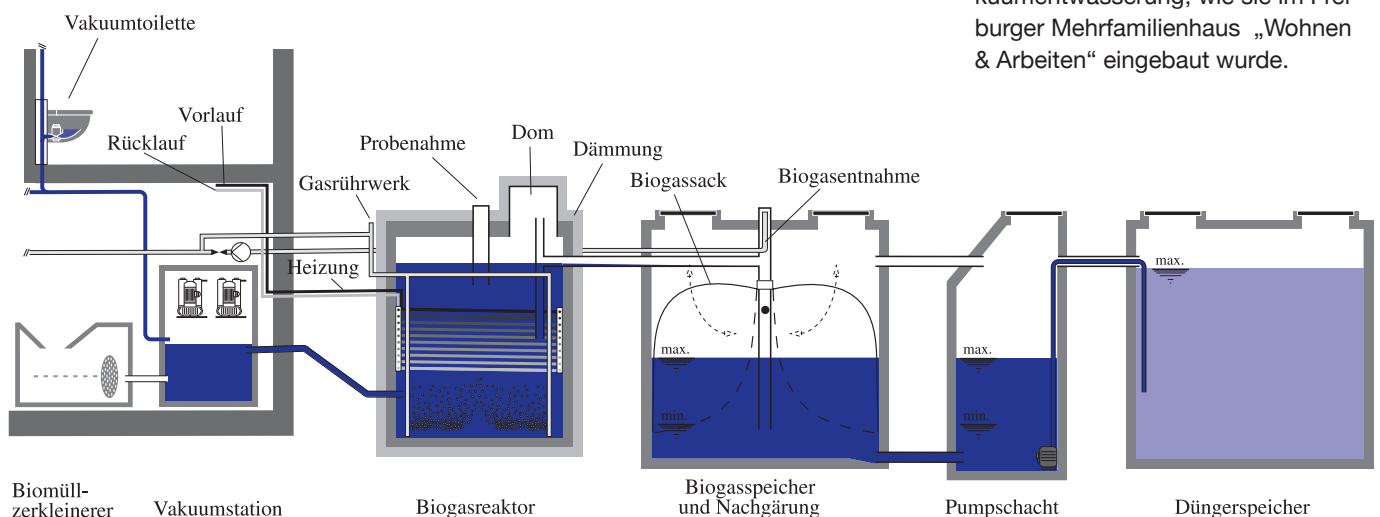
Kiesfilter (Abb. 85) gereinigt und soll für die Klospülung und die Gartenbewässerung genutzt werden.

Die Baukosten für die sanitärökologischen Einrichtungen für das Freiburger Pilotprojekt liegen etwa bei 134.000 DM für die Vakuumtechnik (Vakuumbstation, 24 Toiletten mit energie- und lärmreduzierenden Sammelbehälter), ca. 100.000 DM für die Biogasanlage sowie ca. 20.000 DM für die Grauwasseranlage (jeweils incl. MwSt. und Einbau). Damit ergeben sich Kosten von ca. 5.000 DM pro Einwohner. Diese Größenordnung entspricht in etwa den Kanalkosten pro Einwohner in größeren Städten (FENZ & ZESSNER 1999).

Bereits während der Planung und des Baus wurde das Verfahren weiterentwickelt. Die hohen Kosten sind vor allem auf den Pilotcharakter und die damit geringen Stückzahlen zurückzuführen.

Während des Baus wurde klar, dass bereits in der Vakuumtechnik noch nicht erkannte Potentiale liegen, die tiefgreifende Veränderungen der Sanitärtechnik mit sich bringen könnten. Mit kleineren Querschnitten und ohne Gefälleleitungen lässt sich in Zukunft deutlich ökonomischer planen. Dachdurchbrüche zur Entlüftung von Freispiegelleitungen werden überflüssig und stellen keine Quelle für Wärmeverluste mehr dar. Die Entwicklungsmöglichkeiten werden erst langsam sichtbar.

Auf Grundlage des Projektes „Wohnen & Arbeiten“ wurde ein detaillierter ökologischer Vergleich (Ökobilanz) unterschiedlicher Abwasserkonzepte erarbeitet. Dafür wurden die Ableitung des Abwassers und seiner Inhaltsstoffe, die Infrastrukturaufwendungen und die Auswirkungen von Veränderungen bei den Abwasserentsorgungskonzepten auf tangierte technische Systeme, wie die Trinkwasserversorgung und die Mineraldüngerproduktion, berücksichtigt. Dabei zeigen die Ergebnisse, dass beim Wasserverbrauch und bei den Emissionen der ausgewählten Abwasserinhaltsstoffe in die Oberflächengewässer das bilanzierte konventionelle Abwassersystem deutlich schlechter abschneidet als die alternativen Varianten. Die wasserbürtigen Emissionen lassen sich durch Teilstrombehandlung und Kreislaufführung deutlich vermindern. Gleichzeitig führt der bessere Rückhalt von persistenten Stoffen bei den alternativen Verfahren zu einer



## Kosten

**Abb. 97:**

Vakuumanlage für ein Mehrfamilienhaus, wie sie im Freiburger Projekt Wohnen & Arbeiten eingebaut wurde.

Fa. Roediger, Hanau



**Abb. 98:**

Prinzipische Skizze der kombinierten Vakuumentwässerung, wie sie im Freiburger Mehrfamilienhaus „Wohnen & Arbeiten“ eingebaut wurde.



Erhöhung der Frachten in das Umweltkompartiment Boden gegenüber dem konventionellen Fall (SCHNEIDMADL et al. 1999a,b,c).

### 8.3.4 Aufkonzentrierung der Nährstoffe durch Kreislaufführung des oxidierten Schwarz- oder Brauwassers

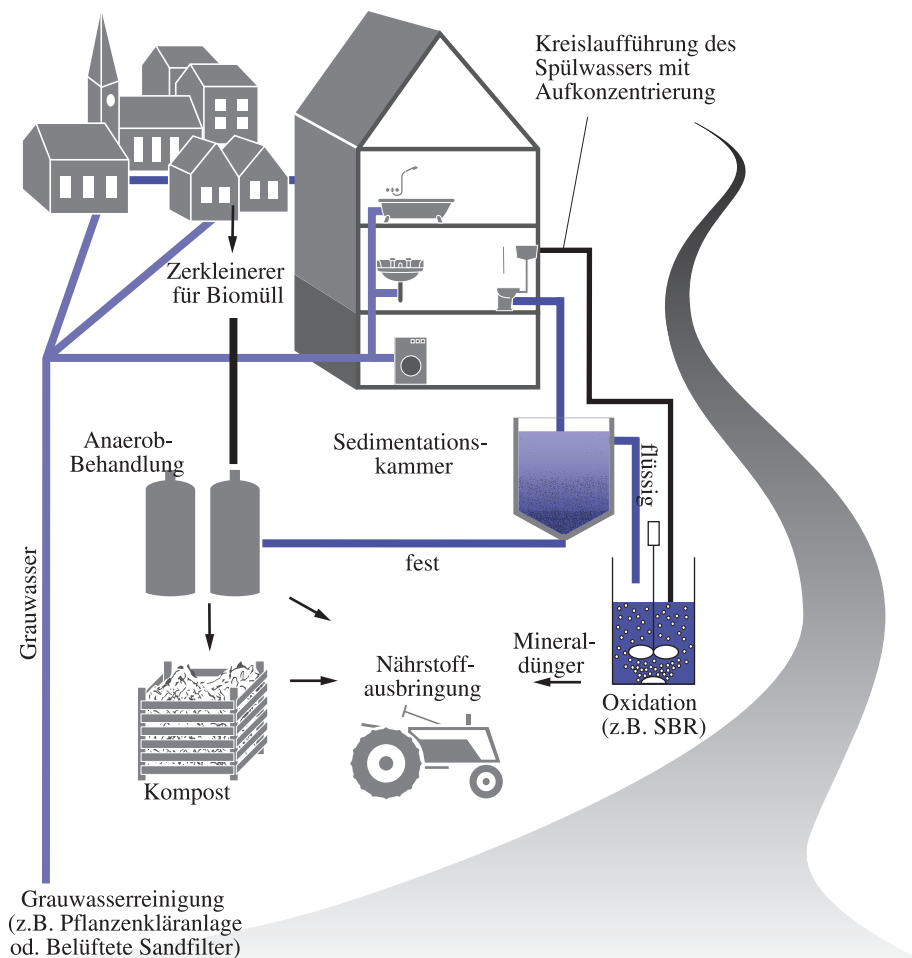
Im Unterschied zum vorher genannten "Kombi-Vak"-Verfahren wird das Schwarzwasser vor der anaeroben Behandlung in eine "feste" und eine "flüssige" Phase getrennt. Die absedimentierte Phase wird zusammen mit z.B. Küchenabfällen in einer Biogasanlage vergoren (fermentiert). Die flüssige Fraktion wird biologisch aufoxidiert, und es entsteht durch eine offene Kreislaufführung des oxidativen Schwarzwassers ein geruchsneutraler, konzentrierter flüssiger Mineraldünger.

Das Verfahren bietet neben der Einsparung von Wasser folgende Vorteile:

1. Das Verfahren ist nicht auf spezielle wassersparende Toiletten (Trenn- od. Vakuuntoiletten) angewiesen, da die fermentierbaren Schlämme (Kohlenstoff) von der wässrigen Fraktion (Nährstoffe) abgetrennt werden. Der Installationsaufwand (getrennte Schwarzwasserleitungen) bleibt vergleichsweise gering.
2. Die Nährstoffe können zum großen Teil als geruchsneutrale und weitgehend trübstofffreie Flüssigkeit auch in der Siedlung oder siedlungsnahen Flächen ausgebracht werden. Das Verfahren eignet sich daher z.B. für Hotelkomplexe mit Parks, Grünanlagen oder auch Golfplätzen.
3. Hemmung durch zu große Stickstoffbelastungen (Urin) treten bei der Fermentation nicht auf.
4. Die aufkonzentrierten Nährstoffe lassen sich leichter weiter verarbeiten.
5. Der aufoxidierte Stickstoff ( $\text{NO}_3$ ) kann zur Erhöhung der Trennschärfe der ersten Fest/Flüssig-Trennung eingesetzt werden (Entspannungsflotation).
6. Da die anfallenden Volumina durch die Sedimentationen des Schwarzwassers sich auf das Schlammvolumen und den Biomüll beschränken, sind die anaeroben Reaktorvolumina klein (ca. 50 l/E), und damit die Bau- und Betriebskosten gering.
7. Das produzierte Biogas kann in einem BHKW verbrannt werden. Je nach Reaktorgröße wird ein nennenswerter Primärenergieüberschuss produziert.

Die organisch gebundenen Nährstoffe gehen durch den anaeroben Abbau in reduzierter Form ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , etc.) in Lösung. Nach der Methanfermentation können die Feststoffe aus der Fermentationsbrühe abgetrennt und mit gängigen Verfahren durchkompostiert werden. Es ist dann möglich, die flüssige Fraktion mit der flüssigen Fraktion der Schwarzwassersedimentation zu vereinigen und aufzuoxidieren.

Das Biogas kann unmittelbar z.B. in Hotelküchen als Kochgas verwendet

**Abb. 99:**

Prinzipische Skizze zur getrennten anaeroben Behandlung der festen Phase des Schwarzwassers (ggf. mit Biomüll) und der oxidativen Aufkonzentrierung der Nährstoffe im offenen Spülkreislauf der Toiletten

werden. Wie bei den zuvor genannten Verfahren (Kap. 8.3.1-8.3.3) erfolgt die Grauwasserbehandlung getrennt. Bei sehr hohem Kohlenstoffanteil des Grauwassers kann ein Teil des nährstoffreichen aufoxidierten Schwarzwassers in den Grauwasserstrom beigemischt werden, um das optimale C/N/P Verhältnis für den Abbau der Kohlenstoffverbindungen bereitzustellen. Anfallender Überschussschlamm einer Grauwasserreinigung kann ggf. ebenfalls der anaeroben Hydrolyse und Methanfermentation zugeschlagen werden.

Die Nachteile des vorgeschlagenen Verfahrens im kompletten Ausbau sind vor allem darin zu sehen, dass der gelöste Kohlenstoff („volatile solids“) nahezu vollständig zu  $\text{CO}_2$  oxidiert wird und so nicht zu einer  $\text{CO}_2$ -Senke beiträgt und das Verfahren für kleinere Anschlussgrößen zu aufwendig ist.

Auf die Verfahrenskonzepte der Fa. T&U Recycling GmbH bestehen Patentanmeldungen. Zur Zeit ist geplant, in Europa eine Pilotanlage zu realisieren.

Weitere Varianten des Konzeptes unter Einsatz von Vakuumtoiletten oder NoMix-Toiletten sind denkbar. Je nach benötigter Spülmenge kann mit solchen wassersparenden Varianten auf eine Kreislaufführung bzw. Aufkonzentrierung

des Braun- bzw. Gelbwassers (vgl. S. 207) verzichtet werden.

### 8.3.5 Nutzung der Ressource Abwasser in Aquakulturen

Unter dem Begriff Aquakultur versteht man die Produktion von Nahrungs- oder Futtermittel in aquatischen Systemen. Die Idee dazu stammt aus dem ostasiatischen Raum und ist Jahrtausende alt. Noch heute werden z.B. in Indien rund 30 % des Abwassers (1,1 Mio m<sup>3</sup> / Tag) in „Abwasserfarmen“ auf einer Fläche von ca. 12 000 ha in erster Linie zur Hälterung von Karpfen und Tilapia genutzt. Während in den obengenannten Pflanzenkläranlagen das Abwasser vorwiegend durch Adsorption und die Aktivität der Mikroorganismen gereinigt wird, tragen in den Aquakulturteichen auch höhere Organismen wie Fische, Muscheln oder Krebse zur Reinigung bei. Man versucht, die Vorgänge, die man in natürlichen, stehenden Gewässern kennt, möglichst effizient im Sinne einer Nahrungsmittelproduktion zu steuern. Die Endprodukte einer jeden trophischen Stufe sind Ausgangsmaterial für die nächste. Die Schwierigkeit besteht darin, die einzelnen Stufen räumlich und zeitlich so anzuordnen, dass die Nährstoffe möglichst vollständig in nutzbare Biomasse überführt werden. In Europa gibt es erst sehr wenige Anlagen, die sich stark an Entwicklungen in den USA orientieren und somit nur wenig mit Anlagen aus dem asiatischen Raum zu tun haben. Aufgrund des gemäßigten Klimas müssen sie in einem Treibhaus untergebracht werden und erfordern oft modernste Einrichtungen (z.B. die Steuerung). Die erwarteten Vorteile solcher Anlagen gegenüber herkömmlichen Kläranlagen liegen darin:

- dass statt Klärschlamm proteinreiche Nahrung entsteht
- und dass auch ohne Zugabe von Chemikalien mineralisierte Bestandteile (durch pflanzliche, d.h. autotrophe Aktivität) aus dem Abwasser entfernt werden.

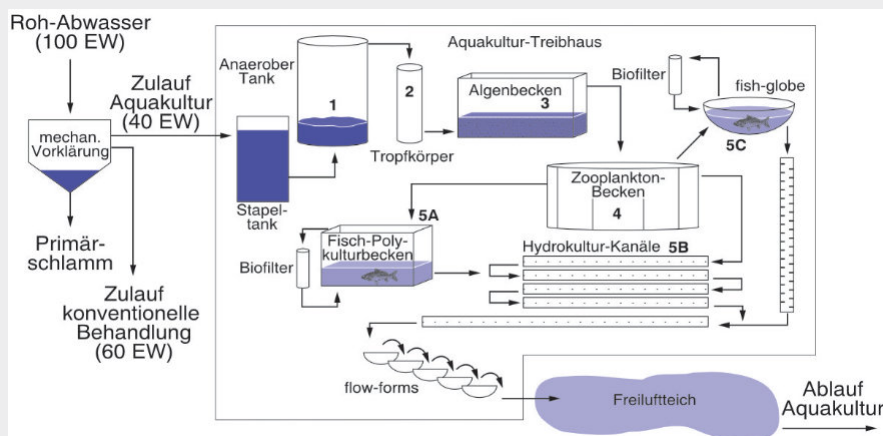
Dies erfordert wesentlich höhere Verweilzeiten des Abwassers in der Anlage und somit einen sehr viel höheren Flächenbedarf gegenüber konventionellen Abwasserreinigungsanlagen (oder auch Pflanzenkläranlagen). Derzeit sind solche Anlagen noch am weitesten davon entfernt, in größerem Umfang eingesetzt zu werden. Dies liegt zum einen am mangelnden Kenntnisstand, zum anderen aber vielleicht auch daran, dass die Frage der Akkumulation von Schadstoffen aus Abwasser in solchen Anlagen von besonderer Brisanz sein

wird, da ja die Endprodukte des Anreicherungsprozesses frisch auf den Tisch sollen.

### Aquakulturanlage 'Stensunds Vattenbruk'

Für die Abwässer der Volkshochschule Stensund ging 1989 in Trosa, Schweden, eine Aquakultur-Versuchsanlage für etwa 100 EW nach erfolgreichen Vorversuchen in Betrieb.

Die Anlage ist in einem Treibhaus untergebracht, und es lassen sich 6 Reinigungsstufen unterscheiden (vgl. Abb. 66). In der ersten Stufe werden in anaerobem Milieu vor allem Metalle ausgefällt, indem sie mit den Stoffwechselprodukten schwefelatmender Bakterien schwerlösliche Verbindungen eingehen. Die zweite Stufe dient der Oxidation von Sulfiden und Ammonium, außerdem werden auch organische Stoffe abgebaut und mineralisiert.



**Abb. 100:**

Schematische Darstellung der Aquakulturanlage „Stensunds Vattenbruk“; Zahlen 1-5 sind im Text erläutert = Stufe 1-5 (nach STAUDENMANN 1994)

In der dritten Stufe nehmen Algen und autotrophe Bakterien die gelösten Nährstoffe auf und dienen anschließend im nächsten Becken (Stufe 4) dem Zooplankton, das hier kultiviert wird, als Nahrung. In diesem Becken wachsen außerdem verschiedene Wasserpflanzen, um eine geeignete Umgebung für das Zooplankton zu erreichen. Sie sorgen für Beschattung (begrenzen damit die photoautotrophe Produktion der Algen) und nehmen einen Teil der Mineralstoffe aus dem Abwasser auf. In der 5. Stufe leben nach chinesischem Vorbild Fische, Muscheln und Krebse und ernähren sich vom Zooplankton und den partikulären Inhaltsstoffen des Abwassers. In der letzten Stufe fließt das Wasser durch eine Hydrokultur mit verschiedenen terrestrischen Pflanzen wie Tomatenstauden, Wasserkresse oder Birken. Die Anlage erfüllt bisher die Einleitbedingungen, doch liegt die Elimination von Stickstoff und Phosphor mit rund 60 % unter den Erwartungen. Die Reduktion des BSB (98 %), CSB (96 %) sowie der koliformen Keime (>99,95 %) scheint dagegen hoch effizient zu sein (STAUDENMANN 1994). Ein Problem stellt der hohe Energiebedarf für die großen Lampen dar, die das Wachstum der Pflanzen besonders im Winter in Gang halten. Die spezifischen Kosten derartiger Anlagen sind sehr hoch, können aber bei

Mehrfachnutzung des Gewächshauses vertretbar sein. Ein besonderer Wert liegt in der Vermittlung einer Vision für die große Zahl der Besucher.

#### 8.4 Zukünftige Entwässerungsstrategien und ihre Bedeutung für Wohnen und Umwelt

Der Umgang mit Abfall und Wasser ist ein eindrückliches Beispiel für die Umgestaltung der Städte. Das Wasser kommt aus dem Hahn und muss nicht mehr von einem Brunnen, an dem man sich begegnet, geholt werden. Die Ver- und Entsorgung haben heute städtische Ämter übernommen, sie liegt nicht mehr in der Verantwortung des Einzelnen oder der Brunnennachbarschaft, die oft auch eine soziale Integration geleistet hat. Geschlossene Wasserklosetts und Kanäle ersetzen die früher für alle einsehbaren Latrinen. Das Badezimmer ist Teil der Wohnungen - des Privaten - geworden. Die gemeinschaftlichen Abtritte und die für jeden sichtbare Abfuhr der Fäkalien zu den Gärten und Feldern vor der Stadt werden von dem kanalisiertem Ablauf abgelöst. Wasser und Abwasser fließen heute unsichtbar in Leitungen und Kanälen. Das Wasser ist nur ein Beispiel dafür, dass wesentliche Grundlagen des Lebens der allgemeinen Aufmerksamkeit entzogen sind. Mit dem Maß des Ver- und Entsorgtseins nimmt die Fähigkeit, sich selber zu versorgen, ab. Damit einhergehende ökologische Probleme und soziale Vereinsamung werden primär durch spezialisierte Architekten gestalterisch zu lösen versucht. Die multidisziplinäre Arbeitsgruppe, die die Bewohner berät und gemeinsame, verantwortungsvolle Lösungen sucht, fehlt.

Der moderne Haushalt zeichnet sich durch zahllose Geräte der Bequemlichkeit aus. Luxus und Komfort lassen die Stoff-, Energie- und Abfallströme stetig wachsen. Die potentielle Machbarkeit suggeriert die technische Lösbarkeit aller damit einhergehenden Probleme. Die Folge sind Müllverbrennungsanlagen statt Abfallvermeidungsstrategien, Katalysatoren anstelle angepasster Mobilitätssysteme, zentrale Kläranlagen statt Teilstrombehandlung. Ein eigenes Zimmer, in jeder Wohnung ein Bad, oft noch zusätzlich eine Dusche, getrennt davon ein Klo und nicht selten eine Gästetoilette besitzen viele erst seit einigen Jahren oder wenigen Jahrzehnten. Gegen einen massiven ökologischen Wandel steht die weitverbreitete Angst vor Experimenten. Nur nichts verändern, nichts von den erlangten Bequemlichkeiten aufgeben müssen. Was kann man dieser Angst entgegenhalten, wie kann man sie ausräumen?

Eine heute schon nachweisbar umsetzbare Perspektive der Technik ist, dass man mit regenerierbaren Rohstoffen und sparsameren Geräten den weitaus größten Teil der erlangten „**Bequemlichkeitsstandards**“ aufrecht erhalten kann. Mit Blockheizkraftwerken, Wärmerückgewinnungsanlagen, intelligenteren Mobilitätsangeboten, leichteren Verkehrsmitteln, effizienteren Antrieben, Biogasanlagen und Komposttoiletten oder Vakuumtoiletten lässt sich auch wirtschaften und Geld verdienen. Die kommunale Stadtplanung nimmt dabei eine bedeutende Funktion bei der Gestaltung „alternativer Bequemlichkeiten“ ein. Der Stand der Technik müsste durch einen „ökologischen“ Stand der Technik definiert bzw. ersetzt werden.

Das ökologische Bauen und Wohnen besitzt viele geistige Wurzeln, die meisten

davon stammen aus den USA. Die Energiekrise verhalf solchen Initiativen auch in Deutschland zu größerer Aufmerksamkeit und es entstanden auch hier einige zukunftsweisende Initiativen und Projekte. Im Vordergrund stand zunächst die Energieversorgung. Am Ende der 70er entwickelten sich auch in Deutschland umfassendere Ansätze ökologischen Bauens. So z.B. im „Block 108“ in Berlin-Kreuzberg, mit dessen Planung die Gruppe „Oekotop“ im Auftrag des Umweltbundesamtes und der Bauausstellung Berlin einen wegweisenden Grundstein für eine ökologische Stadterneuerung legte. In der Folge erschien 1982 das vom Umweltbundesamt herausgegebene Buch „Ökologisches Bauen“ (KRUSCHE et al. 1982).

Dieses Buch ist auch heute noch von großem Wert. Zum einen, weil es eine reichhaltige Ideensammlung beinhaltet, zum anderen, weil es heute, nach 15 Jahren, einen Vergleich erlaubt, welche der damals schon vorhandenen Ideen und Konzepte sich wie weiter entwickelt haben. In dem Buch werden zwei ausländische Projekte, das „Naturhuset“ (Stockholm) und die „Arche“ (Kanada) vorgestellt, da sie „erstmalig außer der Energieversorgung und der Nahrungsmittel- und Wasserversorgung auch die Abfall- und Abwasserentsorgung, ökologisch zu lösen versuchten“. Bereits diese beiden Projekte strebten, insbesondere bei der Abwasser- und Abfallentsorgung möglichst geschlossene Kreisläufe an. Im Zentrum beider Projekte steht beim Thema Wasser daher das Kompostklo „Clivus multrum“. Das Projekt „Arche“ hat in Europa mittlerweile einen Nachfolger, das Haus „Ramshusene“ in Dänemark; es ähnelt dem Archekonzept sehr stark (ORUM-NIELSEN 1993).

Neben der Umsetzung solcher Bau- und Wohnformen im kleineren Rahmen des „Aussiedlerhofes“ bleibt es eine weiterhin dringende und reizvolle Aufgabe, solche Konzepte auch im städtischen Raum zu realisieren. 1987 wurde dazu vom Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau ein Forschungsprogramm „Stadtökologie und umweltgerechtes Bauen“ eingerichtet. Innerhalb des Forschungsprogrammes wurden 38 **Modellvorhaben** aus unterschiedlichsten Stadtbereichen unterstützt. Die einzelnen Projekte sind an verschiedenen Stellen gut dokumentiert, so dass auf eine Beschreibung an dieser Stelle verzichtet wird (z.B. IFS 1990, 1991 a,b, IWU 1991).

Wie die Forschungsvorhaben zeigen, lassen sich viele der ökologischen Verbesserungen auch im dicht besiedelten Raum verwirklichen. Auf einige, so scheint es, muss jedoch unter dem Primat, möglichst wenig Fläche zu beanspruchen, verzichtet werden. Dieses Knappheitsdenken verbaut unter Umständen die Möglichkeit, viele der Ansprüche zu verwirklichen, die mit ökologischem Wohnen und sozialem Leben verbunden werden.

So ist in Zukunft verstärkt darüber nachzudenken, ob Nachverdichtungen in den Städten weiterhin sinnvoll sind, wenn dabei z.B. auf Pflanzenkläranlagen, Regenwasserversickerung oder eine offene Gewässerführung in der Stadt verzichtet werden müsste. Im Gegenzug ist das Konzept der freistehenden Einfamilienhäuser zu überdenken. Neue Konzepte ermöglichen anspruchsvolle, relativ dichte Siedlungen (mit kleinem Privatgarten) und erhalten gemeinsame, größere Naturgebiete. Selbst Belange des Arten- und Biotopschutzes sollten mit in die ökologische Stadtplanung einbezogen werden. Moderne

Ökologisches Bauen

Ökologische Stadterneuerung

Literaturtipp!

Huber, J., G. Müller & S. Oberländer (1996): Das Niedrigenergiehaus - Ein Handbuch mit Planungsregeln zum Passivhaus. - Kohlhammer, Stuttgart, 144 S.



**Wasserwirtschaft im Internet**

<http://www.akwasser.de> (Homepage des Akwasser des BBU)

<http://www.wef.org> (Infodienst Wasserwirtschaft)

**Ökologische Sanitärkonzepte im Internet**

<http://www.vauban.de> (Homepage über den Modellstadtteil Vauban in Freiburg)

Naturschutzstrategien wie die Biotopvernetzung fordern Naturschutz auf 100 % der Fläche, d.h. Vernetzungsstrukturen auch in der Stadt. Hierzu bedarf es der Initiierung neuer Pilotprojekte, die mit multidisziplinärem Sachverstand planen und prüfen, ob sich mit entsprechend angepassten, „begrünen“ Gebäuden und größeren Flächen zwischen den Wohngebäuden nicht nur die angestrebten ökologischen und sozialen Ziele besser verwirklichen lassen, sondern auch Belange des Arten- und Biotopschutzes. Sollten solche Projekte erfolgreich sein, so könnte man vom konservierenden Arten- und Biotopschutz in Schutzgebieten hin zu Konzepten gelangen, die den Menschen miteinbeziehen.

## 8.5 Zusammenfassung zukünftiger Maßnahmen der Wasserwirtschaft

**Rohrmaterial**

In Zukunft sollte auf verzinkte Stahlrohre, Kupferrohre (Zink- und Kupferbelastung) und Rohre aus PVC (Energieverbrauch, Entsorgungsprobleme) verzichtet werden. Alternativen aus verschiedenen Kunststoffen od. Stahl setzen sich insbesondere im Trinkwasserbereich zunehmend durch.

**6-1 Spültoilette mit Spartaste**

kann inzwischen als Standard bezeichnet werden; die Spartaste ist bei Gebrauch eine der kostengünstigsten Wassersparmaßnahmen.

**Spararmaturen**

Spararmaturen und Durchflussbegrenzer gehören zu den kostengünstigsten Maßnahmen; Achtung (!) viele Hersteller liefern z.B. Durchflussbegrenzer z.B. für Duschköpfe mit, die dann aber häufig von den Installateuren nicht eingebaut werden!

**Wasserfreie Urinale**

bei entsprechender Benutzungshäufigkeit sind sie unbedingt empfehlenswert (z.B. Fa. Waterless); inzwischen existieren erste Überlegungen von wasserfreien Urinalen auch für Frauen (vgl. Urinette Kap. 4).

**Vakuuntoiletten**

sie sind verbreitet in Schiffen, Flugzeugen und Zügen; ihr Entwicklungspotential für Anwendungen im Hausbereich scheint groß; für alternative Abwasserlösungen sind sie u.U. Voraussetzung; erste Pilotprojekte sind fertig gestellt Hamburg-Norderstedt; Hannover Hägewiesen; „Wohnen & Arbeiten, Freiburg“.

**Separationstoiletten**

(Urin- Trenntoiletten) könnten in Zukunft eine große Rolle bei der Verwirklichung ökologischer Sanitärkonzepte spielen, bisher liegen in Deutschland nur wenige Erfahrungen vor, mit Akzeptanzproblemen ist zu rechnen (mehrere skandinavische Hersteller). Probleme gibt es beim wassergespülten Urinablauf mit Inkrustationen. Die Kombination mit einem wasserlosen Geruchsverschluss sowie einer schmutzabweisenden Beschichtung fehlt bisher auf dem Markt, könnte diesem Toilettentyp jedoch zum Durchbruch verhelfen (vgl. Kap. 4).

**Komposttoiletten**

Komposttoiletten sind dort, wo möglich, sehr empfehlenswert. Pilotprojekte von Großkammertoiletten bis zu 3 Geschossen existieren in Deutschland (Kiel, Hamburg, Bielefeld). Es ist mit erheblichen architektonischen und Akzeptanzproblemen zu rechnen, ggf. Voraussetzung für eine getrennte „Grauwasserbehandlung“. Kleinkammertoiletten mit externer Kompostierung stellen eine der kostengünstigsten Sanitärlösungen überhaupt dar.

### **Urinseparierung & Kompostierung**

Für einzelne Anwender die bisher kostengünstigste Alternative eines ökologischen Sanitärkonzeptes, sofern der Urin wieder genutzt wird und nicht im Kanal landet. Von der Fa. Separett werden entsprechend kostengünstige Toiletten aus Kunststoff angeboten, die sich insbesondere auch für den Camping-Einsatz eignen.

### **Regenwassernutzung**

sollte in jedem Fall hinsichtlich ihres ökologischen Nutzens im Einzelfall überprüft werden! Ihr Ruf ist manchmal besser als ihr Nutzen. So amortisieren sich Anschaffung von Zisternen, Pumpen (Stromverbrauch!) sowohl ökologisch als auch ökonomisch seltener, als allgemein angenommen wird. Als Element der Regenwasserbewirtschaftung können Regenwassernutzungsanlagen eine wichtige Funktion einnehmen und damit den erhöhten Ressourceneinsatz rechtfertigen.

### **Regenwasserbewirtschaftung**

Die Erkenntnis, dass die lokale Retention und Versickerung von nicht oder gering verschmutztem Regenwasser in vielen Fällen eine kostengünstige und ökologische Alternative zur Ableitung im Regen- oder Mischwasserkanal ist, setzt sich allmählich durch. Von einer flächendeckenden lokalen Regenwasserbewirtschaftung kann man viele positive Rückwirkungen auf Stadtklima, Naturhaushalt, Grundwasser, Hochwasserschutz, die landschaftliche Aufwertung von Siedlungsgebieten sowie einer ökologischen Abwasserbewirtschaftung erwarten.

### **Grauwasserbehandlung & Betriebswassernutzung**

Für die Reinigung eignen sich insbesondere bepflanzte Bodenfilter sowie bei geringem Platzangebot belüftete Sandfilter; Erfahrungen liegen auch mit Tauchtropfkörperanlagen vor; für Duschwasseraufbereitung liegen ebenfalls erste Erfahrungen vor.

### **Abwasserbewirtschaftung, ökologische Sanitärkonzepte:**

Die Abwasserfachleute sollten sich ein Beispiel an der Regenwasserbewirtschaftung nehmen. Im Gegensatz zur Regenwasserbewirtschaftung sollten jedoch nicht Wassermengen, sondern die Stoffe und ihre Quellen im Vordergrund stehen.

### **Wasserwirtschaftliche Gesamtkonzeptionen:**

Es bleibt zu hoffen, dass die sinnvollen Ansätze der Regenwasserbewirtschaftung und die ersten Ansätze ökologischer Sanitärkonzepte bzw. einer Abwasserbewirtschaftung sowie die ganzheitliche Konzepte zum Schutz von Flussgebieten sich gegenseitig befruchten. Vor allem Computersimulationen werden die Vorteile flächendeckender Regen- und Abwasserbewirtschaftungsmaßnahmen

Umweltgeschichte

leichter erfassen lassen. Durchsetzen werden sich daher in Zukunft wasserwirtschaftliche Gesamtkonzepte. Sie sind umweltschonender, menschengerechter und kostengünstiger.

## 8.6 & Zukunftsfähige Wasserwirtschaft - Ausblick

Die Umweltgeschichte allgemein ist in Deutschland ein sehr vernachlässigtes Forschungsfeld. In den USA gibt es seit Jahren „**Rückblickende Technikfolgenabschätzungen** (retrospective technology assessment)“. In Deutschland herrschen insbesondere hinsichtlich solcher Fragen wie z.B., zu welcher Zeit wieviel Wasser für welchen Zweck benötigt wurde oder welche Rückschlüsse man mit Hilfe eines **rückblickenden Biomonitorings** heute noch auf den früheren Zustand der Gewässer ziehen kann, als es noch keine ausgeprägte Wasseranalytik gab, große Wissenslücken.

Es ist zu fragen, warum sich damals wie heute die Alternativen zur Schwemmkanalisation nicht durchgesetzt haben. Liegt bzw. lag es daran,

- dass die vorhandenen Alternativen zu kompliziert und nicht ausgereift waren (vgl. Liernursystem)
- oder dass alternative Lösungen nicht in normierbare Regeln zu gießen und damit schwerer zu verwalten sind,
- oder waren es vor allem individuelle politische und ökonomische Gründe (einseitige Geschäftsinteressen).

Psychosoziale Hemmnisse

Die Einführung der Kanalisation gilt im Rückblick als eines der größten Reformprojekte des 19. Jahrhunderts. Mit ihm verbunden war ein starker Wandel des Schamempfindens, der Hygienevorstellungen und des Reinlichkeitsstandards sowie die Privatisierung vorher eher halb öffentlichen Verhaltens. Die Durchsetzung dieser neuen Verhaltensstandards und Vorstellungen war konfliktbeladen und langwierig, sie verlief sozial ungleich und musste vielen über den Umweg von öffentlichen Einrichtungen wie Krankenhäusern und Kasernen regelrecht aufgezwungen werden. Die Intimisierung von Körperfunktionen und die Erhöhung der Reinlichkeitsstandards und Schamswellen hält bis heute an. Die Einführung neuer ökologischer Sanitärtechniken, sei es auf Basis von Kompost- Trenn- oder Vakuumtoiletten, scheint einen ähnlich tiefgreifenden kulturellen Wandel vorauszusetzen. Man muss wohl auch mit ähnlich langen Zeiträumen der Durchsetzung rechnen, zumal sich die Menschen heute viel weniger als noch vor hundert Jahren zu Verhaltensänderungen zwingen lassen. Um so wichtiger scheint es mir, sobald als möglich, durch eine Vielzahl von Pilotprojekten, unter frühestmöglichen Beteiligung der Betroffenen, Identifikationsmöglichkeiten zu schaffen. Nur wenn sich die zukünftigen NutzerInnen selbst für die eine oder andere sanitärökologische Alternative entscheiden, können solche Konzepte mit dauerhaftem Erfolg in den Wohnalltag integriert werden.

Fehler bei der Stadtplanung – Fehlendes Zusammendenken

In Zukunft wird verstärkt darüber nachzudenken sein, ob verdichtete Bauweisen und Nachverdichtungen in den Städten weiterhin sinnvoll sind, wenn dabei z.B. auf Pflanzenkläranlagen, Biogasanlagen, Regenwasserversickerung, offene Gewässerführung in der Stadt, Erholungsflächen usw. verzichtet werden muss.

Die kommunale Stadtplanung nimmt eine bedeutende Funktion bei der Gestaltung „alternativer Bequemlichkeiten“ ein. Viele der ökologischen Verbesserungen lassen sich auch im dicht besiedelten Raum verwirklichen. Auf einige, so scheint es, muss bisher unter dem Primat, möglichst wenig Fläche zu beanspruchen, verzichtet werden. Dieses „Knappheitsdenken“ verbaut zunehmend die Möglichkeit, viele der Ansprüche zu verwirklichen, die mit ökologischem Wohnen und sozialem Leben verbunden werden. Belange des Arten- und Biotopschutz müssen mit in die ökologische Stadtplanung einbezogen werden und brauchen Raum, auch, ja vor allem, in der Stadt. Moderne Naturschutzstrategien, wie die Biotopvernetzung, fordern Naturschutz auf 100 % der Fläche, d.h. Vernetzungsstrukturen auch in der Stadt. Hierzu bedarf es der Initiierung neuer Pilotprojekte, die mit multidisziplinärem Sachverstand planen und prüfen, ob sich mit entsprechend angepassten, begrünten Gebäuden und größeren Flächen zwischen den Wohngebäuden nicht nur die angestrebten ökologischen Ziele, einschließlich der Belange des Arten- und Biotopschutzes, sondern auch die sozialen Ziele besser verwirklichen lassen. Zur möglichen Funktion von Fließgewässern und Abwasserbehandlungsanlagen in städtischen Gebieten liegen erst wenige Ansätze vor (TRAUTNER 1998a).

Die verschiedenen Bereiche wie Energie, Abwasser, Abfall und Verkehr sind funktional zu stark voneinander getrennt. Die technischen Einheiten sind zu groß und mit zu viel Verwaltung belastet. Sie sind daher ungeheuer träge, um neue Konzepte zu verwirklichen. Rechtliche Regelungen sind zu unübersichtlich, um ökologische Zusammenhänge adäquat abzubilden und praktikabel zu sein. Genehmigungspraxis und Zuständigkeiten sind nicht mehr überschaubar. Ein Problem bei großen zentralen Ver- und Entsorgungskapazitäten wird immer die vergleichsweise Unflexibilität bleiben. Die Investitionen müssen meist auf viele Jahrzehnte abgeschrieben werden und machen den Löwenanteil an Gebühren (hohe Fixkosten) aus. Nennenswerte Einsparungen von Wasser oder Abwasser führen früher oder später automatisch zu spezifisch höheren Gebühren. In der Konsequenz stützt das konservative Technologien so sehr, dass sie kaum noch ablösbar sind.

Über Korruption in der Wasserwirtschaft wird immer wieder geschrieben und einige der bekannt gewordenen Fälle gehören mit zu den größten Korruptionsskandalen überhaupt (RÜGEMER 1995). Unserer Ansicht nach liegt auch hier der Grund in der geringen Sensibilität der Bevölkerung zum Tabuthema Fäkalien und Urin. „Aus dem Auge, aus dem Sinn“ ist nirgends so augenfällig wie in der Wasserwirtschaft. Hier gilt es, Strukturen zu schaffen, deren Leistungen und Fehler dem Einzelnen stärker als bisher erfahrbar, kritisierbar und beeinflussbar bleiben. Der Ort der häuslichen Kanaleinleitung (WC) ist zu weit von Kläranlage und Gewässer entfernt. Leckagen in unterirdisch verlegten Rohren sind nicht sichtbar.

Der Markt für Vakuumtoiletten wird derzeit auf ca. 20.000 Stück weltweit geschätzt. Beinahe 99% davon werden im Schiffsbau eingesetzt. Es ist daher kein Wunder, dass sich die Anzahl der Hersteller und der Modelle auf wenige beschränkt. Ähnliches gilt für Trenntoiletten oder wasserfreie Urinale. Hier ist

Strukturelle Fehlentwicklungen –  
zuviel Verwaltung

Macht & Korruption in der  
Wasserwirtschaft

Fehlende Risikobereitschaft  
und Konkurrenz – Problem  
der Stückzahlen

Falsch verstandene Ökologie – die ökologische Einheitslösung

Rechtspraxis

Risikobereitschaft des Sanitärhandels und ggf. öffentliche Förderung gefragt, um entsprechende Entwicklungen voranzubringen.

Für die Regenwassernutzung ist in den letzten Jahren aus gutem Grund geworben worden. Zu wenig beachtet wird jedoch, dass sie sowohl wirtschaftlich wie auch ökologisch nicht immer sinnvoll ist. So sollte z.B. der Stromverbrauch der Regenwasserpumpen deutlich unter dem Verbrauch des Wasserwerkes liegen. Nicht immer ist dies gegeben. Vielfach rechnen sich einfachere Wassersparmaßnahmen (Verbraucherverhalten, wassersparende Armaturen etc.) ökonomisch wie ökologisch mehr.

Ähnliches gilt für die Regenwasserversickerung. Im Prinzip eine sinnvolle Maßnahme, aber eben auch nicht immer. Es gibt z.B. viel zu wenige Untersuchungen darüber, welche und wieviel der Schmutzstoffe im Regenwasser tatsächlich in der immer wieder geforderten Bodenpassage haften bleiben bzw. abgebaut werden und wie lange dies ohne Austausch des Bodens funktioniert. Selbstverständlich ist auch hier vor allem bei der Quelle der Belastung anzusetzen (Luftschadstoffe, Reifenabrieb, Materialien etc.). Die Patentlösung gibt es immer noch nicht.

Gesetzgebung sowie die rechtliche Praxis bedürfen dringend des Überdenkens. So sind Fehlentscheidungen derzeit einerseits auf unklare Begriffsverwendungen, und andererseits den fehlenden Sachverstand bzw. die zu starre (u.E. falschen) Auslegung der Gerichte zurückzuführen. So spricht das WHG von Abwasserbeseitigung. Genau genommen kann man jedoch Abwasser nicht beseitigen (sondern höchstens umwandeln), und Abwasser ist als Begriff im WHG nicht definiert. Der konventionellen Praxis entsprechend, lassen sich auch in der Rechtsprechung verschiedene Qualitäten des Abwassers nicht unterscheiden. Aus Gründen der schlechten offiziellen Dokumentation des Leistungspotentials dezentraler oder alternativer Abwasserbehandlung ist die Rechtsprechung bis heute oft nicht in der Lage, diese Verfahren mit konventionellen Systemen zu vergleichen und zu bewerten. Hier sind Ökologen, Ingenieure, Juristen, aber auch Kulturwissenschaftler gleichermaßen dringend gefragt, eine bessere und vor allem stark vereinfachte Grundlage zu schaffen.

So wie man begradigte Flussläufe heute wieder versucht zu renaturieren, Asbestbauten oder mit „Holzschutzmittel“ verseuchte Gebäude saniert, könnte es auch im Abwasserbereich zu einem Umdenken kommen. So wie sich auch konventionelle Vertreter der Wasserwirtschaft bereits heute mehr und mehr dazu durchringen, die Regenwasserableitung in unterirdischen Kanälen als teuren ökologischen Unsinn zu entlarven, könnte es auch bei der Einschätzung von Pflanzenkläranlagen bald zu einem Umschwenken kommen. Auf diese mögliche Entwicklung sollte sich die Gesetzgebung und Rechtsprechung rechtzeitig einstellen bzw. durch entsprechende Beratung und Weiterbildung



vorbereiten. Sie hat einen entscheidenden Einfluss darauf, wie rasch sich ein Umdenken auch in Taten realisieren lässt, wie schnell sich also ökologisch wie ökonomisch Sinnvolles durchsetzen kann.

In vielen Gewässern hat sich nicht zuletzt durch den Bau von Kläranlagen die Wasserqualität gegenüber dem Stand zum Beginn der 1970er Jahre deutlich verbessert. Trotzdem kann noch nicht die Rede davon sein, dass die Mehrzahl der Flüsse Badewasserqualität hätten. Hierin liegt unserer Ansicht nach z.B. durch die behutsame Einführung sanitärökologischer Alternativen noch ein erstrebenswertes Ziel der Siedlungswasserwirtschaft: das Bad im Fluss wieder zum Normalfall werden zu lassen.

Der konventionelle Stand der Technik hätte längst durch einen „ökologischen“ Stand der Technik ersetzt werden müssen. Im Bereich der internationalen Forschung sind die ersten Anzeichen eines Richtungswechsels zu erkennen. Neue Ansätze der Bewertung werden die Wichtigkeit anderer Konzepte im Bezug auf ihre Zukunftsfähigkeit oder Nachhaltigkeit erkennen lassen. Gleichzeitig mit dem langsamen Anwachsen des Interesses der Forschung werden die ersten **Pilotprojekte** bereits gebaut, erste begleitende Forschungsanträge sind gestellt.

#### Offene Fragen:

Welche Ressourcen (Baumaterial, Chemikalien, Energie, Personal etc.) werden für die verschiedenen bestehenden und in Zukunft denkbaren Ver- und Entsorgungskonzepte gebraucht und kann man die Nutzung dieser Ressourcen unter den Gesichtspunkten nachhaltigen Wirtschaftens (Ökobilanzen, MIPs-Studien etc.) akzeptieren?

Wird einmalig recyceltes Grauwasser als Nutz- oder Brauchwasser in Zukunft allgemein akzeptiert?

Wird mehrfach recyceltes Grauwasser als Nutz- oder Brauchwasser in Zukunft allgemein akzeptiert und welche Anreicherungsprobleme sind damit verbunden. (Welche Zusammensetzung erhält Grauwasser beim wiederholten mehrmaligen Gebrauch, Aufkonzentrierung von Salzen etc.?)

Werden dezentrale Verfahren der Abwasserbehandlung und Aufbereitung den technischen und qualitativen Stand auch in der Praxis erreichen, der theoretisch machbar erscheint?

Welche Gefahren können von Viren und anderen Pathogenen in recyceltem Grauwasser ausgehen?

Wird sich der Aufwand zusätzlicher Leitungen (Brauchwasserleitung, Abwasserleitung für Grauwasser) bei der Installation gegenüber den ökonomischen und ökologischen Vorteilen vertreten lassen?

Wie lassen sich die Nährstoffe aus recyceltem Abwasser bzw. Abfall (Urin, Fäkalien, Klärschlamm aus Grauwasser etc.) in die landwirtschaftliche Praxis sinnvoll integrieren (Aufwand der saisonalen Zwischenspeicherung, Kopfdüngerproblematik, Schadstoffbelastung, Aufbereitung etc.?)

Lassen sich geeignete Verfahren entwickeln, die den Urin als Nährstoffquelle nachhaltig aufbereiten und nutzen lassen (Ausbringung), ohne allzu viel Nährstoffe zu verlieren?

Badewasserqualität für Flüsse

„Bloß keine Experimente“

## 8.7 Referenzprojekte

**3 Orte im LK Schwäbisch-Hall:** 3 Untergrundverrieselungen, Laufzeit > 20 Jahre wissenschaftliche Begleituntersuchung

**Berlin - Potsdamer Platz:** Regenwassernutzung, Versickerung, in Planung/Bau

**Berlin-Kreuzberg, Block 103/4:** Pflanzenkläranlage als Vertikalsumpf; Pflanzenkläranlage mit Teich, mehrere Grauwasseranlagen

**Berlin-Moritzplatz:** Naturklimakonzept, Regenwassernutzung

**Berlin-Tiergarten, Ökohaus Corneliusstraße:** einige Grauwasseranlagen

**Bielefeld, „Waldquellesiedlung“:** Auf einer Fläche von ca. 3 ha entsteht in verdichteter Bebauung eine Mischstruktur für Wohnen (62 WE, 400 Einw., Eigentumswohnung, Genossenschaft) und Arbeiten (ca. 200 Arbeitsplätze) in Form von Eigentümer- bzw. allgemeinem Wohnen. BHKW ( $2 \cdot 12 \text{kW}_{\text{elek.}}$ ) und solare Energienutzung sowohl thermisch mit Saisonspeicher als auch photovoltaisch. Regenwasser wird lokal versickert. Eine Pflanzenkläranlage reinigt das Grauwasser, für die Behandlung der Fäkalien und der Bioabfälle werden Großkammertoiletten (Clivus-Multrum-Typ, Fa. Berger, Biotechnik) eingesetzt (bis 4.OG!); Trinkwasserversorgung über eigenen Brunnen (Red. Eisen- und Mangengehalt)

**Börkhauser Feld, Solingen:** Neubausiedlung (1989-1996, 1000 Einw.), Nutzung Regenwasser für WC und Waschmaschine, Versickerung

**Botanischer Garten, Bergianska Stockholm:** Eine öffentliche Toilette für des Zoo-Personal wurde mit einer Urinseparierenden Komposttoilette mit einem vertikal gelagerten rotierenden 5-Kammer System ausgestattet, jeder Behälter fasst 200 l und kann 500-600 Benutzungen aufnehmen. Wenn der Behälter gefüllt ist, wird automatisch weitergedreht. 2 Behälter werden als Versuch mit Regenwürmern besetzt (DRANGERT et al.1997)

**Fa. Volvo, Schweden:** In der Autofabrik wird Schwarzwasser aus 3l-Toiletten (das 3l Auto wäre ein größerer Fortschritt...) mit Küchenabfällen zur Herstellung von Biogas benutzt. Wegen zu starker Verdünnung weniger effizient (JENSSEN 1996)

**Hamburg Allermöhe:** Alle Häuser mit Komposttoilette ausgestattet; Bewohner betreiben seit ca. 15 Jahren gemeinsame Grauwasser-Pflanzenkläranlage (30 Häuser)

**Hamburg-Alsterpavillion:** Vakuumtoilette und wasserfreie Urinale für Gastwirtschaftsbetrieb

**Hannover Hægewiesen:** Grauwasserversuchspark z.B. zweistufige Tauchtropfkörperanlage für 6 Wohneinheiten, PKA, arbeitet seit 11/1994; renovierter viergeschossiger Altbau (1962) wurde mit Vakuumtoiletten (32 St., 80 Einw.) und Betriebswasser (Regenwasserbewirtschaftung) zur Toiletten-spülung sowie einer Muldenversickerung ausgerüstet

**Abb. 101:**

Pflanzenkläranlage zur Reinigung des Grauwassers in der Wohnsiedlung Hamburg-Allermöhe



**Hannover Stadtteil Kronsberg, Bemerode Ost:** Wohngebiet, Siedlungsprojekt i.R. EXPO 2000: oberflächliche Regenwasserableitung, Brauchwassernetz (Regenwasserleitung)

**Haus „Ramshusene“ in Dänemark:** Auf einer Fläche von 625 m<sup>2</sup> sind 8 Wohnungen untergebracht. 2/3 der Fläche privater Wohnbereich, 1/3 Gemeinschaftsteil. Das Gebäude ist mit Kompostklos ausgerüstet. Die Fäkalien werden vorkompostiert, dann auf 70°C erhitzt (damit auf 10 % des ursprünglichen Volumens vermindert) und anschließend mit kompostierten Küchenabfällen zusammen als Dünger benutzt. Grauwasser wird z.T. für eine Fischzuchtanlage genutzt und über Bodenfilter gereinigt

**Toronto, Kanada, „Healthy House“:** Das 1995 gebaute „Healthy House“ ist ein Demonstrations-Energiesparhaus.... Es verfügt über eine on-site Abwasseraufbereitung mit anschließendem Wasserrecycling. Das Haus befindet sich mitten in der Stadt Toronto, ist aber weder an die Wasserversorgung noch an die Kanalisation angeschlossen (auch nicht ans Stromnetz).

Schwarz- und Grauwasser werden gemeinsam gesammelt, in einem System im Keller gereinigt und für sämtliche Zwecke wiederverwendet, zum Trinken (also ausdrücklich auch Duschen und Waschmaschine). Die Reinigung besteht aus einem Biofilter mit anschließender Sandfiltration und Ozonierung. Die Versorgung mit Trinkwasser (120 Liter pro Tag und Person) erfolgt ausschließlich durch Dachwasser, das in Zisternen gespeichert wird. Das überschüssige Wasser wird im Vorgarten versickert (LANZ 1999)

**Herten / Bachumer Tal:** Wohngebiet 7,5 ha, 1000 Einw., IBA-Emscherpark-Projekt, Mulden-Rigolenversickerung, Bodenpassagen auch von Parkplätzen, Straßen (in Planung bis 2000)

**Kassel, Hasenhecke:** Zweistufige Tauchtropfkörperanlage zur Grauwasserreinigung für 60 Personen; im Rahmen des Wasserspar-Vergleichsvorhabens des Landes Hessen in Konkurrenz zur Regenwassernutzung, seit 1/1996

**Kiel-Hassee:** Grasdächer, Komposttoiletten, Pflanzenkläranlage (20 Holzhäuser+Gemeinschaftshaus seit 1993 fertig)

**Kopenhagen, Dänemark:** In einem Kleingartengebiet sind im Rahmen eines Pilotprojekts ca. 100 Trenntoiletten installiert. Im Rahmen des Projekts soll die Handhabung und Nutzung der eigenen Nährstoffe im Kleingartenbereich untersucht werden. Dieses Projekt ist als Alternativlösung zur Verwendung von Chemietoiletten bzw. des Anschluss an eine zentrale Kanalisation anzusehen. Es ist ein Kooperationsprojekt zwischen dem Landesverband der Kleingärtner, den Gemeinden Ballerup und Herlev und A & B Backlund ApS (Quelle: A & B Backlund ApS, Dänemark)

**Lambertsmühle:** Für die historische Wassermühle bei Burscheid wurde von der Otterwasser GmbH im Auftrag des Wupperverbandes ein Pilotprojekt für den ländlichen Raum entwickelt: Urin wird durch Separationstoiletten und wasserfreie Urinale getrennt erfasst und in einen Jahresspeicher geleitet. Abpumpen und Nutzung durch landwirtschaftlichen Betrieb nebenan (Zugabe in Güllebehälter). Grauwasser und Braunwasser wird in Rottebehälter



**Abb. 102:**

Ökologische Siedlung Kiel Hassee, mit Komposttoiletten ausgerüstet (Foto: Berger Biotechnik)

(2 Kammern mit jährlichem Wechsel) geleitet, Ablauf in vertikale Pflanzenkläranlage. Wegen der Urinseparation wird das Filtrat aus dem Rottebehälter nährstoffarm sein. Bei Betriebswasserbedarf könnte Grauwasser getrennt abgeleitet werden, dann aber zusätzliche Vorklärung oder weitere Rottekammern nötig. (OTTERPOHL et al.1999)

**Lübeck-Flintenbreite:** In einer Siedlung für 350 Einwohner sollen Vakuumtoiletten eingebaut werden. Ein Vakuumanlage leitet das Schwarzwasser in eine Biogasanlage, wo es zusammen mit zerkleinerten Bioabfällen vergärt wird. Biogasnutzung in BHKW. Regenwasser wird in einem Muldensystem versickert. Grauwasser soll in 3 vertikalen Pflanzenkläranlagen gereinigt und teils genutzt, ansonsten in einen Bach abgeleitet werden. Schwermetallemissionen werden durch Materialwahl vermieden (kein Kupfer oder Zink in Kontakt mit Wasser). Eine Betreibergesellschaft mit Eigentümern als Gesellschafter organisiert das Gesamtsystem (Quelle: OtterWasser GmbH, Lübeck)

**Mannheim Wallstadt-Nord:** 26 ha, 3000 Einw. Pflanzenkläranlage, Bodenfilteranlage, modellhafte Regenwasserversickerung

**München-Haidhausen:** Scheibentauchtropfkörperanlage zur Reinigung des Grauwassers (bis heute nicht genehmigt, Probetrieb ergab gute Ergebnisse)

**Museumshof Møn Dänemark:** Hier werden 3 - 5 separierende Toiletten installiert, Urin wird gesammelt, gelagert und in der Sommersaison auf den lokalen Ackerflächen als Dünger genutzt. Der Museumshof plant außerdem eine Toilettenausstellung über die Geschichte und Entwicklung der Toilette (Quelle: A & B Backlund ApS, Dänemark)

**Norderstedt:** Vakuumtoiletten in 12-Familienhaus, seit über 8 Jahren problemloser Betrieb; „Umwelthaus“ mit getrennter Behandlung der WC- und Küchenabwässer vom restlichen Grauwasser

**Norrköping, Schweden:** 18 Haushalte in einem mehrstöckigem Haus aus dem Jahre 1960 wurden 1996 mit No-Mix-Toiletten ausgestattet. Urin wird landwirtschaftlich verwertet, Fäkalien-Abwasser durch einen Separator teilweise von Feststoffen befreit, Feststoffanteil wird kompostiert und zur Bodenverbesserung verwendet, der flüssige Teilstrom wird mit Grauwasser zusammen durch eine Absetzgrube und einen Filter in einen Teich eingeleitet (DRANGERT et al.1997).

**Nürnberg-Gostenhof:** Naturklimakonzept, Regenwassernutzung, Regenwasserversickerung, im Bau

**Offenbach, Hotel "Arabella":** 6-stufige Grauwasseranlage, Reinigungsleistung 20.000 l/Tag seit 1/1996 in Betrieb (400 Betten)

**Oslo, Norwegen:** In einem Ökohaus in Oslo werden Vakuumtoiletten mit circa 0,7 l Spülwasserbedarf eingesetzt. Das Schwarzwasser wird mit geschreddertem Haushaltsabfällen vermischt und per LKW in eine auf einer Farm gelegenen Anlage zur aerob thermophilen Behandlung gefahren. Die Anlage produziert 120 kWh Wärme pro Kubikmeter Flüssigkeit. Dafür wird jedoch



erheblich Belüftungsenergie benötigt (JENSSEN et al. 1994)

**Wohnen & Arbeiten, Freiburg:** Viergeschossiges Passivhaus

(20 Wohn- bzw. Büroeinheiten, 40 Bewohner) mit dem Ziel die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 80% zu verringern.

Ableitung des Schwarzwassers mit 24 geräuscharmen und energiesparenden, Vakuumtoiletten, Vergärung des Schwarzwassers zusammen mit dem organischen Hausmüll in einer Biogasanlage, Reinigung des Grauwassers über einen belüfteten Kiesfilter. Mittelfristiges Ziel: das „abwasserfreie“ Grundstück. Bezug Mai 1999

**Ökozentrum Schattweid Schweiz:**

Pflanzenkläranlage seit 10 Jahren im Betrieb, intensive Begleitforschung



**Stubbekøbing, Kreis Storstrøm,**

**Dänemark:** Hier ist eine Trenn-Toilette installiert. Fäkalien werden in zwei Rottebehältern kompostiert. Urin, Drainagewasser und Grauwasser sollen in einer mit Weiden bewachsenen Anlage behandelt werden. Das Abwasser wird über die Weiden aufgenommen und verdunstet. Es soll somit kein Anlagenabfluss vorkommen (Quelle: A & B Backlund ApS, Dänemark)

**Tanum, Schweden:** Der Gemeinderat der Stadt Tanum in Schweden hat beschlossen, ab dem Jahre 2000 in Neubauten keine Wasserklosetts mehr zuzulassen und alle anderen Haushalte nach und nach mit Kompostklos umzurüsten. Erfahrungen je nach Typ des Komposters sehr positiv bis sehr negativ

**Understenshöjden, Schweden:** 1995 wurde ein dezentrales Sanitärkonzept für 44 Wohnungen realisiert. Es wurden No-Mix-Toiletten mit getrennter Ableitung des Urins in 1/2-jahresspeicher. Urin wird von einer Farm zur Düngung verwendet, die Resultate sind bisher positiv. Fäkalien und Grauwasser werden dezentral mit Dreikammergrube, Biologischer Kläranlage, UV-Desinfektion und Teich zur Bewässerung behandelt und genutzt (DRANGERT et al.1997)

**Wien-Gänserndorf:** Wohngebiet für 300 Einw. Komposttoilette, Regenwassernutzung für WC und Waschmaschine, Pflanzenkläranlage (Untersuchungsbericht der Uni Wien!), Einführungsseminar für die Bewohner (gebaut seit 1989)

**Abb. 103:**

Modellprojekt „Wohnen und Arbeiten“, Info unter [www.vauban.de](http://www.vauban.de)





## 9. Vorbild für Länder mit geringerer Industrialisierung und für andere Klimaverhältnisse ?

*“Außerdem haben wir uns dem globalen Wasserproblem zu spät intensiv gewidmet. Die Frage, wie wir auf der Welt mit dem Wasser umgehen, wird an vielen Orten über Krieg und Frieden mitentschieden. Dass wir Wasser immer noch als Transportmittel für Fäkalien und Industrieabwasser benutzen, um sie nachher aufwendig und unter hohem Energieverbrauch in der Kläranlage wieder herauszuholen, ist doch keine zukunftsfähige Lösung. Das kann kein Modell für Megastädte in den Entwicklungsländern mit 20 Millionen Einwohner sein.”*

Der ehemalige Rheindurchschwimmer Klaus Töpfer in einem Interview in der FR v. 26.1.98 anlässlich seines Wechsels zum Umweltprogramm der Vereinten Nationen (Unep).

Es wird geschätzt, dass heute mehr als 1,2 Milliarden Menschen keinen sicheren Zugang zu Trinkwasser haben und in Asien, Lateinamerika und Afrika ca. 90% des Abwassers ungereinigt abgeleitet wird. Der weltweit geschätzte Gebrauch an Süßwasser liegt durchschnittlich bei ca. 800 - 1200 m<sup>3</sup> pro Person und Jahr. Theoretisch reicht 1m<sup>3</sup> Wasser, um 1kg Brot herzustellen. Der theoretische Wasserbedarf eines Vegetariers in den Industriestaaten für Trinken, Hygiene, Wohnen, Essen (2500 kcal pro Tag) sowie gewerbliche und industrielle Aktivitäten beträgt damit jährlich rund 600m<sup>3</sup> Süßwasser. Bei einer Ernährung von 80% pflanzlicher Nahrung und ca. 20% Fleisch (5 m<sup>3</sup>, pro 1 kg mageres Rindfleisch) verdoppelt sich der Gebrauch rein rechnerisch auf über 1200m<sup>3</sup>. Je nach dem Umgang (Verschwendung etc.) mit Nahrungsmitteln liegen die Zahlen in der Praxis noch wesentlich höher (ZEHNDER ET AL. 1998). Daran mag man erkennen, dass der größte Teil des Wassers für die Produktion von Nahrungsmitteln benötigt wird. Spätestens damit ist klar, dass auch wir über importierte Nahrungsmittel die Wasserknappheit und die Wassernutzung in weit entfernten Ländern unmittelbar und nennenswert beeinflussen können. Die geschätzte jährlich verfügbare und erneuerbare Menge an Süßwasser wird global auf minimal 9.000 km<sup>3</sup> und maximal auf 14.000 km<sup>3</sup> geschätzt. Angesichts des geschätzten heutigen Gebrauchs von etwa 5.500 km<sup>3</sup> wird klar, dass man sich bereits in absehbarer Zeit mit effizienter Wassernutzung (Mehrfachnutzung etc.) auseinander setzen müssen wird.

In den Industrieländern wird unabhängig von den spezifischen Bedingungen fast immer die einheitliche Lösung Spültoilette, einheitlicher Schwemmkanal und zentrale Kläranlage eingesetzt. Dieses hat in vielen Fällen in weniger dicht besiedelten Gebieten, zu unangepassten Lösungen mit Kanallängen von 20 m Kanal pro Person und mehr geführt (siehe Kap. 2.8). Durch den Bau der langen Kanäle haben sich bereits einige Gemeinden trotz hoher Zuschüsse für

### Literaturtipps!

SASSE, LUDWIG (1998): DEWATS - Decentralised wastewater treatment in developing countries.- BORDA (Industriestr. 20, D-28199 Bremen), Bremen: 160 S.

ESREY, STEVEN A., JEAN GOUGH, DAVE RAPAPORT, RON SAWYER, MAYLING SIMPSON-HÉBERT, JORGE VARGAS, UNO WINBLAD [HRSG.] (1998): Ecological Sanitation.- Swedish International Development Cooperation Agency (Sida), Stockholm: 92 S.

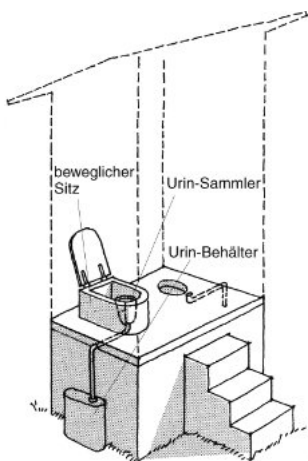
SASSE, LUDWIG & OTTERPOHL, RALF (1996): &J&J Status Report on Decentralised Low Maintenance Wastewater Treatment Systems (LOMWATS).- Commission of The European Union, BORDA, Bremen, 145 S.

LANZ, KLAUS (1995): Das Greenpeace Buch vom Wasser.- Naturbuch, Augsburg, 165 S.

WINBLAD & WEN KILAMA (1985): Sanitation without water.- Macmillan Education Ltd., London, 161 S., WINBLAD, UNO (1996): :&:&:&:& Recent Development in Sanitation, (Lund-Konf), vgl. auch DARROW & SAXENIAN 1986

### Transparency International (TI)

Die Koalition gegen Korruption in internationalen Geschäftsbeziehungen. Es handelt sich um eine gemeinnützige Nichtregierungsorganisation. Es gibt Büros in verschiedenen Ländern der Welt. Weitere Informationen in Deutschland: Heylstraße 33, 10825 Berlin, Tel.: 030-787-5908, fax -5707, E-mail: ti@contrib.de, Internet: <http://www.is.in-berlin.de/Service/ti.html>



**Abb. 75:**  
Komposttoilette mit Urinentrennung  
(aus WINBLAD 1985)

lange Zeit verschuldet. Dieses Problem würde in vielen Ländern der Welt für den ländlichen Bereich genauso zutreffen. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl von Rahmenbedingungen, die Spülklo und Schwemmkanal in vielen Fällen verbietet. In Regionen mit Wassermangel ist die Einführung von Spültoiletten ein Weg in die weitere Verelendung der ärmsten Bevölkerungsteile, für die dann kein Wasser verbleibt - es wird dann in den Toiletten der Bessergestellten verschwinden. Die Verschwendung der wertvollen Inhaltsstoffe von Fäkalien und Urin kann sich nur eine Industriegesellschaft leisten, die die Begrenztheit von Ressourcen zugunsten eines profitablen Strohfeuers aus dem Bewusstsein verdrängt.

Wir wollen uns nicht anmaßen, Lösungen für weniger industrialisierte Länder anzubieten. Unser Interesse ist die Veränderung in dem Bereich, den wir gut kennen. Damit möchten wir anderen Ländern signalisieren, dass der Umgang mit Wasser auch anders aussehen kann. Der Versuch, machbare Konzepte für ländliche Bereiche in anderen Klimazonen aufzuzeigen, wurde von der BORDA, Bremen unternommen. Die BORDA arbeitet seit langem auf diesem Gebiet und hat das Prinzip, nur mit lokalen Organisationen zusammenzuarbeiten. Es wurde eine Vielzahl von Projekten, oft mit Biogasanlagen durchgeführt. In der konkreten Arbeit vor Ort zeigen sich die Beschränkungen unserer auf Geld und Know-how aufgebauten „Lösungen“. Eine Übersicht über die Erfahrungen und der Versuch des Vorschlags machbarer Konzepte ist von SASSE & OTTERPOHL 1996 veröffentlicht worden.

Gespräche mit Fachleuten der Abwassertechnik, die in materiell armen Ländern tätig sind, geben ein desillusionierendes Bild von Entscheidungsfindungen ab. Die treibende Kraft ist Geld. Für die anbietenden Firmen wie für die Entscheidungsträger vor Ort sind allerdings nur sehr große Summen interessant. Wenn ein Firmenvertreter eine riesige High-Tech-Kläranlage bauen will, werden ihm Tür und Tor geöffnet. Bei derartigen Projekten wird oft Geld der Weltbank oder anderen Geldgebern mitgebracht, und es fließen sehr häufig erhebliche Summen an Schmiergeldern. Oft werden Summen bis zur Hälfte der Investitionssumme offen dafür einkalkuliert, an die verschiedensten (Selbstbe-)Diener des entsprechenden Staates zu gehen. Diese Praxis ist Diebstahl, vergrößert die unerträgliche Schuldenlast finanziell armer Länder und macht auch vor Industrieländern keinen Halt. Eine Organisation namens „Transparency international“ hat sich der Aufgabe gestellt, durch Bildung von Koalitionen die Korruption einzudämmen. Aufgrund der privaten Geld- und Geltungssucht besteht also hohes Interesse an Großprojekten - Kläranlagen werden also oft nicht für die Abwasserreinigung gebraucht; das interessiert oft nicht mal am Rande. Nach der Finanzierung der Anfangsinvestition kostet der Betrieb dann Geld aus öffentlichen Kassen, wenn kein Gebührenmodell etabliert werden kann. Damit sind die Betriebstage einer Anlage gezahlt. Wenn engagierte Organisationen einfache, preiswerte und angepasste Technologien umsetzen wollen, gibt es auf Regierungsebene hauptsächlich geschlossene Türen. Die genannten Aussagen bauen auf Gesprächen mit vielen Fachleuten aus verschiedenen Ländern und Bereichen auf. Sie sind subjektiv und lassen sich nicht beweisen, ohne Karrieren zu zerstören. Es soll hier auch nur darauf hingewiesen werden, wie Entscheidungen für eine grundlegend wichtige

Infrastruktur in armen Ländern ablaufen. Es liegt dabei kein technisches Problem vor. Hier können und müssen internationale Regelungen helfen.

Eine der fortschrittlichsten Papiere dazu ist die auf der Konferenz in Rio de Janeiro 1992 beschlossene AGENDA 21. Für den Bereich der Abwasserbehandlung fehlen jedoch klare ökologische Grundsätze. Folgt man der AGENDA 21 in diesem Bereich, wird für alle Welt das System Spültoilette, Schwemmkanal und zentrale Kläranlage gebaut. Wenn die Konsequenzen einer solchen Entwicklung berechnet werden, kommen viele Fragen auf. Wie soll der Energiebedarf der Kläranlagen gedeckt werden? Er läge für sehr arme Länder bei bis zu 50 % des Gesamtenergieverbrauches. Woher soll das Wasser in den vielen Regionen mit heute schon extremen **Wassermangel** kommen? Wer soll diese Anlagen betreiben - moderne Kläranlagen in weniger industrialisierten Ländern sind oft nach wenigen Jahren nicht mehr in Betrieb. Wie soll die Bodenfruchtbarkeit erhalten werden, wenn organische und anorganische Inhaltsstoffe von Fäkalien und Urin energieaufwendig vernichtet oder ins Meer geleitet werden? Schon heute fehlt in einigen Ländern der Humus zur Aufrechterhaltung des Ackerbaus. Die teuer importierten und mit viel Energieaufwand bereitgestellten Handelsdünger wären überflüssig, wenn die organischen Abfälle zurückgeführt würden. Die immer höheren Konzentrationen an Nährsalzen zerstören die Möglichkeiten des Fischfangs, der oft eine wichtige Nahrungsgrundlage darstellt. Das Spülklo und der Schwemmkanal greifen also in die wichtigsten Bereiche des Lebens ein. Die von einer milliardenschweren Industrie aus nachvollziehbaren Motiven vorangetriebene Verbreitung der Standardlösung der Industrieländer (die auch in diesen auf Dauer nicht tragbar ist) muss hinterfragt werden. Viele der dabei tätigen Ingenieure sind überzeugt, etwas Gutes zu tun - was im Einzelfall und in einer Kurzzeitbetrachtung auch stimmen mag. Es ist unabdingbar, Alternativen zu diskutieren und deren Einsatz zu prüfen. Oft sind althergebrachte Ansätze mit geringerem Aufwand an die heutigen hygienischen Anforderungen anzupassen.

Es gibt einige Ansätze, die bei entsprechenden Rahmenbedingungen zu geringen Kosten und mit großen volkswirtschaftlichen Vorteilen umgesetzt werden können. Die Bedingungen für den Einsatz von wasserfreien Toilettensystemen sind in vielen Ländern des Papier benutzenden Teils der Erde gegeben. Bei diesen Anlagen muss entschieden werden, ob eine Trocknungstoilette (heiße Klimate) oder eine Komposttoilette sinnvoll ist. Das große Problem bei den letzteren ist, dass ein bestimmter Feuchtigkeitsbereich eingehalten werden muss. Er liegt für die Trocknung bei unter 20 % und bei der Kompostierung bei etwa 50 % bis 60 %. Näheres dazu ist bei WINBLAD (1996) zu finden. WINBLAD ist nach 35 Jahren Forschungsarbeit vor Ort der Meinung, dass in vielen Ländern **Trocknungstoiletten mit Solarerwärmung** das beste System darstellen. Das Material kann nicht zu trocken werden, während bei Kompostern der Bereich schwer einzuhalten ist.

In dem Teil der Welt, wo die Analreinigung traditionell mit Wasser erfolgt (die Papiermethode gilt dort oft als unhygienisch), kann nur schwer ein Kompostierungssystem etabliert werden. Die Reinigung müsste das Wasser in andere Bahnen leiten. Hier bestehen bei tropischem Klima eventuell eher Möglichkeiten, mit Biogasanlagen zu arbeiten. Bei allen Überlegungen sind

## Agenda 21

Doch nicht nur aus Gründen des Wassermangels lässt sich die Sanitärpraxis der Industrienationen auf viele Länder nicht übertragen. Wollte man alle Menschen auf der Erde mit dem selben Standard ausrüsten, so würde der Energieverbrauch für Wasser- und Abwasser in etwa bei der Größenordnung liegen, die alle etwa 320 weltweit sich in Betrieb befindlichen Atomkraftwerke zusammen produzieren (vgl. Kap.2).



**Abb. 76:**

Internationale Toilette mit Toilettenpapier zur trockenen Hygiene und dem Wasserhahn zur feuchten Hygiene (aufgenommen in Istanbul auf der UNO-Konferenz Habitat II)

die traditionellen Ansätze sowie religiöse und soziale Fragen zu beachten. Es sollte nie ohne die Fachleute aus der Region gearbeitet werden, deren Arbeit aber auch kritisch hinterfragt werden muss. Es gibt keine Patentrezepte. Eine **angepaßte Low-Tech-Lösung** zu finden, ist die höchste Leistung und gehört zu den wichtigsten humanitären Aufgaben. Die Menschenrechte kommender Generationen zählen zur Zeit wenig, was aber nicht deren Missachtung rechtfertigt. Die **zukunftsfähigen Sanitärstrategien** für die Menschen in materiell armen Ländern sind wahrscheinlich nicht die, mit denen aktuell am meisten Geld für externe Investoren zu verdienen ist. Hier muss das Prinzip der Hilfe zur Selbsthilfe ernst genommen werden.



## 10. Institutionen, Tagungen & Adressen

In den letzten Jahren sind zahlreiche lokale Bürgerinitiativen entstanden, die sich gegen die Bestrebungen, auch dünn besiedelte Bereiche zentral zu kanalisieren oder mit Wasser zu versorgen, zur Wehr setzen. An dezentralen Wasserver- und -entsorgungseinrichtungen Interessierte fangen an, sich in entsprechenden Verbänden zu organisieren. Darunter sind kleinere Bürgerinitiativen, wie die 1989 in Kißlegg gegründete „Bürgerinitiative für dezentrale Wasserversorgung (BDW)“ oder die größere „Interessengemeinschaft Kommunale Trinkwasserversorgung (IKT)“, die in Baden-Württemberg seit 1992 einen eigenen Landesverband gegründet hat. Mitglieder des IKT sind Gemeinden, Wasserwerke, Verbände, Firmen, Bürger und Zusammenschlüsse von Hausbrunnen- und Kleinkläranlagenbesitzern.

Der als gemeinnützig anerkannte Verein „Bundesverband Interessengemeinschaft **D**ezentrale **A**bwasserbehandlung (IDA)“ wurde Ende Oktober 1992 ebenfalls in Kißlegg gegründet. Die IDA ist aus dem Zusammenschluss zahlreicher lokaler Bürgerinitiativen hervorgegangen. Ihr wichtigstes Ziel ist „die Förderung aller Methoden, die zum Aufbau kleiner Wasserkreisläufe, zur Wassereinsparung und -wiederverwendung führen. Erreichen will der Verband dies durch Fachtagungen, Informationsveranstaltungen und Gespräche mit Kommunen, Verbänden, Behörden, Politikern und Wasserbauingenieuren, ferner durch Planung und Förderung von Forschungsarbeiten und der Sammlung und Veröffentlichung einschlägiger Forschungsergebnisse. Der Aufbau eines Informationsdienstes soll den Mitgliedern des Verbandes, aber auch interessierten BürgerInnen, Kommunen und Behörden ermöglichen, sachliche Informationen über die Vor- und Nachteile dezentraler Verfahren bzw. ökologischer Sanitärkonzepte zu erhalten. Damit soll die Scheu vor zukunftsfähigen Abwasserbehandlung aus den Amtsstuben vertrieben und die Gleichberechtigung dezentraler Anlagen gezeigt werden.“

Neben solchen landes- oder bundesweit organisierten Gruppen mit häufig stattfindenden kleinen Tagungen, gibt es inzwischen eine Reihe internationaler Vereinigungen, die regelmäßig Tagungen zu entsprechenden Themen veranstalten, darunter z.B. die „International Ecological Engineering Society (IEES)“ oder die „International Association on Water Quality (IAWQ)“.

## 10.1. Adressenverzeichnis

Das folgende Adressenverzeichnis erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Wir bitten die Leser ggf. für kommende Auflagen um kritische Durchsicht, Ergänzungsvorschläge sowie Aktualisierungen oder Berichtigungen.

Danke, die Verfasser

### Adressenverzeichnis

#### Verbände, Vereine, Gruppen und Beratungsstellen

Adresse	Telefon Fax E-mail	Informationen Homepage
Abwassertechnische Vereinigung e. V. (ATV), Theodor Heuss-Allee 17, 53773 Hennef	T: 02242/872-0 F: 02242/872-135 E: atvorg@atv.de	Abwasser, Abfall, Organ: Korrespondenz Abwasser; (Ernst-Kuntze-Preis, Karl-Imhoff-Preis) <a href="http://www.atv.de">http://www.atv.de</a>
AK-Wasser des BBU (Bundesverband der Bürgerinitiativen Umweltschutz, Hr. Geiler), Rennerstraße 10, 79106 Freiburg	T: 0761/275693 F: 0761/288216 E: nik@privat.toplink.de	AK-Wasser-Rundbrief (800), erscheint ca. alle 2 Wochen; <a href="http://www.akwasser.de">http://www.akwasser.de</a>
AK-Wasser im BUND (Sebastian Schönauer), Setzbornstr. 38, 63860 Rotenbuch	T: 06094/457	
AK-Wasser im LBU Niedersachsen (Gero Lamberti), Waldheimstr.9, 30519 Hannover	T: 0511/830873 F: 0511/830898	
Arbeitsgemeinschaft Repositionspflanzen (Siegfried Ziepke), Schwanheimer Str. 79, 64625 Bensheim		
Arbeitsgemeinschaft Rheinwasserwerke (ARW) c/o Gas-, Elektrizitäts- und Wasserwerke Köln AG, Parkgürtel 24, 50823 Köln	T: 0221/78-29-90	
Arche - Grün-ökologisches Netzwerk, Plessenstr. 2, 12435 Berlin	T: 030/2727104 F: 030/2727104	Luftverschmutzung, Wasserverschmutzung, Energie, Abfall
ARGE Biogas (W. Graf), Blindengasse 4/10-11, A-1018 Wien	T: 0043/1-4064579	Biogas
Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Postfach 190241 (Lazarett Str. 67) 80636 München	T: 089/12100 F: 089/12101435	
BGL-Arbeitsgruppe: Wasserreinigung mit Pflanzen (Michael Henze), Haus der Landschaft, 53604 Bad-Honnef		
Bioland Verband für organisch-biologischen Landbau e.V. (Hans-Jörg Däuwel), Postfach 208 (Nördliche Ringstr. 91), 73033 Göppingen	T: 07161/31012 F: 07161/37819	1971 gegründet, größter deutscher Anbauverband des ökologischen Landbaus
BORDA, Breitenweg 55, 28195 Bremen	T: 0421/13718	Biogasanlagen in Entwicklungsländern
Bund für Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BKW), Pappelweg 31, 40489 Düsseldorf	T: 0211/1590-212	Organ: Wasser und Boden (Aufl. 7500)

**Adressenverzeichnis****Verbände, Vereine, Gruppen und Beratungsstellen**

<b>Adresse</b>	<b>Telefon Fax E-mail</b>	<b>Informationen Homepage</b>
<i>Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.: Bundesgeschäftsstelle (Mick Petersmann), Im Rheingarten 7, 53225 Bonn</i>	<i>T: 0228/400970 F: 0228/4009740</i>	<i>Luft- und Wasserverschmutzung, Energie, Klimaveränderungen, Landwirtschaft</i>
<i>Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Kaiserin-Augusta-Anlagen 15-17, 56068 Koblenz</i>	<i>T: 0261/13060 F: 0261/1306302</i>	
<i>Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Kußmaulstr. 17, 76187 Karlsruhe</i>	<i>T: 0721/97260</i>	
<i>Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW), Josef Wirmer-Str. 1, 53123 Bonn</i>	<i>T: 0228/25980 F: 0228/5208-120</i>	<i>Organ: gwf-Das Gas- und Wasserfach (Aufl. 4000); <a href="http://www.bgw.de">http://www.bgw.de</a></i>
<i>Bundesverband Interessengemeinschaft Dezentrale Abwasserbehandlung (IDA), c-o Siegbert Mahal, Wiershausen 1, 37589 Wiershausen</i>	<i>T: 05553/2578 ; od. 05553/91255 F: 05553/91277</i>	<i>Politische und juristische Beratung; Abwasser, Nutzwasser, Organ: Nutzwasser-Magazin</i>
<i>Bundesverband physikalische Wasserbehandlung e.V., Heinestraße 169, 70597 Stuttgart (BVPW)</i>	<i>T: 0711/9765817 F: 0711/9765830</i>	<i>Physikalische Wasserbehandlung</i>
<i>Bürgerinitiative für dezentrale Wasserversorgung (BDW), Michael Verderber, Oberrot 7, 88353 Kißlegg</i>		
<i>Bürgerinitiative "Stoppt den Vorfluter Süd" c-o Ulrich Meyer-Steinhaus, Piusstr. 28, 50171 Kerpen</i>	<i>T: 02237/2521</i>	<i>Abwasser</i>
<i>Climate Network Europe (Delia VillaGraca), 44- rue du Taciturne, B-1050 Brüssel, Belgien</i>	<i>T: 0032-2/2310180 F: 0032-2/2305713</i>	<i>Luft- und Wasserverschmutzung, Energie</i>
<i>Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Wolfram Dirksen, Gluckstr. 2, 53115 Bonn</i>	<i>T: 0228/631446 od. 0228/983870 F: 0228/9838733</i>	<i>Organ: Wasser und Boden (Aufl. 7500), Wasserwirtschaft (Aufl. 3500)</i>
<i>Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) - (M.Gille), Postfach 5240 (Hauptstr. 71-79), 65760 Eschborn</i>	<i>T: 06196 /7017-0 F: 06196 /481152</i>	<i>gwf-Das Gas- und Wasserfach</i>
<i>Deutscher Wetterdienst Geschäftsfeld Klima und Umweltberatung (Dr. W. Thommes) bzw. Hydrometeorologie (Dipl.-Met. H. Bartels), Postfach 100465, 63067 Offenbach</i>	<i>T: 069/8062-0 F: 069/80622993</i>	<i>Klimadaten; Niederschlags- und Verdunstungsdaten</i>
<i>DIN-Normenausschuß Wasserwesen (NAW), Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin</i>	<i>T: 030/2601-1(0)</i>	<i>Organ: DIN-Mitteilungen (Aufl. 6400)</i>
<i>Dokumentationszentrale Wasser beim Umweltbundesamt, Rochusstr. 36, 40479 Düsseldorf</i>	<i>T: 0211/482 041-2</i>	<i>Bibliothek zum Thema Wasser</i>
<i>European Environmental Bureau (Karola Taschner), Rue de la Victoire 22-26,</i>	<i>T: 0032/2539007 F: 0032/25390921</i>	<i>Europäisches Umweltzeichen, technische Normung</i>

**Adressenverzeichnis****Verbände, Vereine, Gruppen und Beratungsstellen**

<b>Adresse</b>	<b>Telefon Fax E-mail</b>	<b>Informationen Homepage</b>
<i>B-1060 Brüssel, Belgien</i>		
<i>Fachverband Biogas (M. Köttner), Am Feuersee 8, 74592 Kirchberg</i>	<i>T: 07954/1270</i>	<i>Biogas</i>
<i>Fachvereinigung Betriebs- und Regenwasser- nutzung e.V. (fbr), Kasslerstraße 1a, 60486 Frankfurt</i>	<i>T: 069/97074647 F: 069/97074648</i>	<i>gegründet 1995; erste Fachtagung Juni 1996; jährliche Vergabe eines fbr-Förderpreises</i>
<i>Förderkreis Biogas, Biogas-Förderverein Schwarzwald-Baar-Heuberg c-o Otto Körner, Burgring 8, 78199 Bräunlingen</i>	<i>T: 07705/5641</i>	<i>Biogas</i>
<i>Gerolsteiner Brunnen GmbH &amp; Co., 54568 Gerolstein-Vulkaneifel</i>	<i>T: 06591/140</i>	<i>u.a. Vergabe eines Umweltpreises</i>
<i>Gesellschaft Deutscher Chemiker, Fachgruppe Wasserchemie c-o Prof. Dr. K-E. Quentin, Gustav-Adolf Str. 20, 95326 Kulmbach</i>	<i>T: 09221/7975</i>	<i>Organ: Vom Wasser, Zeitschrift für Wasser- und Abwasserforschung</i>
<i>GTZ Abt. GATE OE, Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien C. Rudolph, Postfach 5180, 65726 Eschborn</i>	<i>T: 06196/790</i>	<i>Biogas in Entwicklungsländern</i>
<i>Ingenieurökologische Vereinigung Deutschland (IÖV), - Geschäftsstelle, Alpenstraße 13, 86159 Augsburg</i>	<i>T: 0821/582472</i>	
<i>Initiative "Sauberes Abwasser – saubere Gebühren", c-o Kristall e. V., Weinsbergstraße 190, 50825 Köln</i>	<i>T: 0221/54 36 24</i>	<i>Abwasser</i>
<i>Innovationsstelle und Förderungswerk für das holz- und kunststoffverarbeitende Handwerk e. V., Washingtonstraße 75, 65189 Wiesbaden</i>	<i>T: 0611/70 23 94</i>	
<i>Institut für Baubiologie + Ökologie (IBN), Holzham 25, 83115 Neubeuern</i>	<i>T: 08035/2039 F: 08035/8164</i>	<i>Zeitschrift Wohnen und Gesundheit</i>
<i>Institut für gewerbliche Wasserwirtschaft und Luftreinhaltung e. V. (iwl), Wankelstraße 33, 50996 Köln</i>	<i>T: 0221/390911</i>	
<i>Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, Pressestelle UBA, Postfach 330022 (Corrensplatz 1), 14195 Berlin</i>	<i>T: 030/89030 F: 030/89031380</i>	<i>Abwasserreinigung und Gewässerschutz</i>
<i>Interessengemeinschaft für Beitragsgerechtigkeit Beitragsgerechtigkeit e.V. (IGB) (Armin Keil), Im Riedbrunnen 18, 72124 Pliezhausen-Rübgarten</i>	<i>T: 07127/8519</i>	
<i>Interessengemeinschaft Kommunale Trinkwasserversorgung (IKT), Mainstraße 54, 97276 Margetshöchheim</i>	<i>T: 0931/461071</i>	
<i>International Association on Water Quality (IAWQ),</i>	<i>T: 0044/171 839 8390</i>	<i>Organe: Water Quality International</i>

**Adressenverzeichnis****Verbände, Vereine, Gruppen und Beratungsstellen**

<b>Adresse</b>	<b>Telefon Fax E-mail</b>	<b>Informationen Homepage</b>
20 Manson's Yard, Duke Str., 1 Queen Anne's Gate, London SW1Y6BU, England	F: 0044/171 839 8299 (2223848) od. (1712331197) E: iawq@compuserve.com	(informiert über Internationale Tagungen), Water Research, Water Science & Technology <a href="http://www.iawq.org.uk/index.htm">http://www.iawq.org.uk/index.htm</a>
International Ecological Engineering Society c-o Dr. Johannes Heeb, Zentrum für angewandte Ökologie, Bahnhofstrasse 2, CH-6110 Wolhusen, Schweiz	T: 0041/41-4904074 F: 0041/41-4904074	gegründet 1993, als Plattform zur Zusammenarbeit zwischen Ingenieuren und Ökologen, Organ: Ecological Engineering
Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE), Fürstenwall 20, 39104 Magdeburg		
KTBL (Dr v. Oheimb, Dr. Kuhn) Bartningstr 49, 64289 Darmstadt	T: 06151/70010	Biogas
Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)		Vorsitz wechselt zweijährlich Umweltministerien der Länder
Landtechnischer Verein in Bayern, Vöttinger Str 36, Herr Mitterleitner 85354 Freising	T: 08161/713302	Biogas, Bayern
Landwirtschaftsamt (Dr. Weiler), Hohenheimer Str 40, 71522 Backnang	T: 07191/12332 od. 320	Biogas, Baden-Württemberg
Oekofonds (J. Schummer), BP 75 L-9001 Ettelbruck, Luxemburg	T: 00352/81778	Biogas, Luxemburg
Ökozentrum Langenbruck, Schwenigstraße 12, CH-4438 Langenbruck	T: 0041/62-603111	Solarenergienutzung, "Solar-pluviales Waschen", Komposttoiletten
Schulungszentrum Regenwassernutzung rod (SRK) [Inh. Norbert Winkler, Klaus Kissel (Geschäftsführer)], Brachtalstr. 18, 63699 Kefenrod	T: 06054/2750 F: 06054/6556	Seminare, Schulungen zum Thema Kefen-Regenwassernutzung
Verband der privaten Abwasserentsorger e. V. (VpA), Stockumer Str.10, 58453 Witten	T: 02302/64442	Abwasser
Verband Industrieabwasser, Postfach 103237, 68032 Mannheim	T: 0621/8789-680	Abwasser
Verein für Bio-Energie e.V., 34582 Borken, Marienrode	T: 05682/3862 F: 05682/5822	Energie aus nachwachsenden Rohstoffen und Bio-Reststoffen
Verein zum Schutze des Rheins und seiner Nebenflüsse, Ginsterstraße 2, 46348 Raesfeld – Erle	T: 02865/6978	
Verein zur Reinhaltung der Gewässer e.V., (Dr. Hoffmann-Walbeck), Celler Str. 67, 38114 Braunschweig	T: 0531/55275 F: 0531/570043	Wasserwirtschaft
Vereinigung Deutscher Gewässerschutz, Mathias-Grünewaldstr. 1-3, 53175 Bonn	T: 0228/375007	Organ: Schriftenreihe zum Gewässerschutz
Waldquellensiedlung: Ansprechpartner: Frank Hermann od. Ralf Müller,	T: 0521/1443163	Genossenschaftssiedlung für 350-400 Einw., 60 Komposttoiletten,



**Adressenverzeichnis****Verbände, Vereine, Gruppen und Beratungsstellen**

<b>Adresse</b>	<b>Telefon Fax E-mail</b>	<b>Informationen Homepage</b>
Waldquellenweg 42, 33617 Bielefeld		2 BHKWs je 12 kW <sub>elektr.</sub>
Zentrum für angewandte Ökologie, CH-6114 Steinhuserberg, Schweiz	T: 0041/41-4901793 F: 0041/4904075	Pflanzenkläranlagen, Urinseparierung etc.
• Biogasgruppe Nord (H. Grobrügge), Mitteldorf 12, 27383 Westerwesede		Biogas
• Regionalverband Berlin, Brandenburg (R. Schnell), Grünbergerstr. 12, 10245 Berlin	T: 030/7861885	Biogas
• Regionalverband Sachsen, (A. Kretschmer), Dorfstr. 1, 04720 Austerwitz	T: 030/8550238	Biogas
Arbeitsgruppe empirische Planungsforschung, Uni GH Kassel (Prof. Dr. Ibsen), Mönchebergstraße 17, 34109 Kassel	T: 0561/804-3554 F: 0561/804-2485	BMBF-Forschungsprojekt: Wasserkreislauf und urban-ökologische Entwicklung, Organ: Wasserkultur
A & B Backlund ApS, Ordrupvej 101, DK 2920 Charlottenlund, Dänemark	T: +45 31 63 33 64 F: +45 31 63 64 55 E: backlund@backlund.dk	Neue Sanitärkonzepte, Energiepflanzen, Separationstoiletten
ATURUS (Arbeitsgemeinschaft Technologie- transfer, Umweltschutz, Raumplanung und sche Stadtökologie, Hr. Lange) Walter-Gropius-Straße 22, 79100 Freiburg	T: 0761/45683334 F: 0761/45683337  E: aturus@vauban.de;	Neue Sanitärkonzepte, Kleinkläranlagen, Energie- und Umweltberatung, Biologi-  Bestandsaufnahmen etc.; <a href="http://www.vauban.de">http://www.vauban.de</a>
Arbeitsgruppe empirische Planungsforschung, Uni GH Kassel (Prof. Dr. Ibsen), Mönchebergstraße 17, 34109 Kassel	T: 0561/804-3554 F: 0561/804-2485	BMBF-Forschungsprojekt: Wasserkreislauf und urban-ökologische Entwicklung, Organ: Wasserkultur
Biophil GmbH (Fr Dr. P Rabe),	T: 030/6392-6125	Biogas, Großküchenabfälle,

**Adressenverzeichnis****Wissenschaft und Forschung (im Bereich neuer Sanitärkonzepte, Biogas)**

<b>Adresse</b>	<b>Telefon Fax E-mail</b>	<b>Bemerkung Homepage</b>
Rudower-Chaussee 5, 12489 Berlin		Abfallbehandlung
COST-Aktion 682 der Kommission der europäischen Union, Cooperation in Science and Technology: Integrated Wastewater Management, gegründet bzw. umbenannt 1996 (Deutscher Vertreter: Prof. Dr. Ralf Otterpohl), Untergruppe Sustainable Sanitation (Leitung Prof. Dr. Willi Gujer, ETH Zürich, Schweiz)	T: 0041/1-633-3067	Neue Sanitärkonzepte, beschäftigt sich mit den wissenschaftlichen Grundlagen und dem Forschungsbedarf dauerhafter Sanitärkonzepte
EAWAG (Eidg. Anst. f. Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz - Abteilung Ingenieurwissenschaften, c-o Prof. Dr. Willi Gujer, Überlandstr. 133, CH-8600 Dübendorf, Schweiz)	T: 0041/1823-5036	Neue Sanitärkonzepte <a href="http://www.eawag.ch">www.eawag.ch</a>
Fachhochschule Hamburg, Fachbereich Bio-Ingenieurwesen (Prof. P Scherer), Lohbrugger Kirchstr. 65, 21033 Hamburg	T: 040/7252-2664	Biogas, Abfallbehandlung
Fraunhofer Institut für Grenzflächenforschung und Bioverfahrenstechnik, Dr. Trösch, Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart	T: 0711/97000 F: 0711/3654320	Biogas, Klärschlamm, Abfallbehandlung
Institut für Agrartechnik (Dr. Oechsner), Universität Hohenheim, Postfach 700562, 70599 Stuttgart	T: 0711/459-2684	Biogas, Landwirtschaft
Institut für Energie und Umwelttechnik in der Lebensmittelindustrie (Dr. Behmel), TUM, 85354 Freising-Weihenstephan	T: 08161/71-3109	Biogas
Institut für Sozialökologische Forschung, ISOE, c-o Engelbert Schramm, Hamburger Allee 45, 60486 Frankfurt	T: 069/700012 F: 069/777341	BMBF-Forschungsprojekt: Wasserkreislauf und urban-ökologische Entwicklung, Organ: Wasserkultur
Institut für Technologie (Prof. Weiland), Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig	T: 0531/596-508	Biogas
Institut für Tiermedizin und Tierhygiene (Dr. Philipp), Postfach 700562, 70599 Stuttgart	T: 0711/459-2448	Biogas, Hygiene
Krieg & Fischer Ingenieure, Marderweg 17, 24620 Bönebüttel	T: 04321/29971	Planung und Ausführung von Biogasanlagen
Labor für Anaerobe Verfahrenstechnik (Prof. Gosch), FH Gießen-Friedberg, Wiesenstraße 14, 35390 Gießen	T: 0641/309-605 (1)	Biogas
Novaenergie, Elggerstr. 36, CH-8356 Ettenhausen	0041/52-3683470	Biogas, Schweiz
OtterWasser GmbH, Kanalstr. 52, 23552 Lübeck	T: 0451/70-200-51 F: 0451/70-200-52 E: <a href="mailto:otterwasser@T-online.de">otterwasser@T-online.de</a>	Neue Sanitärkonzepte, Dezentrale Abwassersysteme, Computersimulation von Klärwerken <a href="http://home.t-online.de/home/otterwasser/index.htm">http://home.t-online.de/home/otterwasser/index.htm</a>

**Adressenverzeichnis****Wissenschaft und Forschung (im Bereich neuer Sanitärkonzepte, Biogas)**

<b>Adresse</b>	<b>Telefon Fax E-mail</b>	<b>Bemerkung Homepage</b>
SOLVIT, Hr. Latczko, Langsägestr. 15, CH-6010 Kriens	T: 0041/41-3100571 F: 0041/3100573 E: solvit@spectraweb.ch	Pflanzenkläranlagenoptimierung, Bodenökologie, PLFA-Analysen
T&U Recycling (Uli Braun), Guntramstraße 34, 79106 Freiburg	T: 0761/277896	Neue Sanitärkonzepte
Technische Universität Hamburg-Harburg Arbeitsbereich Abwasserwirtschaft (Prof.-Dr.-Ing. Ralf Otterpohl) c/o Jutta Niederste-Hollenberg 21071 Hamburg	T: 040/42 878 – 2416 F: 040/42 878 – 2684 E: hollenberg@tu-harburg.de	Verschiedene Forschungsprojekte zu neuen Sanitärkonzepten, Industrieabwasserkonzepte mit Schwerpunkt <a href="http://www.tu-harburg.de/grt">www.tu-harburg.de/grt</a>
Universität Karlsruhe, Inst. für Siedlungswasserwirtschaft (Prof. H. H. Hahn ph. D.) c-o Imke Fitschen, Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe	T: 0721/608-4115 F: 0721/607151	Neue Sanitärkonzepte, Urinseparation
University of Technology Eindhoven, Systems and Control group, Applied Physics, Annelies Balkema, W&S 1.39, P.O. Box 513, NL-5600 MB Eindhoven, Niederlande	E: a.j.balkema@ctrl. phys.tue.nl	Neue Sanitärkonzepte

## 10.2 Anbieterverzeichnis (Planer und Hersteller)

Seit etwa 15 Jahren steigt die Zahl von Planern und Anbietern zu einzelnen Komponenten/Verfahren alternativer Siedlungsentwässerung stetig an. Trotzdem sind alternative Verfahren im Bereich der Planung und der Installation solcher Anlagen immer noch die Ausnahme; nur wenige sind über lokale Zusammenhänge hinaus bekannt. Meist erfahren Interessierte nicht, dass es auch in ihrer Nähe einen entsprechenden Anbieter gibt. Ein bundesweites Anbieterverzeichnis fehlt unseres Wissens bislang, Erfahrungsaustausch ist noch immer selten und eine Qualitätskontrolle ist bisher kaum gewährleistet. Die folgende Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Im Gegenteil: Bei der 2. Auflage wurden nur Anbieter berücksichtigt, die entweder einen Beitrag zum Buch lieferten oder bereit waren, für den Eintrag eine kleine Gebühr zu entrichten. Ein umfangreicheres und informativeres Verzeichnis ist eine eigene und von den Autoren nicht zu leistende Arbeit. Honorierte Neueinträge sind bei einer Neuauflage herzlich willkommen.

### Adressenverzeichnis

#### Ingenieurbüros, Planer (Biogas, Naturnahe Abwasserreinigung, Pflanzenkläranlagen, Bodenfilter, Wasserspartechnologien, Neue Sanitärstrategien etc.)

Adresse	Telefon Fax E-mail	Bemerkung Homepage
A. Günther, Umweltschutztechnik, Techn. Büro, Gonsenheimer Str. 40-44, 55126 Mainz	T: 06131/470120 F: 06131/470124	Wasseraufbereitungssysteme und Kleinkläranlagen (Beratung, Planung/ Konzeption, Bauausführung, Wartung)
Atelier Dreiseitl, Nußdorferstraße 9, 88662 Überlingen	T: 07551/92880 F: 07551/62403	Regenwassernutzung, -versickerung, -behandlung, Pflanzenkläranlagen, Architektur, Kunst & Wasser
ATURUS (Arbeitsgemeinschaft Technologie- transfer, Umweltschutz, Raumplanung und Stadtökologie, Herr Lange) Walter-Gropius-Str.22, 79100 Freiburg	T: 0761/45683334 F: 0761/45683337 E: aturus@vauban.de	Neue Sanitärkonzepte, Optimierung von Pflanzenkläranlagen
BIOGASKONTOR (Erwin Köberle), Hauptstr. 6, 89611 Obermarchtal	T: 07375/392	Biogas
Dipl. Ing. Rita Keunecke, Am Pappelweiher 16, 52066 Aachen	T: 0241/5791050 F: 0241/5791051	Pflanzenkläranlagen, Naturnaher Gewässerausbau
EKO-PLANT GmbH, Karlsbrunnenstraße 11, 37249 Neu-Eichenberg	T: 05542/9361-0 F: 05542/936168	Pflanzenkläranlage für Industrie-, Gewerbe- und Sonderabwässer, Klärschlammvererdungsanlagen
IG Bindel-Zimmermann Planung für eine nachhaltige Wasserwirtschaft, Am Rosengarten 21, D-15566 Schöneiche	T: 030/64389438 F: 030/64389435 E: Bindel.Zimmermann@t- online.de	Regenwasserbewirtschaftung, Regenwassernutzung, Wasserversorgung, wassersparende Sanitärtechnik, Abwasserbehandlung, Komposttoiletten
Ingenieurbüro für Umweltplanung Heinrich Dernbach, Meißelstraße 29, 45476 Mülheim-Ruhr	T: 0208/400279/ od. 0208/400299 F: 0208/408154, E: Dernbach@uni- duisburg.de	Pflanzenkläranlagen, <a href="http://www.uni-duisburg.de/Dernbach">http://www.uni-duisburg.de/Dernbach</a>
Institut Fresenius (Prof. Dr. Löffler), Grenzstr. 28, 01109 Dresden	T: 0351/88576-60 F: 0351/88576-79	Pflanzenkläranlagen
OtterWasser GmbH, Kanalstr. 52, 23552 Lübeck	T: 0451/70-200-51 F: 0451/70-200-52 E: otterwasser@t-online.de	Ökologische Sanitärkonzepte, Kläranlagensimulation <a href="http://www.otterwasser.de">www.otterwasser.de</a>

**Adressenverzeichnis****Ingenieurbüros, Planer (Biogas, Naturnahe Abwasserreinigung, Pflanzenkläranlagen, Bodenfilter, Wasserspartechnologien, Neue Sanitärstrategien etc.)**

<b>Adresse</b>	<b>Telefon Fax E-mail</b>	<b>Bemerkung Homepage</b>
<i>RESOB -Ingenieurgesellschaft mbH (Regenerative Energiesysteme und optimierte Bauphysik) (Hr. Reichmann), Kempener Str. 22, 40699 Erkrath</i>	<i>T: 02104/9456-0 F: 02104/9456-29 E: resob@t-online.de</i>	<i>Regenerative Energiesysteme und optimierte Bauphysik</i>
<i>T&amp;U Recycling (Uli Braun), Guntramstraße 34, 79106 Freiburg</i>	<i>T: 0761/277896 F: 0761/277869</i>	<i>Neue Sanitärkonzepte <a href="http://www.intaqua.de">www.intaqua.de</a></i>
<i>T.B.W. - naturgerechte Technologien, Bau- und Wirtschaftsberatung GmbH (Hartlieb Euler), Baumweg 16, 60316 Frankfurt</i>	<i>T: 069/490195-96 F: 069/440049</i>	<i>Biogas</i>



**Adressenverzeichnis****Hersteller, Lieferanten (Vakuumentwässerung - Vakuumtoiletten, Biogas, Wasserspartechnologien, Urin-Separierstoiletten, Wasserfreie Urinale, Komposttoiletten etc.)**

<b>Adresse</b>	<b>Telefon Fax E-mail</b>	<b>Bemerkung</b>
Berger Biotechnik GmbH, Juliusstraße 27, 22769 Hamburg	T: 040/4397875 F: 040/437848	Komposttoilette, Wasserspartechnik
Fa. Busse GmbH, Zaucheweg 6, 04457 Leipzig-Baalsdorf	T: 0341/65984-0 F: 0341/65984-10 E: info@busse-gmbh.de	Mikrofiltration, Membranbiologie Hauskläranlagen www.busse-gmbh.de
DRL Hygiene-Systeme GmbH, D-40721 Hilden, Ellerstraße 101	T: 02103/5879-0 F: 02103/5879-49 E: info@drl.de	Wasserfrei Urinale www. waterless.com
EKOLET AG, Helsinki, Vertretung: Bio-Technik S.Habel & U. Reimer GbR, Lessingstr. 6, 04109 Leipzig	T: 0341-9803391 F: 0341-9803391	Komposttoiletten
F. Ernst Ingenieur AG, Riedwiesenstraße 18, CH-8305 Dietlikon-ZH (Schweiz)	T: 0041/1-833-3113 F: 0041/833-1836	Wasserfreie Urinale
Ges. f. Biotechnologie Umweltgestaltung Umwelttechnik mbH (M.R.Radtke), Postfach 1166, 97205 Veitshöchheim	T: 0931/97316 F: 0931/91366	Grauwassernutzung (water-re-gen)
GETEC TRADE - Thiemann und Meurer GbR, Rheinstr. 8, 64283 Darmstadt  einsatz	T: 06151/296425 F: 06151/296325  (Amoniak, Nitrit, Nitrat ) ohne	Niederenergetische Wasseraufbereitung, Wasserkreislaufsysteme, Elektrochemische Stickstoffentfernung Chemikalien-
Hans Grohe GmbH & Co. KG, Auestr. 5-9, 77761 Schiltach	T: 07836/51-0 F: 07836/511009	Wasserspararmaturen, Duschwasserrecycling
Harvestore Deutschland, Henze, Schmelzerstr. 28, 59425 Unna-Königsborn	T: 02303/961230 F: 02303/6483	Biogasanlagen, Stahltanks für Abwasser, Trinkwasser usw.
Ingenieurbüro für Abwassertechnik H. Reppert, Am Südhang 54, 32760 Detmold	T: 05231/469470 F: 05231/469470	Stoßbeschickungsvorrichtungen
LOKUS GmbH, Wasserrecycling, Silbersteinstraße 97, 12051 Berlin	T: 030/6253167 F: 030/6267155	Grauwasserrecyclingsanlagen, Tauchtropfkörper, Sandfilterkaskaden
Mall-Beton, Hüfingener Straße 39-45, 78166 Donaueschingen-Pföhren	T: 0771/8005-0 F: 0771/8005-100	Regenwassernutzung, Zisternen, Betonfertigteile, Tropfkörper, SBR, Zisternen mit Versickerungsring, Sandfilter
MIELE & Cie. GmbH & Co., Postfach, 33325 Gütersloh	T: 05241/89-0 F: 05241/89-2090 Regen- oder Brauchwasser	Haushaltswaschmaschinen für den Anschluß an Kaltwasser, Warmwasser,
Philipp Müller Wasserchemie GmbH, Steinbeisstr. 20-22, 71691 Freiberg/Neckar	T: 07141/70101-0 F: 07141/70101-62	Konditionierung, Entwässerung, Fest-/Flüssigtrennung
ROEDIGER VAKUUM- und HAUSTECHNIK GmbH, Kinzigheimer Weg 104-106, 63450 Hanau (Hr. Galler)	T: 06181/309-0 F: 06181/309-280	Vakuumkanalisation, Vakuumtoiletten, Kleinstabsaugungen für alle Sanitär- objekte, wie z.B. Waschtische, Wasserspararmaturen

**Adressenverzeichnis****Hersteller, Lieferanten (Vakuumentwässerung - Vakuumtoiletten, Biogas, Wasserspartechnologien, Urin-Separierungstoiletten, Wasserfreie Urinale, Komposttoiletten etc.)**

<b>Adresse</b>	<b>Telefon Fax E-mail</b>	<b>Bemerkung</b>
Sanitärsystemtechnik Abig-Zeisel, holtzstraße 13, 10587 Berlin	T: 030/39902780 F: 030/3936022) sst_berlin@compuserve	Wassersparende Sanitärtechnik Helm- Softwareprogramm "Raining"
Sanivac Vakuumtechnik GmbH, (Hr. Claas), Hafenstr. 32 a, 22880 Wedel	T: 04103/9168-61 F: 04103/9168-90	Vakuumtoiletten, druckluftgesteuerte Schieberventile
Sin Aqua Waterless GmbH, Riedemannweg 57, D-13627 Berlin	T: 030/3839915-0 F: 030/3839915-40 E: info@sinaqua-waterless.de	Wasserfreie Urinale, Druckregler (auch in Sanitärporzellan) www.sinaqua-waterless.de
VIRTUS GmbH (Herr Klake), Kleines Wegfährels 10, 21756 Osten (Isensee)	T: 04776/8383 F: 04776/838484	Vakuum, Vertrieb JETS-Vakuumtoiletten, Service Vakuum Sanitärsysteme und Bio-Kläranlagen
Wagner & Cölbe, Ringstraße 14, 35091 Cölbe	T: 06241/8007-0 F: 06241/8007-22	Regenwassernutzung, Zulaufüberwachung, PE-Tanks, Filter
WISY, Brachtalstr. 18, 63699 Kefenrod	T: 06054/1527 F: 06054/6556	Regenwassernutzung, Filtersysteme, Hauswasserwerke, Pumpen

# 11. Quellen\* und weiterführende Literatur

- ABEL, MEINHARD (1993)\*: ABGABENRECHTLICHE ASPEKTE DER REGENWASSERVERSICKERUNG UND REGENWASSERNUTZUNG IN: KOMMUNALE UMWELT-AKTION [HRSG.] SCHRIFTENREIHE DER KOMMUNALEN UMWELT-AKTION HEFT 16, HANNOVER: 66-71.
- ABEL, RUDOLF (1913): DIE ENTWICKLUNG DER LANDESANSTALT FÜR WASSERHYGIENE IN DEN ERSTEN 12 JAHREN IHRES BESTEHENS.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN LANDESANSTALT FÜR WASSERHYGIENE 17:1-V.
- ACKERMANN, ADOLF (1875): LITERARISCHER WEGWEISER FÜR DIE ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE UND DAS WOHL DER MENSCHEN. ENTHALTEND DIE SCHRIFTEN UND JOURNALARTIKEL DER LETZTEN 20 JAHRE (1854 BIS 1874).- ACKERMANN, MÜNCHEN, 53 S.
- ADAM, GEORG (1905): DER GEGENWÄRTIGE STAND DER ABWASSERFRAGE, DARGESTELLT FÜR DIE INDUSTRIE, AUF VERANLASSUNG DES VEREINS DER DEUTSCHEN TEXTILVEREDELUNGSINDUSTRIE DÜSSELDORF.- VIEWEG & SOHN, BRAUNSCHWEIG.
- ADAMS, RAINER (1993)\*: FLÄCHENDECKENDE UMSETZUNG DER REGENWASSERVERSICKERUNG IN DER PRAXIS AM BEISPIEL HAMELN/ THÜNDERN.- IN: KOMMUNALE UMWELT-AKTION [HRSG.] SCHRIFTENREIHE DER KOMMUNALEN UMWELT-AKTION HEFT 16, HANNOVER: 53-59.
- AFFIFI, S. (1990)\*: DIE ELIMINATION VON HALOGENPHENOLEN AUS WÄSSRIGER LÖSUNG DURCH BEPFLANZTE BODENFILTER.- DISS. AN DER GESAMTHOCHSCHULE KASSEL, FACHBEREICH LANDWIRTSCHAFT.
- AHEL, MARIJAN, D. HRSAK & WALTER GIGER (1994D)\*: AEROBIC TRANSFORMATION OF SHORT-CHAIN ALKYLPHENOL POLYETHOXYLATES BY MIXED.- ARCHIV ENVIRON. CONTAM. TOXICOL. 26: 540-548.
- AHEL, MARIJAN, FRANK E. SCULLY, JÜRIG HOIGNE & WALTER GIGER (1994C): PHOTOCHEMICAL DEGRADATION OF NONYLPHENOL AND NONYLPHENOL POLYETHOXYLATES IN NATURAL WATERS.- CHEMOSPHERE 28 (7): 1361-1368.
- AHEL, MARIJAN, J. McEVoy & WALTER GIGER (1993)\*: BIOACCUMULATION OF THE LIPOPHILIC METABOLITES OF NONIONIC SURFACTANTS IN FRESHWATER ORGANISMS.- ENVIRONMENTAL POLLUTION 79: 243-248.
- AHEL, MARIJAN, THOMAS CONRAD & WALTER GIGER (1987)\*: PERSISTENT ORGANIC CHEMICALS IN SEWAGE EFFLUENTS.- 3. DETERMINATIONS OF NONYLPHENOXY CARBOXYLIC ACIDS BY HIGH-RESOLUTION GAS CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTROMETRY AND HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY.- ENVIRONMENTAL SCIENCE TECHNOLOGY 21(7): 697-703.
- AHEL, MARIJAN, WALTER GIGER & CHRISTIAN SCHAFFNER (1994A)\*: BEHAVIOUR OF ALKYLPHENOL POLYETHOXYLATE SURFACTANTS IN THE AQUATIC ENVIRONMENT - I. OCCURENCE AND TRANSFORMATION IN RIVERS.- WAT. RES. 28 (5): 1143-1152.
- AHEL, MARIJAN, WALTER GIGER & M. KOCH (1994B)\*: BEHAVIOUR OF ALKYLPHENOL POLYETHOXYLATE SURFACTANTS IN THE AQUATIC ENVIRONMENT - I. OCCURENCE AND TRANSFORMATION IN SEWAGE TREATMENT.- WAT. RES. 28 (5): 1131-1142.
- AHLERS, J. (1994)\*: METHODEN ZUR ERMITTLUNG DES ÖKOLOGISCHEN RISIKOS VON STOFFEN MIT BEZUG ZU DEN BETREFFENDEN - JAHRESTAGUNG DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER, TAGUNGSBEITRAG.
- AHRENS, A. & J. LOHSE (1993): MITTEL UND WEGE - BEI DER KLÄRSCHLAMMENTSORGUNG DÜRFEN DIE STOFFWIRTSCHAFTLICHEN ZIELE NICHT AUS DEN AUGEN VERLOREN WERDEN.- MÜLLMAGAZIN 1/93: 57-62.
- ALBERT, MAX (1917): DIE HAUSENTWÄSSERUNG - EINE ERSCHÖPFENDE DARSTELLUNG ÜBER PROJEKTIERUNG, BAU, KOSTEN UND INSTANDHALTUNG.- OLDENBOURG VERLAG, MÜNSCH, BERLIN.
- ALBRECHT, H. (1891): WASSERVERSORGUNG. BERICHT ÜBER DEN VII. INTERNATIONALEN KONGRESS FÜR HYGIENE UND DEMOGRAPHIE, LONDON 10. - 17. AUGUST 1891.- GESUNDHEITS-INGENIEUR 19: 626-630.
- ALBRECHT, W. (1988): REGENWASSERVERSICKERUNG - EIN VERFAHREN ZUR SANIERUNG ÜBERLASTETER KANALISATIONSSYSTEME.- DIPLOMARBEIT AM INST. WAR, TH DARMSTADT.
- ALTHAUS, W. u. SÖRENSEN, O. (1971): UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN GEHALT DER VORFLUTER AN KREBSERREGENDEN STOFFEN UND DIE BEEINFLUSSUNG DIESER GEHALTES DURCH ABSCHWEMMUNGEN VON BESTIMMTEN STRASSENBELÄGEN.- SCHRIFTENREIHE. DZW H. 19. BERLIN.
- ANDERSEN, A. & F.J.BRÜGGMEIER [HRSG.] (1987)\*: BESIEGTE NATURGESCHICHTE DER UMWELT IM 19. UND 20. JAHRHUNDERT.- BECK, MÜNCHEN: 197 S.
- ANDERSEN, ARNE & GERD SPELSBERG [HRSG.] (1990)\*: DAS BLAUE WUNDER. ZUR GESCHICHTE DER SYNTHETISCHEN FARBEN.- KÖLNER VOLKSBLATT VERLAG, KÖLN: 254 S.
- ANDERSEN, ARNE (1996)\*: HISTORISCHE TECHNOLOGIEFOLGENABSCHÄTZUNG AM BEISPIEL DES METALLHÜTTENWESENS UND DER CHEMIEINDUSTRIE.- STEINER, STUTTGART. 470 S. (ZGL. HABIL. TECHNISCHE HOCHSCHULE DARMSTADT, 1995).
- ANDERSON, LETTY (1988): FIRE AND DISEASE: THE DEVELOPMENT OF WATER SUPPLY SYSTEMS IN NEW ENGLAND, 1870-1900.- IN: TARR, JOEL.A. & DUPUY, GABRIEL: TECHNOLOGY AND THE RISE OF THE NETWORKED CITY IN EUROPE AND AMERICA, PHILADELPHIA:137-156.
- ANDRE, F. (1828): BEMERKUNGEN ÜBER DIE RETIFICATION DES OBERRHEINS UND DIE SCHILDERUNG DER FURCHTBAREN FOLGEN, WELCHE DIESER UNTERNEHMEN FÜR DIE BEWOHNER DES MITTEL- UND UNTERRHEINS NACH SICH ZIEHEN WIRD.- HANAU.-
- ANONYMUS (1869): DIE EINFÜHRUNG DES PNEUMATISCHEN CANALISATIONS-SYSTEMS ZU PRAG.- DT. ING. U. ARCHIV-VER. B, PRAG.
- ANONYMUS (1869): REPORT OF THE COMMISSION TO INQUIRE INTO THE BEST MEANS OF PREVENTING THE POLLUTION OF RIVERS.- LONDON
- ANONYMUS (1870): I.BERICHT ÜBER DIE VERHANDLUNGEN U.ARBEITEN DER VOM STADTMAGISTRATE MÜNCHEN NIEDERGESETZTEN COMMISS.- MÜHLTHALER, MÜNCHEN.
- ANONYMUS (1870): RIVERS POLLUTION COMMISSION. SECOND REPORT. THE A.B.C. PROCESS OF TREATING SEWAGE.- LONDON.
- ANONYMUS (1871): RIVERS POLLUTION COMMISSION. THIRD REPORT OF THE COMMISSIONERS APPOINTED IN 1868 TO AQUIRE INTO THE BEST MEANS OF PREVENTING THE POLLUTION OF RIVERS. VOL. I POLLUTION ARISING FROM THE WOOLLEN MANUFACTURE.- EYRE & SPOTTISWOODE, LONDON.
- ANONYMUS (1873): CANALISATION UND ABFUHR ? DISCUSSION AUF DEM III. INTERNATIONALEN MEDIZINISCHEN CONGRESS ZU WIEN.- WIEN. MED. PRESSE NR. 35 U. FF.
- ANONYMUS (1874): DENKSCHRIFT ÜBER REINIGUNG UND ENTWÄSSERUNG DER STÄDTE MIT BESONDERER BEZIEHUNG AUF KARLSRUHE.- SEPERATUM.
- ANONYMUS (1874): RAPPORT DER COMMISSIE BENOEMD DOOR DEN GEMEENTERAAD VAN AMSTERDAM TOT HET ONTWERPEN OF

- VOORDRAGEN VAN EEN PLAN TOT REINIGING EN REINHOUDING VAN DEN BODEM EN DE WATEREN VAN AMSTERDAM. 1E GEDEELTE.- STADSDRUKKERIJ, AMSTERDAM, 216 S.
- ANONYMUS (1876)\*: DISCUSSION ÜBER BERIESELUNG IN ZÜRICH.- SCHWEIZER CORRESPONDENZ BLATT 6: 288.
- ANONYMUS (1877): OFFIZIELLE BERICHTEN VON STAATS- UND STADTBEHÖRDEN ÜBER DAS LIERNUR'SCHE CANALISATIONS-SYSTEM.- SCHELL, HEILBRONN.
- ANONYMUS (1877): TONNENABFUHRSYSTEM IN HEIDELBERG.- VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 9:721.
- ANONYMUS (1884): GENERAL-REGISTER ZUR VIERTELJAHRZEITSCHRIFT FÜR GERICHTLICHE MEDIZIN UND ÖFFENTLICHES SANITÄTSWESEN.- HIRSCHWALD, BERLIN.
- ANONYMUS (1884): GUTACHTEN DER KÖNIGL. WISS. DEPUTATION F. D. MEDICINALWESEN IN PREUSSEN BETREFF. D. LIERNUR'SCHE REINIGUN.- VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR GERICHTL. MED. U. ÖFF. SANITÄTSWESEN. N.F. XL. Bd.SUPPL-H (HIRSCHWALD, BERLIN).
- ANONYMUS (1885): DAS ABFUHRWESEN UND TONNENSYSTEM DER STADT EMDEN.- HAYNEL, EMDEN.
- ANONYMUS (1886): FESTSCHRIFT DER STADT BERLIN FÜR DIE 59. VERSAMMLUNG DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE.- STUHR, BERLIN.
- ANONYMUS (1890): DIE ZUVERLÄSSIGKEIT DER DIREKTEN EINLEITUNG DER FÄKALIEN IN DIE ISAR FÜR DIE STADT MÜNCHEN.- RIEGER, MÜNCHEN.
- ANONYMUS (1890): FESTSCHRIFT FÜR DIE TEILNEHMER DER 16. VERSAMMLUNG DES Dt. VEREINS F. ÖFF. GESUNDHEITSPFLEGE.- MEYER, BRAUNSCHWEIG.
- ANONYMUS (1892): DIE EINLEITUNG DER FÄKALIEN MÜNCHENS IN DIE ISAR.- LEHMANN, MÜNCHEN.
- ANONYMUS (1892): ENTWÄSSERUNG UND FÄKALABFUHR MITTELST DRUCKLUFT, SYSTEM SHONE.- AUGSBURG.
- ANONYMUS (1892): VORSCHLÄGE ZUR VERBESSERUNG DES DEUTSCHEN WASSERRECHTS: AUFGESTELLT V. D. Dt. LANDWIRT.- GESELLSCH.- PUTTKAMMER & MÜHLBRECH, BERLIN.
- ANONYMUS (1894): DIE KEIMTÖTENDE WIRKUNG DES TORFMULLS: VIER GUTACHTEN DER HERREN STUTZER, GÄRTNER, FRÄNKEL, LÖFFLER-PAREY, BERLIN.
- ANONYMUS (1894): DIE REINIGUNG STÄDTISCHER ABWÄSSER UND DIE VERWERTHUNG DER ERHALTENEN NIEDERSCHLÄGE.-
- ANONYMUS (1894): ENTWURF EINES PREUSSISCHEN WASSERGESETZES SAMMT BEGRÜNDUNG.- PAREY, BERLIN.
- ANONYMUS (1898): KANALISATION UND ENTWÄSSERUNG VON ORTSCHAFTEN AN BINNENSEEN. 2 GUTACHTEN.- LEHMANN, MÜNCHEN.
- ANONYMUS (1898): STRASSENHYGIENE IN EUROPÄISCHEN STÄDTEN: SAMMELBERICHT DES AUS ANLASS DES IX. INTERN. KONGR. F. HYGIENE UND DEMOGRAPHIE IN MADRID (APRIL 1898) ZUSAMMENGETRETENEN INTERN KOMITES.- HIRSCHWALD, BERLIN.
- ANONYMUS (1900): REPORT OF THE RIVERS COMMITTEE OF THE 22ND JANUARY, 1900. (A)REPORT OF THE EXPERTS (B) SUPPLEM.REPOR.- BLACKLOCK, MANCHESTER.
- ANONYMUS (1902): THIRD ANNUAL REPORT OF THE SEWAGE COMMISSION TO THE GOVERNOR. FOR THE YEAR ENDED SEPTEMBER 31, 1901.- TUTTLE, MOREHOUSE &, NEW HAVEN.
- ANONYMUS (1903): ROYAL COMMISSION ON SEWAGE DISPOSAL. THIRD REPORT .. IN 1898 TO..OF TREATING AND DISPOSING OF SEWAGE. I. TRADE EFFLUENTS 2. A NEW CENTRAL AUTHORITY. VOL II. EVIDENCE. - HMSO, WYMAN, LONDON.
- ANONYMUS (1924): VOM RHEINLACHS.- SCHWEIZER FISCHEREI-ZTG. 32 (6): 234-236.
- ANONYMUS (1938): DIE LANDWIRTSCHAFTLICHE VERWERTUNG DER ABWÄSSER.- GEMEINDETAG 32: 836.
- ANONYMUS (1954): SORGEN UM DEN RHEIN.- VDG MITTEILUNGEN, HEFT 12: 5.
- ANONYMUS (1957): DIE VERÖLUNG UNSERER FLÜSSE.- VDG MITTEILUNGEN, HEFT 3/4: 10-12.
- ANONYMUS (1957): ÜBERBLICK ÜBER DIE REINHALTUNGSMASSNAHMEN AM HOCH- UND OBERRHEIN.- VDG MITTEILUNGEN, HEFT 5/6: 8-9.
- ANONYMUS (1959): GUTACHTEN ÜBER MASSENTOD DER FISCHE IM RHEIN. (WAS SAGEN DIE AMERIKANER DAZU?).- ALLG. FISCHEREI-ZEITUNG 84: 94.
- ANONYMUS (1971): GRÖSSTE INDUSTRIELLE KLÄRANLAGE EUROPAS.- WASSER, LUFT UND BETRIEB 15 (7): 247-249.
- ANONYMUS (1975): BASF COMPLETES TEN-YEAR PROJECT FOR CLEANING UP THE RHINE.- WATER SERVICES 79 (958): 507.
- ANONYMUS (1975): GROSSKLÄRANLAGE DER BASF LUDWIGSHAFEN.- ÖSTERREICHISCHE ABWASSER-RUNDSCHAU 20: 42-43.
- ANONYMUS (1977): SECHS HAUPTQUELLEN DER RHEINBELASTUNG.- FORUM STÄDTE-HYGIENE 28: 315-316.
- ANONYMUS (1977): STAND DES GEWÄSSERSCHUTZES IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND. AUS DER SICHT DER VEREINIGUNG DEUTSCHER GEWÄSSERSCHUTZ.- FORUM STÄDTE-HYGIENE 28: 101-108.
- ANONYMUS (1984): WASSERWIRTSCHAFT IM WÄNDEL - 1859 - 1984; 125 JAHRE STAATLICHES AMT FÜR WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFT MÜNSTER.- MINISTER FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT U. FORSTEN D. LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, [DÜSSELDORF]: 68 S.
- ANONYMUS (1985): NOCH KEINE ENTWÄRUNG AM RHEIN. STATT DER SCHWERMETALLE NUN SCHWER ABBAUBARE ORGANISCHE SUBSTANZEN.- ZEITUNG FÜR KOMMUNALE WIRTSCHAFT 32 (10): 20.
- ANONYMUS (1994): BEDEUTUNG UND MÖGLICHE AUSGESTALTUNG EINER ABWASSERGABE FÜR INDIREKTEINLEITER.- UMWELT 12/94: 459.
- ANONYMUS (1994): EIN OZEAN VON HORMONEN.- SPIEGEL 20/94: 224-226.
- ANONYMUS (O.J.): ADLER'S PLAN VON HAMBURG-ALTONA-WANDSBEK.- .
- ANONYMUS (O.J.): ANLAGE ZUR REINIGUNG STÄDTISCHER ABWÄSSER VOM SIECHENHAUSPLATZ ZU HALLE A.D.SAALE MIT 6 GUTACHTEN.- .
- ANONYMUS (O.J.): DAS LIERNURSYSTEM: EIN MITTEL ZUR MODERNEN STÄDTEENTWÄSSERUNG ERLÄUT.A. D. H. D. VERH. I. D. S. EBERSWALDE.- NEUMANN, NEUDAMM.
- ANT, H. (1970): WENN DAS WASSER IM RHEIN WIRKLICH WASSER WÄRE. DAS FISCHSTERBEN VON 1969. GEFAHREN AUCH FÜR DEN MENSCHEN.- DAS PARLAMENT 20 (34): 5.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LÄNDER ZUR REINHALTUNG DES RHEINS (1965)\*: DENKSCHRIFT ZUR VERUNREINIGUNG DES RHEINS UND SEINER WICHTIGEN NEBENFLÜSSE IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND.- BAD GODESBERG.
- ARBEITSKREIS „WIRKUNGSSTUDIE“ DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER [HRSG.] (1991): STUDIE ÜBER WIRKUNGEN UND QUALITÄTSZIELE VON NÄHRSTOFFEN IN FLIESSGEWÄSSERN.- ACADEMIA, SKT. AUGUSTIN, 830 S.
- ARCHIV FÜR RATIONELLE STÄDTEENTWÄSSERUNG (1884): ARCHIV FÜR RATIONELLE STÄDTEENTWÄSSERUNG. I. HEFT 1884 - 12. HEFT 1895 [LIERNUR, HRSG.] - R. V. DECKERS VERLAG, BERLIN HEFT 1-12 1884-1895.
- ARNOLD, TIM (1990): EIN LEICHTER GERUCH NACH FÄULNIS UND SÄURE. - WASSERVERSCHMUTZUNG DURCH FÄRBEREI UND FÜHLE FARBENINDUSTRIE AM BEISPIEL DER WUPPER.- IN: DAS BLAUE WUNDER. ZUR GESCHICHTE DER SYNTHETISCHEN FARBEN.- KÖLNER VOLKSBLATT VERLAG, KÖLN: 145-161.



- ARNSBERG, H. MAUS (1994): ABWASSERBEHANDLUNG IM LÄNDLICHEN RAUM.- BERICHTE DER ABWASSERTECHNISCHEN VEREINIGUNG E.V. 44: 203-220.
- ARRHENIUS, ERIC (1992): POPULATION, DEVELOPMENT AND ENVIRONMENTAL DISRUPTION - AN ISSUE ON EFFICIENT NATURAL-RESOURCE.- AMBIO VOL. 21 NO. 1.
- ARRHENIUS, ERIC (1993): CLOSING LINEAR FLOWS OF CARBON THROUGH A SECTORAL SOCIETY: DIAGNOSIS AND IMPLEMENTATION.- AMBIO VOL. 22 NO. 7.
- ARTELT, W. [HG.] (1969): STÄDTE-, WOHNUNGS- UND KLEIDUNGSHYGIENE DES 19. JHS. IN DEUTSCHLAND.- STUDIEN ZUR MEDIZINGESCHICHTE DES 19. JHS. 3; STUTTGART.
- ARTNER, A. (1981): DIE ABWASSERFRAGE IM 19. JAHRHUNDERT.- VORTRAG AUF DER VDI-TAGUNG "TECHNIK UND UMWELT IN DER GESCHICHTE" (DÜSSELDORF, 6.3.1981).
- ATV FACHAUSSCHUSS INSTRUMENTE Z. HANDHABUNG D. ABWASSERABGABENGESETZ (1988): WIRKSAMKEIT DES ABWASSERABGABENGESETZES FÜR DIE REINHALTUNG DER GEWÄSSER - INFORMATIONSSYSTEME ZUR DARSTELLUNG DER WIRKSAMKEIT DER ABWASSERBEHANDLUNG FÜR DIE REINHALTUNG DER GEWÄSSER; ABSCHLUSSBERICHT DES FORSCHUNGSVORHABENS DES ATV-FACHAUSSCHUSSES 2.4;- DOKUMENTATION UND SCHRIFTENREIHE DER ATV AUS WISSENSCHAFT UND PRAXIS; 18 (GES. ZUR FÖRDERUNG D. ABWASSERTECHNIK (GFA), ST. AUGUSTIN: VIII): 118 S.
- ATV [HRSG.] (1982FF): LEHR- UND HANDBUCH DER ABWASSERTECHNIK, Bd. I-III.- WILHELM ERNST & SOHN, BERLIN, MÜNCHEN.
- BAAS, HERMANN JOH. (1879): ZUR GESCHICHTE DER ÖFFENTLICHEN HYGIENE.- DEUTSCHE VIERTELJAHRSSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 11:325-347.
- BABBAGE, CH. (1833): ÜBER MASCHINEN UND FABRIKENWESEN.- BERLIN (ENGL. ORG. 1832).
- BABUT DU MARÈS, J (1890): UTILISATION-EPURATION DES EAUX D'ÉGOUT (SEWAGE) PAR LE SOL ET LA VÉGÉTATION.- VERL.D. K. K. LANDWIRT. G., WIEN.
- BACCINI, PETER, HANS DAXBECK, EMMANUEL GLENCK & GEORG HENSELER (1993A)\*: METAPOLIS - GÜTERUMSATZ UND STOFFWECHSELPROZESSE IN DEN PRIVATHAUSHALTEN EINER STADT.- BERICHT 34 A DES NATIONALEN FORSCHUNGSPROGRAMMS 'STADT UND VERKEHR'; ZÜRICH: 164 S.
- BACCINI, PETER, HANS DAXBECK, EMMANUEL GLENCK & GEORG HENSELER (1993B)\*: METAPOLIS - GÜTERUMSATZ UND STOFFWECHSELPROZESSE IN DEN PRIVATHAUSHALTEN EINER STADT, TECHNISCHER ANHANG.- BERICHT 34 B (TECHN. ANHANG) DES NATIONALEN FORSCHUNGSPROGRAMM 'STADT UND VERKEHR'; ZÜRICH: 321 S.
- BACH, ERWIN (1981)\*: PETTENKOFER - SEIN BEITRAG ZUR LÖSUNG DER ABWASSERFRAGE.- IN: GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG DER WASSERWIRTSCHAFT UND DES WASSERBAUS IN BAYERN. INFORMATIONSBERICHT 4/81 DES BAYERISCHEN LANDESAMTES FÜR WASSERWIRTSCHAFT, MÜNCHEN: 261-285.
- BACH, H. (1924)\*: DIE BESTIMMUNG DES BIOCHEMISCHEN SAUERSTOFFBEDARFS.- GESUNDHEITSGENIEUR 393.
- BAER, S. (1933): DIE WASSERVERSORGUNG DEUTSCHER STÄDTE IM MITTELALTER.- WASSER/ABWASSER 76: 255 FF. (GWF).
- BAHLO, KLAUS & GERD WACH (1993)\*: NATURNAHE ABWASSERREINIGUNG: PLANUNG UND BAU VON PFLANZENKLÄRANLAGEN.- 2.AUFL. ÖKOBUCH VERLAG, STAUFEN BEI FREIBURG: 137 S.
- BAIER, JOHANN (1988): ARMUT, NOT UND HOFFNUNG AM RANDE DER STADT. HAIDHAUSEN IM JAHRHUNDERT DER CHOLERA-EPIDEMIEEN. EIN BEITRAG ZUR SOZIALGESCHICHTE HAIDHAUSENS.- MÜNCHEN.
- BAILEY-DENTON, E (1896): SEWAGE PURIFICATION: BROUGHT UP TO DATE, 1896.- SPA, LONDON.
- BALLOT, A.M. (1873): UEBER INFEKTIONSKRANKHEITEN IN HOLLAND UND ÜBER DIE EINFÜHRUNG DES LIERNU'SCHEN SYSTEMS DASELBS.- MED. TIMES AND GAZ. 1:182.
- BALLOT, A.M. (1874): DE GEZONDHEITSLEER TEGENOVER DE RISOLSTELSLS.- VAN HENGEL & EELTJES, ROTTERDAM, 52 S.
- BANAT, K., FÖRSTNER, U. & MÜLLER, G. (1972A): SCHWERMETALLANREICHERUNGEN IN DEN SEDIMENTEN WICHTIGER FLÜSSE IM BEREICH DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND. EINE BESTANDSAUFNAHME.- INTERNER BERICHT, INSTITUT FÜR SEDIMENTFORSCHUNG, UNIVERSITÄT HEIDELBERG: 230 S.
- BANAT, K., FÖRSTNER, U. & MÜLLER, G. (1972B): SCHWERMETALLE IN DEN SEDIMENTEN DES RHEINS.- UMSCHAU IN WISSENSCHAFT UND TECHNIK 72: 192-193.
- BANAT, K., FÖRSTNER, U. & MÜLLER, G. (1972C): SCHWERMETALLE IN SEDIMENTEN VON DONAU, RHEIN, EMS, WESER UND ELBE IM BEREICH DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND.- DIE NATURWISSENSCHAFTEN 59 (12): 525-528.
- BANDT, H. J. (1946): ÜBER VERSTÄRKTE SCHADWIRKUNGEN AUF FISCHE, INSBESONDERE ÜBER ERHÖHTE GIFTWIRKUNGEN DURCH KOMBINATION VON ABWASSERGIFTEN.- BEITRÄGE ZUR WASSER-, ABWASSER- UND FISCHEREICHEMIE AUS DER FLUSSWASSER-UNTERSUCHUNGSANSTALT MAGDEBURG 1: 15-23.
- BANDT, H. J. (1955): FISCHEREISCHÄDEN DURCH PHENOLABWÄSSER.- WASSERWIRTSCHAFT & WASSERTECHNIK 5: 290 FF.
- BANDT, H. J. (1957): DIE VORFLUTERVERPILZUNG UND DIE GESCHMACKSBEEINFLUSSUNG DER FISCHE ALS FOLGERSCHENUNGEN VON ABWÄSSERN.- SITZUNGSBERICHTE DTSCH. AKAD. LANDWIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN BERLIN 6 (1957).
- BANDT, H. J. (1958): PHENOLABWÄSSER UND ABWASSERPHENOLE, IHRE ENTSTEHUNG, SCHADWIRKUNG UND ABWASSERTECHNISCHE BEHANDLUNG.- AKADEMIE VERLAG, BERLIN.
- BANFIELD, THOMAS C. (1836,1970): INDUSTRY OF THE RHINE (REPRINT OF 1836 EDITION).- NEW YORK.
- BANFIELD, THOMAS C. (1848,1969): INDUSTRY OF THE RHINE: SERIES 1-2; 2 VOLS IN 1. REPR. OF 1848.- KELLEY, AUGUSTUS M. PUBLISHERS, 1969.
- BARCLAY-SMITH, PH. (1967): OIL POLLUTION; AN HISTORICAL SURVEY.- JOURNAL DEVON TRUST NAT. CONSERV. 7 (1967) 3 FF.
- BARDACH, J. (1964): DOWNSTREAM: A NATURAL HISTORY OF THE RIVER.- HARPER AND ROWE, NEW YORK.
- BARDE, CHARLES (1891): SALUBRITÉ DES HABITATIONS ET HYGIÈNE DES VILLES.- STAPELMOHR, GENÈVE.
- BARNES J.R. & G.W.MINSHALL (1983): STREAM ECOLOGY - AN HISTORICAL AND CURRENT PERSPECTIVE.- IN: STREAM ECOLOGY - APPLICATIONS AND TESTING OF GENERAL ECOLOGICAL THEORY, ED: J.R.BARNES & G.W.MINSHALL:1-7.
- BAROCKA, EGON (1955): ZUR FRAGE DER ORGANISATORISCHEN ZUSAMMENFASSUNG VON WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERWESEN IN DEN GEMEINDEN.- STÄDTETAG NF 8: 325-327.
- BARWISE, SIDNEY (1899): THE PURIFICATION OF SEWAGE.- LONDON.
- BARWISE, SIDNEY (1901): THE BACTERIAL PURIFICATION OF SEWAGE.- CROSBY LOCKWOOD, LONDON.
- BAS, F. DE (1871): STADSREINIGINGSSTELSSEL VAN LIERNUR EN ZIJNE UITVOERBAARHEID IN NEDERLAND.- GRAVENSHAGE, M. M. CONVÉE. 91 S.
- BASF (1977): GEWÄSSERSCHUTZ AM RHEIN. BASF-SYMPOSIUM VOM 12. NOVEMBER 1976 IN LUDWIGSHAFEN.- VERLAG WISSENSCHAFT UND POLITIK, BEREND VON NOTTBECK, KÖLN:176 S.

- BASF (BADISCHE ANILIN- UND SODA-FABRIK) <LUDWIGSHAFEN> (1965): 100 [HUNDERT] JAHRE BASF.- BAD. ANILIN- U. SODA-FABRIK AG, LUDWIGSHAFEN AM RHEIN, ABT. ÖFFENTLICHKEITSARBEIT (AOA): 47 S.
- BAUMANN, H. (1956): ABWASSERREINIGUNG IN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE.- BERICHTE DER D. ATV H. 7 (1956): 196 ff.
- BAUMEISTER, REINHARD (1876)\*: DIE VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE UND AMERIKANISCHE BEOBACHTUNGEN DARÜBER.- VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 8:487.
- BAUMEISTER, REINHARD (1877)\*: DIE VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE UND AMERIKANISCHE BEOBACHTUNGEN DARÜBER.- JOURNAL FÜR GASBELEUCHTUNG UND WASSERVERSORGUNG 20: 107,137.
- BAUMEISTER, REINHARD (1878A)\*: DIE VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE UND AMERIKANISCHE BEOBACHTUNGEN DARÜBER.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 10(4): 574-580.
- BAUMEISTER, REINHARD (1878B)\*: VORTRAG ZUR CANALISATIONSFRAGE.- IN: BERICHT DES AUSSCHUSSES ÜBER DIE FÜNFTE VERSAMMLUNG DES DEUTSCHEN VEREINS FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE ZU NÜRNBERG VOM 25.-27.9.1877, DEUTSCHER VIERTELJAHRESSCHRIFT F. ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 10:83-114.
- BAUMEISTER, REINHARD (1890): STÄDTISCHES STRASSENWESEN UND STÄDTEREINIGUNG.- TOECHE, BERLIN.
- BAUMEISTER, REINHARD (1892)\*: VERGLEICH VON FLUSSVERUNREINIGUNGEN.- CENTRALBLATT DER BAUVERWALTUNG.
- BAUMEISTER, REINHARD (1903)\*: GUTACHTEN ÜBER WASSERSPÜLABORTE UND SCHWEMMSYSTEM IN HEIDELBERG.- UNIVERSITÄTS-BUCHDRUCKEREI VON J. HÖRNING, HEIDELBERG: 19 S.
- BAUSCHINGER, GERHARD (1968): DAS VERHÄLTNISS VON STÄDTISCHER SELBSTVERWALTUNG UND KÖNIGLICHER POLIZEI IN MÜNCHEN IM 19. JAHRHUNDERT.- DISS. JUR., MÜNCHEN.
- BAYERL, GÜNTER (1980): HISTORISCHE WASSERVERSORGUNG - BEMERKUNGEN ZUM VERHÄLTNISS VON TECHNIK, MENSCH UND GESELLSCHAFT.- IN: TROITZSCH, U. & G. WOHLAUF [HRSG.]: TECHNIK-GESCHICHTE - HISTORISCHE BEITRÄGE UND NEUERE ANSÄTZE, FRANKFURT A.M.: 180-210.
- BAYERL, GÜNTER (1987)\*: ZUR ERFORSCHUNG DER LUFT- UND WASSERVERSCHMUTZUNG IN VORINDUSTRIELLER ZEIT.- SIEDLUNGSFORSCHUNG 6: 199-204.
- BAYERL, GÜNTER (1987): HERR PFISTERS UND ANDERER LEUTE MÜHLEN. DAS VERHÄLTNISS VON MENSCH, TECHNIK UND UMWELT IM SPIEGEL EINES LITERARISCHEN TOPOS.- IN: SEGEBERG, HARRO [HRSG.]: TECHNIK IN DER LITERATUR, FRANKFURT: 51-101.
- BBA (BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT) [HRSG.] (1992): MENGEN DER WIRKSTOFFE DER IM JAHR 1992 IM GELTUNGSBEREICH DES PFLANZENSCHUTZGESETZES ABGEBEBENEN UND DER AUSGEFÜHRTEN PFLANZENSCHUTZMITTEL.- BRAUNSCHWEIG.
- BBA (BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT) [HRSG.] (1992): TRENDWENDE BEI DER INLANDSABGABE VON PFLANZENSCHUTZMITTELN ? NEUSTE ZAHLEN ZUM INLANDSABSATZ.- BRAUNSCHWEIG.
- BECHURTS, H. (1882): ÜBER DIE VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE DURCH EFFLUVIEN DER ZUCKERFABRIKEN.- MONATSBLATT FÜR DIE ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 5: 161 ff.
- BECK, WILHELM (1989): GRUND- UND TRINKWASSERBELASTUNG IM BEREICH DER FREIBURGER WASSERSCHUTZGEBIETE.- IN: STADT FREIBURG UMWELTSCHUTZAMT, PRESSE- UND INFORMATIONSAMT [HRSG.], TAGUNGSBERICHT FREIBURGER UMWELTFORUM: FORUM WASSER: 1-19.
- BECKER (1872): BEITRÄGE ZUM PNEUMATISCHEN STÄDTE-REINIGUNGSSYSTEM LIERNUR'S.- CORRESPONDENZ-BLATT DES NIEDERRHEINISCHEN VEREINS FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 1, S.226.
- BECKER (1872): BERICHT ÜBER DIE REINIGUNG DER ABORTE IN AMSTERDAM UND LEIDEN NACH LIERNUR'SCHEM SYSTEM.- CORRESPONDENZBLATT DES NIEDERRHEINISCHEN VEREINS FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 1, S.129.
- BECKER, JOACHIM (1998)\*: DIE ZULÄSSIGKEIT DEZENTRALER ABWASSERBEHANDLUNG.- ERICH SCHMIDT-VERLAG: 196 S.
- BECKURTS, HEINRICH (1882)\*: UEBER DIE VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE DURCH EFFLUVIEN VON ZUCKERFABRIKEN.- MONATSBLATT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE (SEPARATUM).
- BECKURTS, HEINRICH. & BLASIUS, R. (1895): VERUNREINIGUNG UND REINIGUNG DER FLÜSSE NACH UNTERSUCHUNGEN DES WASSERS DER OKER.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 27: 337 ff.
- BECKURTS, HEINRICH. & BLASIUS, R. (1906)\*: BERICHT ÜBER DEN BETRIEB DER BRAUNSCHWEIGER RIESELFELDER IN DEN JAHREN 1895 BIS 1900.- ZEITSCHRIFT FÜR HYGIENE UND INFektionsKRANKHEITEN 55: 232.
- BEER, W. (1954): ÜBER DEN EINFLUSS DES PHENOLGEHALTES DES PLEISSEWASSERS AUF DIE MIKROLEBEWELT.- WASSERWIRTSCHAFT & WASSERTECHNIK 4: 125 ff.
- BEETZ, A. (1892): EXPERIMENTELLE BEITRÄGE ZUR LEHRE VON DER SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE.- DISS. ROSTOCK.
- BEGER, H. (1952): LEITFADEN DER TRINK- U. BRAUCHWASSERBIOLOGIE.- SCHRIFTENREIHE ! VERB. WASSER-, BODEN-, LUFTHYG. BERLIN-DAHLEM. STUTTGART: PISCATOR I.
- BEGER, H. (1966): LEITFADEN DER TRINK- UND BRAUCHWASSERBIOLOGIE. 2. ÜBERARBEITETE UND ERGÄNZTE AUFLAGE VON J. GERLOFF UND D. LÜDEMANN. 135 Abb., 1188 Lit., SACHVERZ.- 360 S., (G. FISCHER) STUTTGART.
- BEHRING (1894): BEKÄMPFUNG DER INFektionsKRANKHEITEN.- THIEME, LEIPZIG.
- BEIVINKLER, C. (1874): STUDIENMÄSSIGE BESPRECHUNG DER REINIGUNG UND ENTWÄSSERUNG DER STÄDTE DURCH CANALISIERUNG MIT RÜCKSICHT DER DURCH DEN 3. INTERNATIONALEN MEDIZINISCHEN CONGRESS IN WIEN GESTELLTEN ANFORDERUNGEN UND DEREN LÖSUNG.- KILIAN, BUDAPEST, 19 S.
- BENEDICT, HANS (1896): DIE ABWÄSSER DER FABRIKEN.- ENKE, STUTTGART.
- BENÖHR, H.P. (1996): ZUR GESCHICHTE DES WASSERRECHTS.- IN: INST. F. SOZIALÖKOLOGISCHE FORSCHUNG [HRSG.], MATERIALIEN SOZIALE ÖKOLOGIE (MSÖ) 8, FRANKFURT.
- BERAIL, H. (1873): IETS OVER HET LIERNUR'S STELSEL EN DE FOSSES MOBILES.- 's HEROGENBOSCH, VAN HEUSDEN, 9 S.
- BERAIL, H. (1873): OPEN BRIEF AAN DE GENEESKUNDIGE RADEN VAN NEDERLAND, OMTRENT HET BELANGRIJKE TWEELLEDIGE DOEL: DE VERZAMELING DER FECALE STOFFEN TEN BEHOEVE VAN DEN LANDBOUW.- 's HEROGENBOSCH, VAN HEUSDEN, 16 S.
- BERG, R. (1987): ZUR SITUATION DES FISCHBESTANDES IM RHEIN IM BEREICH ZWISCHEN SCHAFFHAUSEN UND MANNHEIM.- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG, INSTITUT FÜR SEENFORSCHUNG UND FISCHEREIWESEN, LANGENARGEN: 36 S.(TYPOSKRIPT).
- BERGHAUS (1892): DIE NOTLAGE HAMBURGS, HERVORGERUFEN DURCH DAS VERUNREINIGTE WASSER DER ELBE.- GESUNDHEIT 17: 273-276, ELBERFELD.
- BERNATZ, W. (1865): DAS GERUCHLOSMACHEN, DIE JÄHRLICHE MENGE UND DER WERTH DES ABTRITTDÜNGERS - EIN BEITRAG ZUR CLOAKENFRAGE.- MÜNCHEN.



- BERNATZ, W. (1865): DAS GERUCHLOSMACHEN, DIE JÄHRLICHE MENGE UND DER WERT DES ABTRITTDÜNGERS - EIN BEITRAG ZUR CLOAKENFRAGE.- MÜNCHEN.
- BERNDT, HEIDE (1987): HYGIENEBEWEGUNG DES 19. JAHRHUNDERTS ALS VERGESSENES THEMA VON STADT- UND ARCHITEKTURSOZIOLOGIE.- DIE ALTE STADT 14: 140-163.
- BESLER (1904): ERÖRTERUNG ÜBER DIE ZWECKMÄSSIGKEIT EINER DÜNGUNG DER AECKER UND WIESEN DES KLOSTERGUTES WEENDE MIT WASSERFÄKALIEN DER STADT GÖTTINGEN.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 4:167-175.
- BEURSKENS, J.E.M., H.J.WINKELS, J.DEWOLF & C.G.C.DEKKER (1994)\*: TRENDS OF PRIORITY POLLUTANTS IN THE RHINE DURING THE LAST FIFTY YEARS.- WATER SCIENCE & TECHNOLOGY 29(3):77-85.
- BEUTH, KLAUS PETER (1986): VOM ABFALLKÜBEL ZUR SYSTEMABFUHR. STÄDTEREINIGUNG IN DER ERSTEN HÄLFTE DES 20. JAHRHUNDERTS.- IN: VON DER STÄDTEREINIGUNG ZUR ENTSORGUNGSWIRTSCHAFT, HG. V. BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ENTSORGUNGSWIRTSCHAFT AUS ANLASS SEINES 25-JÄHRIGEN BESTEHENS, ESSEN (EIGENDRUCK): 7-27.
- BEVER, J. (1993)\*: DIE „MITBEHANDLUNG VON GÜLLE AUF KOMMUNALEN KLÄRANLAGEN“.- WASSER & BODEN 10:795-797.
- BEYER, ALFRED (1956): MAX V. PETTENKOFER.- BERLIN(OST).
- BEYER, EDUARD (1876)\*: DIE FABRIK-INDSUTRIE IM REGIERUNGSBEZIRK DÜSSELDORF VOM STANDPUNKT DER GESUNDHEITSPFLEGE.- OBERHAUSEN.
- BIELER, G.A. (1905): ÜBER DIE URSACHE DER ABNAHME UNSERER RHEINLACHSE IM OBERRHEIN VON BASEL BIS SCHAFFHAUSEN UND ÜBER MITTEL UND WEGE, WIE WIR DIESELBEN IN REICHEM MASSE WIEDER VERMEHREN KÖNNEN.- SCHWEIZER FISCHEREI-ZEITUNG 13.
- BIENERT, J. (1981)\*: WASSERHAUSHALT IN DER INDUSTRIALISIERUNG: DIE ENTSTEHUNG UND ENTWICKLUNG DES INDUSTRIE-GEMÄSSEN WASSERHAUSHALTS IM BERLINER RAUM - UNTER BETONUNG SEINER AUSFORMUNG IM 19. JAHRHUNDERT AUF DEM HINTERGRUND GESELLSCHAFTLICHEN UND WIRTSCHAFTLICHEN WANDELS.- UNVERÖFFENTLICHTES MANUSKRIFT: 534 S.
- BIFFL, WERNER [HRSG.] (1992): WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFT IN DÜNN BESIEDELTEN GEBIETEN - OTTENSTEIN, 27. - 30.4.1992.- WIENER MITTEILUNGEN Bd. 103; UNIV. FÜR BODENKULTUR, INST. FÜR WASSERVORSORGE, GEWÄSSERGÜTE UND FISCHEREI-WIRTSCHAFT, WIEN.
- BILLETER, REGULA CH., BRIGITTA ZÜST & ANDREAS SCHÖNBORN (1996)\*: CONSTRUCTED WETLANDS FOR WASTEWATER TREATMENT IN SWITZERLAND.- ZENTRUM FÜR ANGEWANDTE OEKOLOGIE, SCHATTEWEID (IN PRINT).
- BILLB, H. (1949): VERWURMUNG UND LANDWIRTSCHAFTLICHE ABWASSERVERWERTUNG.- WASSER UND BODEN 2 (1949).
- BIRCH, R.W. PERIGRINE (1879): SEWAGE IRRIGATION BY FARMERS OR FIFTY INSTANCES OF PROFITABLE SEWAGE UTILIZATION.- SPA, LONDON.
- BIRKNER, OTHMAR (1985): DIE STADT IM SCHATTEN DER EPIDEMIE - MIT FALLSTUDIE BASEL.- .
- BISCHOFBERGER, WOLFGANG (1983): DIE ANFÄNGE UND ENTWICKLUNG DER ABWASSERREINIGUNG IN BAYERN.- IN: GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG DER WASSERWIRTSCHAFT UND DES WASSERBAUS IN BAYERN, MÜNCHEN: 193-208 (=INFORMATIONSBERICHT 4/83 DES BAYERISCHEN LANDESAMTES FÜR WASSERWIRTSCHAFT, TEIL 2).
- BLACKMORE, GEO H. (1876): DAS GOUX-SYSTEM IN HALIFAX.- PUBLIC HEALTH 4: 107.
- BLASIUS, R & BÜSING, F. W. (1894): DIE STÄDTEREINIGUNG.- FISCHER, JENA.
- BLASIUS, R (1884): DIE VERWENDUNG VON TORFSTREU: VORTRAG GEHALTEN AM 21.OCT.1882 IN D. FÜNFTEN VERS. D. INTERN.- MEYER, BRAUNSCHWEIG.
- BLASIUS, R., BÜSING, F.W., GERSON, G.H., RICHTER, E., VOGEL, J.H., WEHMER, WERNICH & WEYL, TH. (1897): DIE STÄDTEREINIGUNG.- IN:WEYL, TH. (HRSG.): HANDBUCH DER HYGIENE. BAND II. VERLAG VON GUSTAV FISCHER, JENA.
- BLASIUS, RUDOLF (1890): UEBER DESINFECTION DURCH TORFMULL.- VERL.D.K.U.K.LANDW.G, WIEN.
- BLEKER, JOHANNA (1983)\*: DIE STADT ALS KRANKHEITSEKTOR.- MEDIZINHISTORISCHES JOURNAL 18: 118-134.
- BLUME, A. (1902)\*: BIS ZU WELCHEN GRENZWERTEN SIND WASSERVERUNREINIGUNGEN SICHTBAR ?.- DISS. K.BAY. JULIUS-MAXIMILIANS UNI WÜRZBURG, BOEGLER, WÜRZBURG: 31 S.
- BLUME, H.P. & R. HORN (1982): BELASTUNG UND BELASTBARKEIT BERLINER RIESELFELDER NACH EINEM JAHRHUNDERT ABWASSERBEREISELUNG.- ZEITSCHRIFT FÜR KULTURTECHNIK UND FLURBEREINIGUNG 23: 236-248.
- BOCHMANN, E (1877): DIE REINIGUNG UND ENTWÄSSERUNG DER STÄDTE.- HÄCKER, RIGA.
- BOCKENDAHL, J. (1867-1894)\*: GENERALBERICHTE ÜBER DAS ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSWESEN DER PROVINZ SCHLESWIG-HOLSTEINS, 1867-1894.- ZIT. IN FAHL 1987
- BOCKENDAHL, J. (1872)\*: DAS ERD-, GRUBEN-, EIMER- UND MODIFIZIERTE WASSER-CLOSET IN ENGLAND.- ZEITSCHRIFT FÜR EPIDEMIOLOGIE UND ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 3(3).
- BÖHME, HARTMUT (1988): KULTURGESCHICHTE DES WASSERS.- SUHRKAMP TASCHENBUCH 1486, 352 S.
- BÖHNKE, B. (1966): DER EINFLUSS WASSERBAULICHER MASSNAHMEN AUF DAS BELASTUNGSVERMÖGEN UND DIE SELBSTREINIGUNGSKRAFT FLIESSENDER GEWÄSSER.- WASSER/ABWASSER 107: 612 FF. (GW, DAS GAS- UND WASSERFACH).
- BÖHNKE, B. (1971): VOLKSWIRTSCHAFTLICHER AUFWAND FÜR DIE WASSERVERSORGUNG SOWIE FÜR DIE BESEITIGUNG FESTER UND FLÜSSIGER ABFALLSTOFFE.- WLB 15 (1971) 294 FF.
- BÖHRER, K. (1931): WIRTSCHAFTLICHE BETRACHTUNG DER MELIORATIONEN UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER BADISCHEN VERHÄLTNISSE.- INAUGURAL-DISS., KARLSRUHE.
- BOISEN, THORKIL (1996)\*: SUSTAINABLE MANAGEMENT OF HUMAN WASTE.- IN: INST. F. SOZIALÖKOLOGISCHE FORSCHUNG [HRSG.], MATERIALIEN SOZIALE ÖKOLOGIE (MSÖ) 8, FRANKFURT.
- BOJAR, RALPH & JOCHEN BOCKEMÜHL (1992): 100 JAHRE HYGIENISCHES INSTITUT DER FREIEN UND HANSESTADT HAMBURG.- BEHÖRDE FÜR ARBEIT, GESUNDHEIT UND SOZIALES, HAMBURG.
- BOKORNY, TH. (1896)\*: VERGLEICHENDE STUDIEN ÜBER DIE GIFTWIRKUNG VERSCHIEDENER CHEMISCHER SUBSTANZEN BEI ALGEN UND INFUSORIEN.- PFLÜGERS ARCHIV 64 (1896) 262 FF.
- BOLLER, MARKUS (1994)\*: SMALL WASTEWATER TREATMENT PLANTS - A CHALLENGE TO WASTEWATER ENGINEERS.- 11 S., EAWAG, DÜBENDORF. (ACCEPTED MANUSCRIPT FOR THE PROCEEDINGS OF THE 3RD CONFERENCE ON „SMALL WASTEWATER TREATMENT PLANTS“, IAWQ).
- BOLLER, MARKUS (1998)\*: REGENWASSER AUF NEUEN WEGEN.- EAWAG NEWS 44: 6-11.
- BOND, FRANCIS T. (1874): DAS LIERNUR'SCHE SYSTEM.- PUBLIC HEALTH 2:334.
- BONNE, GEORG (1901)\*: DIE NOTWENDIGKEIT DER REINHALTUNG DER DEUTSCHEN GEWÄSSER, VOM GESUNDHEITLICHEN, VOLKSWIRTSCHAFTLICHEN UND MILITÄRISCHEN STANDPUNKTE AUS ERLÄUTERT DURCH DAS BEISPIEL DER UNTERELBE BEI HAMBURG.- LEINWEBER, LEIPZIG: 239 S.

- BONNE, GEORG (1902): NEUE UNTERSUCHUNGEN UND BEOBACHTUNGEN ÜBER DIE ZUNEHMENDE VERUNREINIGUNG DER UNTERELBE (2.AUFL.).- LEINWEBER, LEIPZIG: 102 S.
- BONNE, GEORG (1903): UEBER DIE MILITÄRISCHE BEDEUTUNG DER REINHALTUNG UNSERER DEUTSCHEN GEWÄSSER.- LEINWEBER, LEIPZIG: 21 S.
- BONNE, GEORG (1904)\*: DIE NOTWENDIGKEIT EINER SYSTEMATISCHEN DEZENTRALISATION UNSERER GROSSSTÄDTE IN HYGIENISCHER UND SOZIALER BEZIEHUNG.- MONATSSCHRIFT FÜR SOZIALE MEDIZIN.
- BONNE, GEORG (1905): DER UNTERGANG DER DEUTSCHEN BINNENFISCHEREI DURCH DIE FLUSSVERUNREINIGUNG.- ZEITSCHRIFT FÜR FISCHEREI 12 (1/2): 1-28.
- BONNE, GEORG (1905): UEBER DIE NOTWENDIGKEIT EINER INTERNATIONALEN REGELUNG ZUM SCHUTZE DER GEWÄSSER GEGEN VERUNREINIGUNG.- REFERAT ZUM INTERNATIONALEN FISCHEREIKONGRESS IN WIEN 1905.
- BONNE, GEORG (1907A)\*: DEUTSCHE FLÜSSE ODER DEUTSCHE KLOAKEN ?.- LÜDEKING, HAMBURG.
- BONNE, GEORG (1907B)\*: ERWIEDERUNG AUF PROF. WEIGELTS AUFSATZ BEITRÄGE ZUR CHEMISCHEN SELBSTGESUNDUNG DER GEWÄSSER.- ARCHIV HYDROBIOL. 3: 218-230.
- BONNE, GEORG (1912)\*: DIE KLAGEN DER DEUTSCHEN BINNENFISCHER ÜBER DIE ZUNEHMENDE VERUNREINIGUNG UNSERER GEWÄSSER NEBST DEN MITTELN UND WEGEN ZUR ABHILFE DERSELBEN.- VERHANDLUNGEN DES INTERNATIONALEN VEREINS ZUR REINHALTUNG DER FLÜSSE, DES BODENS UND DER LUFT 30: 192 S.
- BONNE, GEORG (1915): DIE VERNICHTUNG DER DEUTSCHEN FLUSSFISCHEREI DURCH DIE VERUNREINIGUNG UNSERER GEWÄSSER, MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER VERHÄLTNISSE AUF DER UNTERELBE.- ZEITSCHRIFT FÜR FISCHEREI UND DEREN HILFSSWISSENSCHAFTEN 12: 1-28.
- BORCHERDT, CH., S. HÄSLER, S. KUBELLA, J. SCHWENGER (1985): DIE LANDWIRTSCHAFT IN BADEN UND WÜRTTEMBERG 1850-1980.- STUTTGART, BERLIN, KÖLN, MAINZ.
- BORGWARDT, S. (1994): BELASTUNG VON GRUNDWASSER UND BODEN BEI DER VERSICKERUNG VON NIEDERSCHLÄGEN ?.- KORRESPONDENZ ABWASSER 4: 530-540.
- BORNE, M. VON DEM (1880)\*: DIE FISCHEREI-VERHÄLTNISSE DES DEUTSCHEN REICHES, OESTERREICH-UNGARNS, DER SCHWEIZ UND LUXEMBURGS.- VERLAG DER STUHR'SCHEN BUCHHANDLUNG, BERLIN 1880.
- BORNE, M. VON DEM (1883)\*: DIE FISCHEREIVERHÄLTNISSE DES DEUTSCHEN REICHES, ÖSTERREICH-UNGARNS, DER SCHWEIZ UND LUXEMBURGS.- AUFTRAG DES DEUTSCHEN FISCHEREI-VEREINS: 286 S., BERLIN (W. MOESER HOFBUCHDRUCKEREI).
- BORNE, M. VON DEM (1887)\*: DAS WASSER FÜR FISCHEREI UND FISCHZUCHT.- NEUDAMM: J. NEUMANN.
- BÖRNER, PAUL (1876): EIN COMPETENTES URTEIL IN ENGLAND ÜBER DIE STÄDTEREINIGUNG DURCH CANALISATION MIT BERIESELUNG.- DEUTSCHE MEDIZINISCHE WOCHENSCHRIFT 2: 627.
- BÖRNER, PAUL (1877): DAS GUTACHTEN D. KGL. WISSENSCHAFTLICHEN DEPUTATION F. D. MEDICINALWESEN ZU BERLIN ÜBER DAS PROJECT DER ABFÜHRUNG ALLER MENSCHLICHEN EXCREMENTE IN DER STADT CÖLN AUS DEN WASSERCLOSETS IN DIE STÄDTISCHEN CANALISATIONSANLAGEN UND DURCH DIESE IN DEN RHEIN.- DIE MEDIZINISCHE WOCHENSCHRIFT 3: 312.
- BÖRNER, T. (1992)\*: EINFLUSSFAKTOREN FÜR DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON PFLANZENKLÄRANLAGEN.- DISSERTATION AN DER TH DARMSTADT; SCHRIFTENREIHE WAR 48.
- BORNTAEGER, J (1893): DESINFEKTION ODER VERHÜTUNG UND VERTREIBUNG ANSTECKENDER KRANKHEITEN.- HARTUNG, LEIPZIG.
- BOSEL, HARTMUT (1995)\*: GRUNDPRINZIPIEN NACHHALTIGER ENTWICKLUNG UND BEDINGUNGEN DER UMRICHTUNG.- ECO Sys Bd. 3: 11-14.
- BOTE, L (1903): DAS KÜBEL-ABFUHR-SYSTEM UND DIE VERWERTUNG DER FÄKALSTOFFE DURCH KOMPOSTIERUNG UND POUDETTIERUNG.- LEINWEBER, LEIPZIG.
- BOTE, L. (O.J.): KOMPOSTIERUNGSANLAGEN UND POUDETTE-FABRIKATION. MIT EINEM ANHANG: DIE KADAVER-VERNICHTUNGS- UND VERWERTUNGSANSTALT IN KIEL.- LEINWEBER, LEIPZIG.
- BOURKE, JOHN GREGORY (1992)\*: DAS BUCH DES UNRATS.- (AUS DEM ENGLISCHEN: 1891: SCATOLOGIC RITES OF ALL NATIONS).
- BOYNE, R. (1936): VOM ENTWICKLUNGSGANG DER ABWASSERBESEITIGUNG IN DEN LETZTEN HUNDERT JAHREN.- TECHNIKGESCHICHTE 25: 57-65.
- BRAND, EVA-MARIA (1994)\*: VAKUMENTWÄSSERUNGSTECHNOLOGIE.- UMWELTBUNDESAMT ABSCHLUSSBERICHT II I.1 - 2044 I - 15/16 (INVESTITIONEN ZUR VERMEIDUNG VON UMWELTBELASTUNGEN: PROGRAMM DES BUNDESMINISTER FÜR UMWELT).
- BRANDIS, G (1894): ÜBER DIE BESEITIGUNG UND VERWERTHUNG STÄDTISCHER AUSWURFSTOFFE MIT BESONDEREM HINWEIS AUF DAS SYSTEM DER DRUCKLUFT-GRUBEN.- GECK, ESSEN.
- BRANNGART, RICHARD (1890): DER GEGENWÄRTIGE STANDPUNKT DER STÄDTE-REINIGUNGS-FRAGE UND DIE EINFÜHRUNG DES SCHWEMMKANALISATIONS-SYSTEMS IN MÜNCHEN.- DATTERER, FREISING.
- BRAUNBECK, THOMAS (1994)\*: SUBLETALE EFFEKTE VON KONTAMINANTEN IN BIOLOGISCHEN SYSTEMEN.- JAHRESTAGUNG DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER, TAGUNGSBEITRAG.
- BREDSCHNEIDER, A (1902): DAS TRENNSYSTEM.- FISCHER, JENA.
- BREDSCHNEIDER, A (1904): DIE ABWASSERREINIGUNG IN ENGLAND.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 3:1-251.
- BRENNER, G. (1908): DAS WASSERGESETZ FÜR DAS KÖNIGREICH BAYERN VOM 23. 3. 1907.- MÜNCHEN: BEDK.
- BREUER, RÜDIGER (1997): ZUNEHMENDE VIELGESTALTIGKEIT DER INSTRUMENTE IM DEUTSCHEN UND EUROPÄISCHEN UMWELTRECHT - PROBLEME DER STIMMIGKEIT UND DES ZUSAMMENWIRKENS.- NEUE ZEITSCHRIFT FÜR VERWALTUNGSRECHT 9:833-845.
- BRINKER, L. (1992)\*: BILANZIERUNG ABWASSERRELEVANTER STOFFE UND ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG DER ABWASSERFRACHTEN UND DER ABWASSERSITUATION IM UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG.- DIPLOMARBEIT, A.L.-UNIV. FREIBURG, 120 S.
- BRIX, J. (1902): DER STÄDTEKEHRICHT UND SEINE UNSCHÄDLICHE BESEITIGUNG.- LEINWEBER, LEIPZIG.
- BRIX, J. (1902): WIE SIND SCHIFFFAHRTSKANÄLE VOR MISSSTÄNDIGER VERUNREINIGUNG ZU SCHÜTZEN ?.- LEINWEBER, LEIPZIG: 40 S.
- BRIX, J., IMHOFF, K. & WELDERT, R. (HRSG.) (1934A)\*: DIE STADTENTWÄSSERUNG IN DEUTSCHLAND. 1. BAND.- VERLAG VON GUSTAV FISCHER, JENA: 972 S.
- BRIX, J., IMHOFF, K. & WELDERT, R. (HRSG.) (1934B)\*: DIE STADTENTWÄSSERUNG IN DEUTSCHLAND. 2. BAND.- VERLAG VON GUSTAV FISCHER, JENA: 600 S.
- BROCK, WILIAM H. (1997): JUSTUS VON LIEBIG - THE CHEMICAL GATEKEEPER.- CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS: 374 S.
- BROOM, GEO J. (1889): DRAINAGE WITH REGARD TO HEALTH AND MODES OF DISPOSAL OF TOWN SEWAGE.- SPON, LONDON.
- BRUCH, WILHELM (1899): DAS BIOLOGISCHE VERFAHREN ZUR REINIGUNG VON ABWÄSSERN.- NATURWISS. VERL.-ANST. BERLIN.
- BRÜGGEMEIER, FRANZ-JOSEF & MICHAEL TOYKA-SEID [HRSG.] (1995)\*: INDUSTRIE-NATUR - LESEBUCH ZUR GESCHICHTE DER UMWELT IM 19. JAHRHUNDERT.- CAMPUS, FRANKFURT: 288 S.

- BRÜGGEMEIER, FRANZ-JOSEF & THOMAS ROMMELSPACHER [Hrsg.] (1987): BESIEGTE NATUR. GESCHICHTE DER UMWELT IM 19. UND 20. JAHRHUNDERT.- MÜNCHEN.
- BRÜGGEMEIER, FRANZ-JOSEF (1990): AUF KOSTEN DER NATUR. ZU EINER GESCHICHTE DER UMWELT 1880-1930.- IN: AUGUST NITSCHKE U.A. [Hrsg.]: JAHUNDERTWENDE. DER AUFBRUCH IN DIE MODERNE 1880-1939 Bd.1, REINBEK BEI HAMBURG: 75-91.
- BRUNFORD, J (1880): LES ODEURS DE PARIS.- BAUDRY, PARIS.
- BRUNN, W. v. (1938): HÄUSLICHE WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG IN DER ALTINDISCHEN STÄDTEHYGIENE.- WASSER/ABWASSER 81: 844 FF. (GWf, DAS GAS- UND WASSERFACH).
- BRUNNER, FRANZ & RUDOLF EMMERICH (1875): DIE CHEMISCHEN VERÄNDERUNGEN DES ISARWASSERS WÄHREND SEINES LAUFES DURCH MÜNCHEN.- MÜNCHEN.
- BRUNZLOW, OTTOKAR (O.J.): DIE VERBREITUNG DER CHOLERA DURCH DAS WASSER UND DIE MASSNAHMEN GEGEN DIESELBE VOM SANITÄTSPOLIZEILICHEN STANDPUNKTE.- VIERTELJAHRSSCHRIFT FÜR GERICHTL. MED. U. ÖFF. SANITÄTSWESEN 2: 3. FOLGE XIII,2.
- BUCHNER, H. (1893)\*: ÜBER DEN EINFLUSS DES LICHTES AUF BAKTERIEN UND ÜBER DIE SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE.- ARCHIV FÜR HYGIENE 17:179-204.
- BUHL, & KELLER (1881): DIE FÄCALIENABFUHR MÜNCHENS MITTELST EISENBAHN.- BRAUN, KARLSRUHE.
- BUHL, L. (1865): EIN BEITRAG ZUR AETIOLOGIE DES TYPHUS.- ZEITSCHRIFT FÜR BIOLOGIE 1: 1 FF.
- BULLERMANN, M., U. BUSWEILER, B. KLEIN, R. REXROTH & W. SELLFORD (1989)\*: REGENWASSERNUTZUNG IN PRIVATEN UND ÖFFENTLICHEN GEBÄUDEN - QUALITATIVE UND QUANTITATIVE ASPEKTE, TECHNISCHE ANLAGEN.- SCHRIFTENREIHE WAR 40, INSTITUT FÜR WASSERVERSORGUNG, ABWASSERBESEITIGUNG UND RAUMPLANUNG DER TH DARMSTADT.
- BUND [Hrsg.] (1990)\*: HÄUSLICHES ABWASSER - DEZENTRAL ENTSORGT, BUND SEMINAR 1990, BUCHHOLZ IN DER NORDHEIDE.- EIGENVERLAG, BUND, NIEDERSACHSEN.
- BUNDESGESUNDHEITSAMT (1994)\*: ÜBER TRINKWASSERBEFUNDE MIT ARZNEIMITTLERÜCKSTÄNDEN.- PRESSEMITTEILUNG VOM 30.4.94.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU [Hrsg.] (1993)\*: UMWELTGERECHTES BAUEN UND ÖKOLOGISCHES PLANEN.- IN: FORSCHUNGSVORHABEN DES EXPERIMENTELLEN WOHNUNGS- UND STÄDTEBAUS, BONN: 79 S.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU [Hrsg.] (1997)\*: REGENWASSERVERSICKERUNG IN SIEDLUNGSGEBIETEN 6/1997: 153 S.
- BUNDESUMWELTMINISTERIUM [Hrsg.] (1994)\*: BERICHT ÜBER DEN STAND DES GEWÄSSERSCHUTZES IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND.- UMWELT 12/94 (SONDERBEILAGE): 12 S.
- BÜRGERAKTION „DAS BESSERE MÜLLKONZEPT“ BAYERN E.V. [Hrsg.] (1995)\*: KLÄRSCHLAMM: WOHER ? WOHIN ? WAS TUN ?.- UNIVERSITÄTS-VERLAG, ULM: 120 S.
- BURHENNE, J., LUDWIG, M., NIKOLOUDIS, P., SPITELLER, M. (1997A)\*: PHOTOLYTIC DEGRADATION OF FLUOROQUINOLONE CARBOXYLIC ACIDS IN AQUEOUS SOLUTION; PART I: PRIMARY PHOTOPRODUCTS AND HALF-LIFES. ENVIRON. SCI. & POLLUT. RES. 4(1), 10-15.
- BURHENNE, J., LUDWIG, M., SPITELLER, M. (1997B)\*: PHOTOLYTIC DEGRADATION OF FLUOROQUINOLONE CARBOXYLIC ACIDS IN AQUEOUS SOLUTION; PART II: ISOLATION AND STRUCTURAL ELUCIDATION OF POLAR PHOTOMETABOLITES. ENVIRON. SCI. & POLLUT. RES. 4(2), 61-67.
- BURKA, U. & P.C. LAWRENCE (1990)\*: A NEW COMMUNITY APPROACH TO WASTEWATER TREATMENT WITH HIGHER WATER PLANTS.- IN: COOPER, P.F. & B.C. FINDLATER [Hrsg.]: CONSTRUCTED WETLANDS IN WATER POLLUTION CONTROL. ADVANCES IN WATER POLLUTION CONTROL, PERGAMON PRESS, OXFORD: 359-371.
- BURKHARDT, B. (1897): DIE ABFALLWÄSSER UND IHRE REINIGUNG.- SPRINGER, BERLIN.
- BÜRKLI-ZIEGLER, A & HAFTER, A (1875A)\*: BERICHT AN DEN TIT. STADTRATH VON ZÜRICH ÜBER DEN BESUCH EINER ANZAHL BERIESELUNGSANLAGEN IN ENGLAND UND PARIS NEBST SACHBEZÜGLICHEN VORSCHLÄGEN FÜR ZÜRICH.- HERZOG, ZÜRICH, 178 S.
- BÜRKLI-ZIEGLER, A (1875B): UEBER DIE MAASSREGELN ZUR REINHALTUNG DER ÖFFENTLICHEN GEWÄSSER. BERICHT AN DIE GEMEINDECOMMISSION VON ZÜRICH UND UMGEBUNG BETREFFEND DIE IN ENGLAND GEMACHTEN ERFABUNGEN AUF DIESEM FELDE.- HERZOG, ZÜRICH, 48 S.
- BURN, ROBERT SCOTT (1889): OUTLINES OF MODERN FARMING. VOL.V: UTILIZATION OF TOWN SEWAGE, IRRIGATION RECLAMATION OF WASTE LAND.- 6.ED., CROSBY LOCKWOOD, LONDON.
- BUSCH (1905): DIE ENTWÄSSERUNG DER STADT GÖTTINGEN, UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER NEUEN ABWÄSSER-REINIGUNGSANLAGE DORTSELBST.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 5:151-174.
- BÜSCHENFELD, JÜRGEN (1993): DER FALL EINER AUSSERORDENTLICH GROSSEN MASSESVERGIFTUNG VON FISCHEN - GEWÄSSERVERSCHMUTZUNG IN HERFORD 1880-1900.- IN: KREISHEIMATVEREIN HERFORD [Hrsg.](1993): HISTORISCHES JAHRBUCH FÜR DEN KREIS HERFORD.- VERLAG F. REGIONALGESCH. :121-144.
- BÜSCHENFELD, JÜRGEN (1997)\*: FLÜSSE UND KLOAKEN - UMWELTFRAGEN IM ZEITALTER DER INDUSTRIALISIERUNG (1870-1918).- KLETT-COTTA, STUTTGART: 454 S. (ZGL. DISS. UNI BIELEFELD, 1994/95).
- BUSER, H.-R., MÜLLER, M.D. (1998): OCCURRENCE OF THE PHARMACEUTICAL DRUG CLOFIBRIC ACID AND THE HERBICIDE MECOPROP IN VARIOUS SWISS LAKES AND IN THE NORTH SEA. ENVIRON. SCI. TECHNOL. 32, 188-192.
- BÜSING, F.W. (1897): DIE STÄDTEREINIGUNG. 1. HEFT: GRUNDLAGEN FÜR DIE TECHNISCHE EINRICHTUNGEN DER STÄDTE.- BERGSTRÄSSER, STUTTGART.
- BÜSING, F.W. (1901): DIE STÄDTEREINIGUNG. 2. HEFT: TECHNISCHE EINRICHTUNGEN DER STÄDTEREINIGUNG.- BERGSTRÄSSER, STUTTGART.
- BÜTTNER, SEBASTIAN & ERNST UDO SIMONIS (1994)\*: WASSER - EIN GLOBALES UMWELTPROBLEM.- WZB, FORSCHUNGSSCHWERPUNKT TECHNIK, ARBEIT, UMWELT, BERLIN, 17 S., 5 BL.
- BUTTSTEDT, R. (1986): BESCHAFFENHEIT DER ABWÄSSER AUS DEM CAMPUS UND DEM KLINIKUM DER UNIVERSITÄT MAINZ.- WASSER + BODEN 5: 233-238.
- BUYSCH, HANS-PETER (1989)\*: ÖFFENTLICHE ABWASSERBESEITIGUNG IM LÄNDLICHEN RAUM, HRSG. VOM LANDESAMT FÜR WASSER U. ABFALL, NORDRHEIN-WESTFALEN.- LWA, DÜSSELDORF 32: 1-5.
- CADBURY, DEBORAH (1994)\*: ANGRIFF AUF DIE MANNESKRAFT.- MANUSKRIFT DER FERNSEHSENDUNG VOM 6.3.94, SERIE: „ABENTEUER WISSENSCHAFT“ IN: SW III.
- CALMANO, WOLFGANG & ALEXANDER GRÖNGRÖFT (1990)\*: SCHADSTOFFEMISSIONEN AUS DEZENTRALEN KLÄRANLAGEN.- IN: BUND NIEDERSACHSEN [Hrsg.]: HÄUSLICHES ABWASSER - DEZENTRAL ENTSORGT, BUND SEMINAR 1990, BUCHHOLZ IN DER NORDHEIDE.
- CAPEL, P.D., T. LICHTENSTEIGER & P.H. BRUNNER (1989)\*: THE USE OF SLUDGE-ONLY LANDFILLS AS HISTORICAL RECORDS OF PERSISTENT ORGANIC CHEMICALS AND HEAVY METALS IN SEWAGE SLUDGE.- WATER RESOURCES 23,4:525-527.



- CARELL, B, S. FORBERG, E. GRELIUS, L. HENRIKSON, A. JOHNEIS, U. LINDH, H. MUTVEL, M. OLSSON, K. SVÄRDSTRÖM & T. WEST (1987)\*: CAN MUSSEL SHELS REVEAL ENVIRONMENTAL HISTORY? - *AMBIO* 16,1:2-10.
- CARL, A. (1939): STAND DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN ABWASSERVERWERTUNG. - *GEMEINDETAG* 33: 280-283.
- CARLSEN, E., A. GIVERCMAN, N. KEIDING & N.E. SKAKKEBAEK (1992)\*: EVIDENCE FOR DECREASING QUALITY OF SEMEN DURING PAST 50 YEARS. - *BRIT. MED. J* 305: 609-613.
- CARPENTER, ALFRED (1876): DIE KRAFT DES BODENS UND DER LUFT IN VERBINDUNG MIT VEGETATION, DAS CANALWASSER ZU REINIGEN. - *VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE* 8: 183.
- CARPENTER, ALFRED (1877): DIE PRAKTISCHE ERFAHRUNG ÜBER DAS ERDCLOSET. - *PUBLIC HEALTH VI*: S 486.
- CASTELL RÜDENHAUS, ADELHEIT GRÄFIN ZU (1990): DIE "GEWONNENEN JAHRE". LEBENSVERLÄNGERUNG UND SOZIALE HYGIENE. DIE HAMBURGER CHOLERA-EPIDEMIE VON 1892. - IN: AUGUST NITSCHKE U.A. [HRSG.]: JAHUNDERTWENDE. DER AUFBRUCH IN DIE MODERNE 1880-1939 Bd.1, REINBEK BEI HAMBURG: 147-175.
- CATTIEN, CHRISTOPH (1998)\*: DAS PROBLEM DER ABWASSERGEBÜHREN IN DEN NEUEN BUNDESLÄNDERN. - PETER LANG VERLAG, FRANKFURT.
- CHADWICK, E. (1842)\*: REPORT ON THE SANITARY CONDITION OF THE LABOURING POPULATION OF GREAT BRITAIN. - BPP (HL-) VOL XXVI (REPRINT: IUPS, HEALTH, GENERAL 3).
- CHILD, G.W. & R. RUGE (1866): DIE CANALISIERUNG DER STÄDTE. VOM STANDPUNKT DER NEUESTEN FORSCHUNGEN (ÜBERSETZUNG). - BERLIN.
- CHRÉTIEN, J (1881): LES ODEURS DE PARIS. - BAUDRY, PARIS.
- CIBA GEIGY (1977)\*: WISSENSCHAFTLICHE TABELLEN GEIGY, TEILBAND KÖRPERFLÜSSIGKEITEN, 8.AUFL. - BASEL.
- CICHOROWSKI, GEORG; BERNHARD MICHEL & DORIS ZORN (1986)\*: MÖGLICHKEITEN DER TRINKWASSEREINSPARUNG IN HAUSHALTEN, KLEINGEWERBE UND ÖFFENTLICHEN EINRICHTUNGEN. STUDIE IM AUFTR. D. HESS. MINISTERS FÜR UMWELT U. ENERGIE. - HESS. MINISTER FÜR UMWELT U. ENERGIE, WIESBADEN: 8, 142 S.
- CLASSEN, HUGO (1889): NEUE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE GRENZEN UND HYDROMETRISCHEN WERTE DER SELBSTREINIGUNG FLIESSENDER GEWÄSSER. - LEINWEBER, LEIPZIG: 26 S.
- CLASSEN, HUGO (1891)\*: DIE UNHEILVOLLEN IRRTÜMER UND WIDERSPRÜCHE DES HERRN PROFESSORS DR. VON PETTENKOFER IN DER STÄDTEREINIGUNGSFRAGE. - DECKERS, BERLIN.
- CLASSEN, HUGO (1892): BEDENKLICHE FOLGEN DER SCHWEMMKANALISATION. - ZEITSCHRIFT DES LANDW. VEREINS IN BAYERN (8). PÖSSENBÄCHER, MÜNCHEN.
- CLASSEN, HUGO (1893): DENKSCHRIFT BETR. DIE BESEITIGUNG UND VERWERTUNG ALLER ABFALLSTOFFE DER FREIEN UND HANSESTADT HAMBURG. - HAMBURG.
- CLASSEN, HUGO (1897)\*: KOMPOSTBEREITUNG MIT TORFMULL. - GESUNDHEIT 22.
- CLASSEN, HUGO (1898A)\*: NEUE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE GRENZEN HYDROMETRISCHEN WERTE DER SELBSTREINIGUNG FLIESSENDER GEWÄSSER. - GESUNDHEIT 23 (24): 375-384 (ZEITSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE UND PRIVATE HYGIENE).
- CLASSEN, HUGO (1898B)\*: ZUR SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE. - GESUNDHEIT 23 (1): 1-3 (ZEITSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE UND PRIVATE HYGIENE).
- CLASSEN, HUGO (1898C)\*: STÄDTEREINIGUNG. - VORTRAG, LEIPZIG.
- CLASSEN, HUGO (1899A)\*: GUTACHTEN ÜBER DIE DROHENDE VERUNREINIGUNG DES RHEINSTROMS. - GESUNDHEIT 24: 51- 58, LEINWEBER, LEIPZIG.
- CLASSEN, HUGO (1899B): NEUE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE GRENZEN UND HYDROMETRISCHEN WERTE DER SELBSTREINIGUNG FLIESSENDER GEWÄSSER. - LEIPZIG: LEINWEBER.
- CLASSEN, HUGO (1901): BEDEUTUNGSVOLLE FORTSCHRITTE IN DER UNTERBRINGUNG DER STÄDTISCHEN ABFALLSTOFFE. - OESTERREICH. MOORZEITUNG 9-11.
- CLASSEN, HUGO (1903): ZUR LEHRE VON DEN ABWÄSSERN. - ZEITSCHRIFT FÜR GEWÄSSERKUNDE 6.
- CLASSEN, HUGO (O.J.): ERFAHRUNGEN ÜBER TORFSTREU UND TORFMULL MIT BEZUG AUF STÄDTEREINIGUNG UND FLUSSVERPESTUNG. - VERLAG DES DEUTSCH-OESTERREICH. MOORVEREINS IN STAAL, DEUTSCHE AGRARISCHE DRUCKEREI, PRAG.
- CLOWES, FRANK (1902): BACTERIAL TREATMENT OF CRUDE SEWAGE: FOURTH REPORT BY DR. CLOWES. - TRUSCOTT, SUFFOLK LANE.
- COHEN, L. ALI (1869): HANDBOCK DER OPENBARE GEZONDHEITSREGELING EN DER GENEESKUNDIGE POLITIE, MET HET OOG OP DE BEHOEFEN EN DE WETGEVING VAN NEDERLAND. - WOLTERS, GRONINGEN 578 u. 652 S.
- COHN, F. (1853)\*: ÜBER LEBENDIGE ORGANISMEN IM TRINKWASSER. - GÜNSBURG'SCHE ZEITSCHR. KLIN. MED. 4: 229-237.
- COHN, F. (1870)\*: ÜBER DEN BRUNNENFADEN (CRENOTRIX POLYSPORA) MIT BEMERKUNGEN ÜBER DIE MIKROSKOPISCHE ANALYSE DES BRUNNENWASSERS. 20 ABB. - BEITRÄGE ZUR BIOLOGIE DER PFLANZEN 1,1:108-132.
- COHN, F. (1882)\*: GUTACHTEN ÜBER DIE ABWÄSSER VERSCHIEDENER RÜBENZUCKERFABRIKEN IM WINTER 1881, ERSTATTET AUFGRUND MIKROSKOPISCHER UNTERSUCHUNGEN. - BEIHEFT ZUR ZEITSCHRIFT DES VEREINS FÜR DIE RÜBENZUCKERINDUSTRIE DES DEUTSCHEN REICHES: 2 I FF.
- COHN, F. (1886A): GUTACHTEN ÜBER DIE ABWÄSSER VERSCHIEDENER ZUCKERFABRIKEN, ERSTATTET AUFGRUND MIKROSKOPISCHER UNTERSUCHUNGEN IM WINTER 1884/85. - MAGDEBURG.
- COHN, F. (1886B): ERGEBNISSE DER IN DER CAMPAGNE 1884 BIS 1885 ANGESTELLTEN AMTLICHEN VERSUCHE ÜBER DIE WIRKSAMKEIT VERSCHIEDENER VERFAHRUNGSWEISEN ZUR REINIGUNG DER ABFLUSSWÄSSER AUS ROHRZUCKERFABRIKEN. - ZEITSCHRIFT DER VER. F. RÜBENZUCKERINDUSTRIE D. DTSCH. REICHES. MAGDEBURG.
- COHN, F. (1888): BERICHT ÜBER DIE MIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNG DER NACH DEM HULWASCHEN VERFAHREN GEREINIGTEN FABRIKABWÄSSER DER ZUCKERFABRIK WAIZENRODEN IN SCHLESIEN. - BEIHEFT ZUR ZEITSCHRIFT DES VEREINS FÜR DIE RÜBENZUCKERINDUSTRIE DES DEUTSCHEN REICHES.
- COLBORN, THEO & CORALIE CLEMENT [HRSG.] (1992)\*: CHEMICALLY-INDUCED ALTERATIONS IN SEXUAL AND FUNCTIONAL DEVELOPMENT: THE WILDLIFE/HUMAN CONNECTION. - PRINCETON SCIENTIFIC PUBLISHING CO., INC., PRINCETON, NEW JERSEY: 403 S.
- COMUNE DI SAN BONIFICIO PROVINCIA DI VERONA [HRSG.] (1992)\*: ACQUE REFLUE CIVILI E AGRICOLE. - COMUNE DI SAN BONIFICIO PROVINCIA DI VERONA [HRSG.], SAN BONIFACIO, 164 S.
- CONRAD, M. (1900): GUTACHTEN ÜBER DIE ZEITWEILIGE VERUNREINIGUNG DES MAINS ZWISCHEN ASCHAFFENBURG UND KLEINOSTHEIM. - ASCHAFFENBURG: WAILANDT AG.
- CONRAD, M. (1903): BERICHT ÜBER DIE VERUNREINIGUNG DES MAINS DURCH DIE ABWÄSSER DER CELLULOSE-PAPIERFABRIKEN IN ASCHAFFENBURG UND STOCKSTADT. - AKTENUNTERL. D. ZELLSTOFFWERKE ASCHAFFENBURG.
- COOPER, P. F. (1990)\*: EUROPEAN DESIGN AND OPERATIONS GUIDELINES FOR REED BED TREATMENT SYSTEMS. - EC/EWPCA REPORT NO. UI 17 (PREPARED BY THE EC/EWPCA EMERGENT HYDROPHYTE TREATMENT SYSTEMS CONTACT GROUP: 27 S. + 10 S. ANHANG

- CORBIN, A. (1984)\*: PESTHAUCH UND BLÜTENDUFT - EINE GESCHICHTE DES GERUCHS.- BERLIN (FRANZÖSISCHE ORIGINALAUSGABE: PARIS 1982).
- CORFIELD, W. H. (1887): THE TREATMENT AND UTILISATION OF SEWAGE.- 3. ED., MACMILLAN, LONDON.
- COSTNER, PAT (1986)\*: WE ALL LIVE DOWNSTREAM - FOR EVERYONE WHO WANTS CLEAN WATER ... A GUIDE TO WASTE TREATMENT THAT STOPS WATER POLLUTION.- WATERWORKS PUBLISHING COMPANY, EUREKA SPRINGS, ARKANSAS.
- COTTAM, C. & HIGGINS, E. (1947): DDT AND ITS EFFECT IN FISH AND WILDLIFE.- JOURNAL ECON. ENT. 39 (1947) 35 FF.
- CRETZAZ, PIERRE. OLIVIER JOLLIET, JEAN-MARC CUANILLON & S. ORLANDO (1999)\*: PROJET CYCLEAUPE I: ANALYSE DU CYCLE DE LÉAU ET RÉCUPÉRATION DE LÉAU PLUVIALE.- ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE: 81 S.
- CRETZAZ, PIERRE. OLIVIER JOLLIET, JEAN-MARC CUANILLON & S. ORLANDO (1999)\*: LIFE CYCLE ASSESSMENT OF DRINKING WATER AND RAIN WATER FOR TOILETS FLUSHING.- AQUA (MANUSKRIFT IN PRINT) 23 S.
- CRIMP, W & SANTO (1894): SEWAGE DISPOSAL WORKS.- 2. ED., GRIFFON, LONDON.
- CZENSNY, R. (1929): NACHWEIS VON VERUNREINIGUNGEN DER FISCHGEWÄSSER DURCH TEER- U. PHENOLHALTIGE ABWÄSSER.- VOM WASSER 3 (1929).
- CZENSNY, R. (1934): KUPFERHALTIGE ABWÄSSER, IHRE WIRKUNG UND IHR NACHWEIS IM VORFLUTER.- VOM WASSER 8: 163 FF.
- CZENSNY, R. (1947)\*: UNTERSUCHUNGSVERFAHREN ZUR CHEMISCHEN WASSERANALYSE.- SCHRIFTENREIHE DER REICHSANSTALT FÜR FISCHEREI Bd. 1, SCHWEIZERBARTSCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG, STUTTGART: 98 S.
- DANCKWERTS (O.J.): DENKSCHRIFT BETR. DIE BILDUNG EINER WASSER-GENOSSENSCHAFT ZUR LANDWIRTSCHAFT. AUSNUTZUNG DER KANALISATIONSABWÄSSER DER STADT KÖNIGSBERG.- LEINWEBER, LEIPZIG.
- DANKLER, M. (1899): DER RHEINLACHS ODER SALM.- NATUR 48: 353-356.
- DARROW, KEN & MIKE SAXENIAN (1986): APPROPRIATE TECHNOLOGY SOURCEBOOK - A GUIDE TO PRACTICAL BOOKS FOR VILLAGE AND SMALL COMMUNITY TECHNOLOGY.- A VOLUNTEERS IN ASIA PRODUCTION, USA. 800 S.
- DARSCHNIK, S. & D. LONDONG (1995)\*: DIE GEWÄSSER IM EMSCHERRAUM.- NATUR UND LANDSCHAFT 70 (19):467-473.
- DEGEN, EDUARD (1925): DIE STÄDTISCHEN ABWÄSSER IN IHRER VOLKSWIRTSCHAFTLICHEN BEDEUTUNG.- DISS. KÖLN.
- DEGENER, PAUL (1901): PRINZIPIEN DER STÄDTEREINIGUNG.- LEINWEBER, LEIPZIG: 39 S.(U. VORTRAG GEHALTEN AM 20.2.1901 IN DER FACHGRUPPE FÜR GESUNDHEITSTECHNIK DES ÖSTERR. INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS IN WIEN, LEIPZIG).
- DEJONC, JOSEPH (1904)\*: VERGLEICHENDE BESTIMMUNGEN DES KEIMGHALTS DES WASSERS.- DISS., KAISER-WILHELM-UNI, STRASSBURG, MÜH & CIE;.
- DEL PORTO, DAVID & CAROL STEINFELD (1999)\*: THE COMPOSTING TOILET SYSTEM BOOK.- THE CENTER FOR ECOLOGICAL POLLUTION PREVENTION (CEPP), CONCORD, MASSACHUSETTS, USA ISBN 0-9666783-0-3
- DELBRÜCK, E. (1868): MITTHEILUNGEN ÜBER DIE CHOLERA IN HALLE 1867.- ZEITSCHRIFT FÜR BIOLOGIE 4: 23 IFF.
- DELHOTEL, E. (1893): TRAITÉ DE L'ÉPURATION DES EAUX NATURELLES ET INDUSTRIELLES.- LIBRAIRIE POLYTECHN., PARIS.
- DEMOLL, R. (1940): ÜBER DIE BIOLOGISCHEN GRENZEN DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN VERWERTUNG STÄDTISCHER ABWÄSSER.- GESUNDHEITS-INGENIEUR 63.
- DEMOLL, R. (1954): VIREN, HORMONE, WUCHSSTOFFE UND ANTIBIOTIKA IM ABWASSER.- WASSER/ABWASSER 95: (GWF, DAS GAS- UND WASSERFACH).
- DENKLER, HORST (1980)\*: NACHWORT ZU "PFISTERS MÜHLE".- IN: RAABE, W.: PFISTERS MÜHLE, RECLAM: 225-251.
- DIBDIN, W.-J. (1903): PURIFICATION OF SEWAGE AND WATER.- 3. ED., SANITARY PUBL.OFF., LONDON.
- DIBDIN, W.-J. (O.J.): REPORT BY THE CHEMIST ON THE EXPERIMENTS ON THE FILTRATION OF SEWAGE EFFLUENT DURING THE YEARS 1892.- LONDON.
- DIECK, A. (1879)\*: DIE NATURWIDRIGE WASSERWIRTSCHAFT DER NEUZEIT, IHRE GEFAHREN UND NACHTHEILE.- WIESBADEN: CHR. LIMBARTH.
- DIENEL, HANS-LIUDGER (1992): HERRSCHAFT ÜBER DIE NATUR ? NATURVORSTELLUNGEN DEUTSCHER INGENIEURE 1871-1914.- STEINER VERLAG, STUTTGART: 160 S.
- DIETRICH, B. (1955): DIE SYNTHETISCHEN NETZ- UND WASCHMITTEL.- WASSER/ABWASSER 96: 391FF. (GWF, DAS GAS- UND WASSERFACH).
- DINGLER, H. (1900): GUTACHTEN ZUR PILZVERUNREINIGUNG DES MAINS IN ASCHAFFENBURG.- UNTERL. D. ZELLSTOFF-AG ASCHAFFENBURG.
- DIRLMEIER, U. (1987)\*: ZU DEN LEBENSBEDINGUNGEN IN DER MITTELALTERLICHEN STADT: TRINKWASSERVERSORGUNG UND ABFALLBESEITIGUNG.- IN: B. HERRMANN: MENSCH UND UMWELT IM MITTELALTER: 150-159.
- DIX, ANDREAS (1997)\*: INDUSTRIALISIERUNG UND WASSERNUTZUNG: EINE HISTORISCH GEOGRAPHISCHE UMWELTGESCHICHTE DER TUCHFABRIK LUDWIG MÜLLER KUCHENHEIM.- RHEINLAND-VERLAG, KÖLN: 344 S. (ZGL. DIS.. UNI BONN).
- DOELL, V. (1903): DIE VERUNREINIGUNG DER GEWÄSSER IN ELSS-LOTHRINGEN, IHRE BEDEUTUNG FÜR DIE ÖFFENTLICHE UND MILITÄRISCHE HYGIENE, DIE LANDWIRTSCHAFT, DIE INDUSTRIE, DIE FISCHZUCHT WIE FISCHEREI.- VORTRAG, GEHALTEN IN DER GENERALVERSAMMLUNG DER ELSÄSSISCHEN FISCHEREI-VEREINE ZU STRASSBURG AM 20. SEPTEMBER 1903. STRASSBURG.(DRUCK V. DU MONT-SCHAUBERG).
- DORAU, W. & J.M. LOPEZ-PILA (1994)\*: NEUE STRATEGIE ZUR BEKÄMPFUNG DER EUTROPHIERUNG UND ZUR ENTFERNUNG VON KRANKHEITSERREGERN IN KOMMUNALEN ABWÄSSERN MITTELS MIKROFILTRATION.- UMWELTTECHNOLOGIE AKTUELL 5: 193-203, 317-325.
- DOST, K. & R. HILGERMANN (1908): TASCHENBUCH FÜR DIE CHEMISCHE UNTERSUCHUNG VON WASSER UND ABWASSER.- JENA: FISCHER.
- DOST, K. (1906): DIE LÖSLICHKEIT DES LUFTSAUERSTOFFS IM WASSER.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 6:168-171.
- DOST, K. (1907): DIE VOLUMENBESTIMMUNG DER UNGELÖSTEN ABWASSERBESTANDTEILE UND IHR WERT FÜR DIE BEURTEILUNG DER WIRKUNG VON ABWASSERREINIGUNGSANLAGEN.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 8: 203 FF.
- DOUDOROFF, P. & WARREN, C. E. (1957): BIOLOGICAL INDICES OF WATER POLLUTION, WITH SPECIAL REFERENCE TO FISH POPULATIONS.- BIOLOGICAL PROBLEMS IN WAT. POLLUT. R. A. TAFT SAN. ENG. CENTER, CINCINNATI, OHIO. PP 144-63.
- DRANGERT, JAN-OLOF; BEW, JENNIFER; WINBLAD, UNO [EDT.] (1997)\*: ECOLOGICAL ALTERNATIVES IN SANITATION, PROCEEDINGS FROM SIDA SANITATION WORKSHOP, BALINGSHOLM, SCHWEDEN, SIDA PUBLICATIONS ON WATER RESOURCES: No. 9 (WWW.SIDA.SE)
- DUNBAR (1899)\*: ZUR FRAGE ÜBER DIE NATUR UND ANWENDBARKEIT DER BIOLOGISCHEN ABWASSERREINIGUNGSVERFAHREN, INSBESONDERE DES OXYDATIONSVERFAHRENS.- DEUTSCHE VIERTELJAHRSSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 31 (1, 4) VIEWEG, BRAUNSCHWEIG.

- DUNBAR (1900)\*: ZUR FRAGE ÜBER DIE NATUR UND ANWENDBARKEIT DER BIOLOG. ABWASSERREINIGUNGSVERFAHREN.- SCHILLING'S JOURNAL F GASBELEUCHTUNG UND WASSERVERSORGUNG.
- DUNBAR (1907): LEITFADEN FÜR DIE ABWASSERREINIGUNGSFRAGE.- OLDENBOURG, MÜNCHEN.
- DUNBAR (1912): LEITFADEN FÜR DIE ABWASSERREINIGUNGSFRAGE.- 2. AUFL., MÜNCHEN (UNVERÄNDERTER NACHDRUCK VON 1954).
- DUNBAR (O.J.): BEITRAG ZUR KENNNTNIS DES OXYDATIONSVERFAHRENS ZUR REINIGUNG VON ABWASSER.- .
- DUNBAR, W. P. & THUMM (1902): BEITRAG ZUM DERZEITIGEN STANDE DER ABWASSERREINIGUNGSFRAGE MIT BES. BERÜCKS. D. BIOL. REINIGUNGSVERF.- OLDENBOURG, MÜNCHEN, BERLIN.
- DUNBAR, W.P. & ROEHLING, H ALFRED (1899): DIE BEHANDLUNG STÄDTISCHER SPÜLJAUCHE MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG NEUERER METHODEN.- VIEWEG, BRAUNSCHWEIG.
- DÜNKELBERG, FRIEDRICH W. (1876): DIE TECHNIK DER BERIESELUNG MIT STÄDTISCHEM CANALWASSER, SEINE REINIGUNG UND VERWERTHUNG.- HOCHGÜRTEL, BONN.
- DÜNKELBERG, FRIEDRICH W. (1900): DIE TECHNIK DER REINIGUNG STÄDTISCHER UND INDUSTRIELLER ABWASSER DURCH BERIESELUNG UND FILTRATION.- VIEWEG, BRAUNSCHWEIG.
- DUPUY, G. & J.A. TARR (1982): SEWER AND CITIES: FRAME HISTORY U.S. COMP.- JOURNAL OF THE ENVIRONMENTAL ENGINEERING DIVISION, PROCEEDINGS AM. SOC. CIV. ENGIN.108: 327-338.
- DURAND-CLAYE, ALFRED (1875)\*: ASSAINISSEMENT DE LA SEINE.- IN: ANNALES D'HYGIÈNE PUBLIQUE ET DE MÉDECINE LÉGALE, DEUXIÈME SÉRIE XLIV:241-292 (IN DEUTSCHER ÜBERSETZUNG ALS ANHANG III ZU REINIGUNG UND ENTWÄSSERUNG BERLINS).
- DURAND-CLAYE, ALFRED (1888): EXAMEN DES SYSTÈMES WARING & SHONE POUR L'ÉVACUATION DES EAUX D'ÉGOUT.- DUNOD, PARIS.
- DURAND-CLAYE, M. L. (1877): L'ÉPURATION DES EAUX D'ÉGOUT DE LA VILLE DE REIMS.- DUNOD, PARIS.
- DÜTSCHKE (1906)\*: ZUSAMMENSTELLUNG DER IN DEN DEUTSCHEN BUNDESSTAATEN BESTEHENDEN WICHTIGEREN GESETZLICHEN VORSCHRIFTEN ÜBER DIE REINHALTUNG DER GEWÄSSER.- IN: SALOMON: DIE STÄDTISCHE ABWASSERBESEITIGUNG IN DEUTSCHLAND: 521-534.
- DUYK, M. (1902): L'ÉPURATION DES EAUX D'ÉGOUTS EN BELGIQUE PAR LA MÉTHODE CHIMICOBIOLOGIQUE.- GOLMAERE, BRUXELLES.
- DVFÖG (1878): BERICHT ÜBER DIE 5. VERSAMMLUNG DES DEUTSCHEN VEREINS FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE VOM 25.-27. SEPTEMBER 1877 IN NÜRNBERG.- DVFÖG 10.
- DVWK [HRSG.] (1994)\*: VERMINDERUNG DES STICKSTOFFAUSTRAGS AUS LANDWIRTSCHAFTLICH GENUTZTEN FLÄCHEN IN DAS GRUNDWASSER - GRUNDLAGEN UND FALLBEISPIELE.- SCHRIFTENREIHE DES DEUTSCHEN VERBANDES FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V.; H. 106: 116 S.
- EAWAG (1979)\*: REGIONALE ABWASSERTECHNISCHE STUDIE GLATTAL, TEILE I-III.- DÜBENDORF.
- EBEL, ULRICH (1997): "KLIENT" HOCHWASSER - (K)EIN FALL FÜR DIE VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT ?.- IN: IMMENDORF, R. [HRSG.]: HOCHWASSER, NATUR IM ÜBERFLUSS?, C.F.MÜLLER VERLAG, HEIDELBERG: 211-222.
- EBELING, G. & SCHRÖDER, K. (1929): ÜBER FREIES AKTIVES CHLOR IM WASSER UND SEINE WIRKUNG AUF FISCHE UND ANDERE WASSERORGANISMEN.- ZEITSCHRIFT FÜR FISCHEREI 27: 417 FF.
- EBELING, G. (1932): UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE WIRKUNG VON ZELLSTOFFFABRIKABWÄSSERN AUF FISCHE UND FISCHNÄHRTIERE.- ZEITSCHRIFT FÜR FISCHEREI 30: 341 FF.
- EBELING, G. (1940): VERSUCHE ÜBER DIE WIRKUNG PHENOLHALTIGER ABWÄSSER IM ZUSAMMENHANG MIT RHEINUNTERSUCHUNGEN AUF DER STRECKE MAINZ BIS EMMERICH IN DEN JAHREN 1935-1937.- VOM WASSER 14: 81-91.
- EBELING, G. (1957): ÜBER DIE WASSERBESCHAFFENHEIT EINES MIT ABWÄSSERN BELASTETEN, KANALISIERTEN FLUSSABLAUFES - BEISPIEL NECKAR.- VOM WASSER 24: 247 FF.
- EBERLEIN, KLAUS (1994)\*: GEFÄHRDUNG DES ÖKO SYSTEMS NORDSEE DURCH ANTHROPOGENE STICKSTOFF- UND PHOSPHOREINTRÄGE.- ZENTRALBLATT FÜR HYGIENE UND UMWELTMEDIZIN 196(4): 285-311.
- EBERTS (1910): EINIGES ÜBER DIE VERUNREINIGUNG DER GEWÄSSER.- FISERREI-ZEITUNG 51(13).
- ECKOLDT, M. (1962): DIE KÜNSTLICHE BELÜFTUNG DER FLÜSSE.- DEUTSCHE GEWÄSSERKUNDLICHE MITTEILUNGEN 1: 1 FF.
- ECKOLDT, M. (1962): TEMPERATUR U. SAUERSTOFFVERHÄLTNISSE AN EINEM KANALISIERTEN FLUSS NACH MESSUNGEN AM KANALISIERTEN NECKAR.- DEUTSCHE GEWÄSSERKUNDLICHE MITTEILUNGEN. D. TAGUNG TRIER (1962).
- EGLING, L.J. (1874): DAS LIERNUR'SCHE SYSTEM IN HOLLAND.- PUBLIC HEALTH 2:305.
- EGGER, E. (1884): DIE WECHSELNDE ZUSAMMENSETZUNG DES RHEINS UND MAINS BEI MAINZ IM JAHRE 1882/83. ERSTER RECHENSCHAFTSBERICHT DES CHEMISCHEN UNTERSUCHUNGSAMTES FÜR DIE PROVINZ RHEINHESSEN.- ZABERN, MAINZ: 61 S.
- EGGER, E. (1885): DIE WECHSELNDE ZUSAMMENSETZUNG DES RHEINS UND MAINS BEI MAINZ IM JAHRE 1884.- 2. RECHENSCHAFTSBERICHT DES CHEMISCHEN UNTERSUCHUNGSAMTES FÜR DIE PROVINZ RHEINHESSEN, MAINZ, 69 S.
- EGGERS, GERHARD (1936): WASSERVERSORGUNGSTECHNIK IM ALTERTUM. - TECHNIKGESCHICHTE 25:1-25.
- EHLERS, G. (1936): DIE WASSERVERSORGUNG DER DEUTSCHEN STÄDTE IM MITTELALTER.- TECHNIKGESCHICHTE 25(1936) 13FF.
- EHRENBAUM, E. (1895): STATISTISCHE UND BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN IN DEN NIEDERLANDEN GEFANGENEN LACHSEN.- MITTEILUNGEN D. DEUTSCHEN SEEFISCHEREI-VEREINIGUNG, 57 S.
- EHRENBERG, R. (1838): DIE INFUSIONSTHIERCHEN ALS VOLLKOMMENE ORGANISMEN.- BERLIN.
- EHRENZELLER (O.J.): DIE HAMBURGISCHEN BIOLOGISCHEN ABWASSERREINIGUNGSANLAGEN, INSBESONDERE DIE ABWASSERREINIGUNGSANLAGE.- .
- EIDEL, K (1933): BEITRÄGE ZUR BIOLOGIE EINIGER BÄCHE DES SCHWARZWALDES MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER INSEKTENFAUNA DER ELZ UND KINZIG.- ARCHIV FÜR HYDROBIOLOGIE 25:543-615.
- EIDEL, K. (1937): BEITRÄGE ZUR INSEKTENFAUNA DES RHEINS.- BEITRÄGE ZUR NATURKUNDLICHEN FORSCHUNG SÜDWESTDEUTSCHLANDS 2:40-48.
- EITELWEIN, ROTHE & GUNTHER. (1826): GUTACHTEN DER KGL. PREUSS. OBERBAU-DEPUTATION VOM 14. JULI 1826 AN DAS KÖNIGL. PREUSS. MINIST. D. INNERN. BERLIN 14. JULI 1826.- ABSCHRIFT IM BAYER. HAUPTSTAATSARCH. 5656.
- ELSTER, H.-J. (1966): ÜBER DIE LIMNOLOGISCHEN GRUNDLAGEN DER BIOLOGISCHEN GEWÄSSERBEURTEILUNG.- VERHANDL. IVL 16(1966) 759FF.
- EMDE, W. V. D. (1959): DIE ABWASSERREINIGUNG IN ENGLAND.- STÄDTEHYGIENE 9.
- EMICH (1885)\*: .- SITZUNGSBERICHTE DER MATH.-NATURW. KLASSE DER KÖNIGLICHEN ACADEMIE ZU WIEN 91: 67FF.
- EMMERICH, RUDOLF (1892): ÜBER WASSER-KLOSET-ANLAGEN.- RIEDEL, MÜNCHEN.
- EMMERLING, O (1902): DIE ZERSETZUNG STICKSTOFFFREIER



- ORGANISCHER SUBSTANZEN DURCH BAKTERIEN.- VIEWEG, BRAUNSCHWEIG.
- ENGELKE, ROLF (1995)\*: FLUSSVERUNREINIGUNG - PROBLEMWahrnehmung, ERKLÄRUNGSVERSUCHE UND LÖSUNGSANSÄTZE AM BEISPIEL DER MAINVERSCHMUTZUNG.- GESCHICHTE LERNEN 47: 45-46.
- ERBE, THOMAS (1994)\*: DER BEITRAG VON ARZNEIMITTELN ZUR AOX-BELASTUNG IM ABWASSER VON KLINIKEN UND KRANKENHÄUSERN.- DIPLOMARBEIT AN DER FACHHOCHSCHULE GIESSEN FRIEDBERG, FACHBEREICH TECHN. GESUNDHEITSWESEN.
- ERHARD, HEINRICH (1927): DER INGENIEUR IN DER STÄDTEREINIGUNG.- GESUNDHEITS-INGENIEUR 50: 975 f.
- ERHARD, HEINRICH (1954): AUS DER GESCHICHTE DER STÄDTEREINIGUNG.- STUTTGART, KÖLN.
- ERNST, T. (1932): DER SALMENFANG BEI ST. GOAR UND ST. GOARSHAUSEN IM 18. JAHRHUNDERT.- ALT-NASSAU 12.
- ESMARCH, ERWIN VON (1896): HYGIENISCHES TASCHENBUCH.- SPRINGER, BERLIN.
- ESREY, STEVEN A., JEAN GOUGH, DAVE RAPAPORT, RON SAWYER, MAYLING SIMPSON-HÉBERT, JORGE VARGAS, UNO WINBLAD [HRSG.] (1998)\*: ECOLOGICAL SANITATION.- SWEDISH INTERNATIONAL DEVELOPMENT COOPERATION AGENCY (SIDA), STOCKHOLM: 92 S.
- ESSER, BIRGIT (1998)\*: METHODIK ZUR ENTWICKLUNG VON LEITBILDERN FÜR FLIESSGEWÄSSER - EIN BEITRAG ZUR WASSERWIRTSCHAFTLICHEN PLANUNG.- DISS. BONN: 111 S. (+ANHANG).
- ETNIER, CARL & BJÖRN GUTERSDAM [HRSG.] (1991)\*: ECOLOGICAL ENGINEERING FOR WASTEWATER TREATMENT, PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE, 24.-28.MÄRZ.- 365 S.
- EULENBERG (1877): SUPERARBITRIUM DER KGL. WISSENSCH. DEPUTATION FÜR DAS MEDICINALWESEN ÜBER DAS PROJECT DER ABFÜHRUNG ALLER MENSCHLICHEN EXCREMENTE IN DIE STÄDTISCHEN CANALISATIONSANLAGEN UND DURCH DIESE IN DEN RHEIN.- VIERTELJAHRSSCHRIFT FÜR GERICHTLICHE MEDIZIN 27: 474.
- EULENBERG, H (1876): GUTACHTEN DER KÖNIGLICHEN WISSENSCHAFTLICHEN DEPUTATION FÜR DAS MEDICINALWESEN IN PREUSSEN ÜBER DIE CANALISATION DER STÄDTE.- VIERTELJAHRSSCHRIFT FÜR GERICHTL. MED. U. ÖFF. SANITÄTSWESEN, SUPPL. 49, BERLIN.
- EULENBERG, H (1883A)\*: GUTACHTEN DER KÖNIGLICHEN WISSENSCHAFTLICHEN DEPUTATION FÜR DAS MEDICINALWESEN ÜBER DIE CANALISATION DER STADT CÖLN.- VIERTELJAHRSSCHRIFT FÜR GERICHTL. MED. U. ÖFF. SANITÄTSWESEN, SUPPL. 39: 68-78 (BERLIN).
- EULENBERG, H (1883B): LIERNUR'S STÄDTEREINIGUNGSSYSTEM.-
- EULENBERG, H (1883C): GUTACHTEN DER KÖNIGL. WISS. DEPUTATION F.D. MEDICINALREFORM IN PREUSSEN ÜBER DIE CANALISATION DER STÄDTE.- HIRSCHWALD, BERLIN.
- EULENBERG, H. [HRSG.] (1884): GUTACHTEN DER KÖNIGLICHEN WISSENSCHAFTLICHEN DEPUTATION FÜR DAS MEDICINALWESEN IN PREUSSEN BETR. D. LIERNUR'SCHE REINIGUNGSVERFAHREN IN STÄDTEN.- VIERTELJAHRSSCHRIFT FÜR GERICHTL. MED. U. ÖFF. SANITÄTSWESEN, SUPPL. 40, BERLIN.
- EVANS, J.E. (1990)\*: TOD IN HAMBURG.- ROWOHLT, REINBECK B. HAMBURG (ENGLISCHE ORIGINALAUSGABE 1987).
- EWICH, OTTO (1871): STÄDTEREINIGUNG UND WASSERVERSORGUNG: EINE WARNUNG VOR ENGLISCHEN ZUSTÄNDEN.- GEORGI, BONN.
- EWICH, OTTO (1872): BERICHT ÜBER AUSFÜHRUNG UND PROBLEM DES LIERNURSCHE SYSTEMS IN AMSTERDAM UND LEIDEN.- MONATSBLETT FÜR MEDIZINISCHE STATISTIK 3 (REINER, BERLIN).
- EWICH, OTTO (1873): SCHWEMM-CANÄLE ODER LIERNUR ? DER HEUTIGE STANDPUNKT DER STÄDTEREINIGUNGS-FRAGE.- CORRESPONDENZ-BLETT DES NIEDERHEINISCHEN VEREINS FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE, MAYER (KÖLN & LEIPZIG) 2: 78 U. 159.
- EWICH, OTTO (1878): DER HEUTIGE STANDPUNKT DER STÄDTEREINIGUNGSFRAGE. REFERAT, ERSTATTET IM INTERNATIONALEN VEREIN GEGEN VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE, DES BODENS UND DER LUFT.- ELBERFELD, LOLL: 8S.
- FABER, MALTE, FRAN JÖST, REINER MANSTETTEN & GEORG MÜLLER-FÜRSTENBERGER (1996): KUPPELPRODUKTION UND UMWELTPOLITIK: EINE FALLSTUDIE ZUR CHLORCHEMIE UND ZUR SCHWEFELSAUREINDUSTRIE.- JOURNAL FÜR PRAKTISCHE CHEMIE 338: 497-505.
- FABER, MALTE, REINER MANSTETTEN & GEORG MÜLLER-FÜRSTENBERGER (1993): ÖKOLOGISCHE HERAUSFORDERUNG FÜR DIE CHEMISCHE INDUSTRIE.- RUPERTO CAROLA 2/93:30-35
- FADEJEFF, ANATOL A. (1886): DIE UNSCHÄDLICHMACHUNG DER STÄDTISCHEN KLOAKENAUSWÜRFE DURCH DEN ERDBODEN: VERSUCHE, DIE IN DEN JAHREN 1881-1884 AN DER LAND-U. FORSTWIRTSCH.AKADEMIE PETROWSKY BEI MOSKAU AUSGEFÜHRT WURDEN.- SCHOLTZE, LEIPZIG.
- FAHL, ANDREAS (1987)\*: DIE QUALITÄT DES TRINKWASSERS.- IN: LÜHNING [RED.]:FRISCHES WASSER - KULTURGESCHICHTL. ASPEKTE D. HÄUSL. WASSERVERSORGUNG IN SCHLESWIG-HOLSTEIN SEIT D. MITTELALTER, JULI - DEZEMBER 1987, VOLKSKUNDL. GERÄTESAMMLUNG D. SCHLESWIG-HOLSTEIN. LANDESM. IN SCHLESWIG, SCHLOSS GOTTORF: 23-25
- FAIR, G.M. ,MOORE, E.W. & THOMAS, H. A. (1941): THE NATURAL PURIFICATION OF RIVER MUTS AND POLLUTIONAL SEDIMENTS.- SEWAGE WORKS JOURNAL 13 270FF., 756FF. UND 1209FF.
- FARMSTEINER (1902): LEITFADEN FÜR DIE CHEMISCHE UNTERSUCHUNG VON ABWASSER.- OLDENBOURG, MÜNCHEN.
- FARR, (1877): UEBER DIE GEsETZE DER VERUNREINIGUNGEN.- PUBLIC HEALTH VII: 127.
- FARRE, W (1907): ZUR FRAGE SCHLAMMVERZEHRUNG IN DER FAULKAMMER.- GESUNDHEITS-INGENIEUR.
- FEGEBEUTEL, AD (1870): DIE KANALWASSER-(SEWAGE) BEWÄSSERUNG ODER DIE FLÜSSIGE DÜNGUNG DER FELDER IM GEFOLGE DER KANALISATION.- KAFEMANN, DANZIG.
- FEGEBEUTEL, AD (1874): DIE CANALWASSER- (SEWAGE) BEWÄSSERUNG IN DEUTSCHLAND ..BEOBACHTUNGEN AUF D.CANALWASSER-BERIES-STATIO.- KAFEMANN, DANZIG.
- FEHLMANN, W. (1926): DIE URSACHEN DES RÜCKGANGES DER LACHSFISCHEREI IM HOCHRHEIN.- BEIL. JAHRBUCH KANTONSCHULE SCHAFFHAUSEN.
- FEHLMANN, W. (1935): VON DER RHEINFISCHEREI.- FISCHER 35.
- FEHR, GÜNTER & DORIS FÖHSE [HRSG.] (1997): ÖKONOMISCHE EFFEKTIVITÄTSKONTROLLE VON GEWÄSSERSCHUTZMASSNAHMEN IN DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT.- POJEKTBERICHT, HANNOVER: 146 S (FEHR & NIEMANN-HOLLATZ UMWELTCONSULT, LISTER MEILE 27, 30161 HANNOVER).
- FENZ, ROBERT & MATTHIAS ZESSNER (1999)\*: STRATEGIEN FÜR DIE ABWASSERENTSORGUNG IM DONAURAUM IN: WIENER MITTEILUNGEN, BAND 155, S 331-351, WIEN
- FERMI, CLAUDIO (1891): ÜBER DIE REINIGUNG DER ABWÄSSER DURCH ELEKTRIZITÄT.- ARCHIV FÜR HYGIENE 13: 207-228.
- FICHER, KARL (1938): DIE GRUNDGEDANKEN DER STÄDTISCHEN WASSERVERSORGUNGS POLITIK IM MITTELALTER.- WASSER/ABWASSER 25: 198-200.
- FISCHEL, ALEXANDER (1911): ZUR REFORM DES WASSERRECHTS.- DUNCKER & HUMBLLOT, LEIPZIG.

- FISCHER, ALFONS (1913): GRUNDRISS DER SOZIALEN HYGIENE.- BERLIN.
- FISCHER, ALFONS (1932): BRIEFE MAX V. PETTENKOFERS AN DEN MÜNCHNER BÜRGERMEISTER ERHARD.- MÜNCHENER MEDIZINISCHE WOCHENSCHRIFT 43: (SONDERDRUCK).
- FISCHER, BERNHARD (1893): JAHRESBERICHT DES CHEMISCHEN UNTERSUCHUNGSAMTES DER STADT Breslau FÜR DIE ZEIT VOM 1. APRIL 1892 BIS 31. MÄRZ 1893. (+ 1894-95(1896); 1895-96(1897).- MORGENSTERN, Breslau.
- FISCHER, FERDINAND (1874)\*: UEBER DIE VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE DURCH INDUSTRIE- UND STÄDTISCHE ABFALLSTOFFE UND DIE MITTEL DAGEGEN.- DINGLERS POLYTECHNISCHES JOURNAL 211.
- FISCHER, FERDINAND (1875): DIE VERWERTHUNG DER STÄDTISCHEN UND INDUSTRIE-ABFALLSTOFFE.- QUANDT&HÄNDEL, LEIPZIG.
- FISCHER, FERDINAND (1875): DIE VERWERTHUNG DER STÄDTISCHEN UND INDUSTRIE-ABFALLSTOFFE - MIT BESONDERER RÜCKSICHT AUF DESINFECTION, STÄDTEREINIGUNG, LEICHENVERBRENNUNG UND FRIEDHÖFE.- LEIPZIG.
- FISCHER, FERDINAND (1876): DIE VERWERTUNG DER STÄDTISCHEN UND INDUSTRIE-ABFALLSTOFFE.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 8: 706.
- FISCHER, FERDINAND (1876): VERWERTUNG DER MENSCHLICHEN EXCREMTE ZU BRENNMATERIAL UND LEUCHTGAS.- ZEITSCHRIFT D. VER. DER INGENIEURE: 309.
- FISCHER, FERDINAND (1882): DIE MENSCHLICHEN ABFALLSTOFFE, IHRE PRAKTISCHE BESEITIGUNG UND IHRE LANDWIRTSCHAFTLICHE VERWERTHUNG.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE, SUPPLEMENT, BRAUNSCHWEIG (ZU 8:39).
- FISCHER, FERDINAND (1891): DAS WASSER, SEINE VERWENDUNG, REINIGUNG UND BEURTHEILUNG.- SPRINGER, BERLIN.
- FISCHER, FERDINAND (1894): DIE VERARBEITUNG STÄDTISCHER ABFALLSTOFFE IN DER PODEWIL'SCHEN FÄKALEXTRAKT-FABRIK IN AUGSBURG.- CHEM. ZTG. 18: 68,89,102 (REF. IN HYG. RUNDSCHAU: 449).
- FISCHER, FERDINAND (1899): EINFLUSS DER INDUSTRIE AUF DAS FLUSSWASSER.- ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE CHEMIE 12.
- FISCHER, FERDINAND (1902): DAS WASSER, SEINE VERWENDUNG, REINIGUNG UND BEURTHEILUNG, MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER GEWERBLICHEN ABWÄSSER UND DER FLUSSVERUNREINIGUNG.- 3. AUFLAGE, BERLIN.
- FISCHER, H. (1916): ÜBER DENITRIFIKATION IN TEICHEN UND IHRE PRAKTISCHE BEDEUTUNG.- ZEITSCHRIFT FÜR FISCHEREI 18, N. F. 2(1916).
- FISCHER, R. (1905): INTERNAT. REGELUNG ZUM SCHUTZE DER GEWÄSSER GEGEN VERUNREINIGUNG.- WIEN: VERL. K. U. K. ÖSTERR. FISCH. - GES.
- FITSCHEN I. & H. HAHN (1998)\*: HUMAN URINE - WATER POLLUTANT OR POSSIBLE RESOURCE? WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY (IN PRINT)
- FITTKAU, E.J. & F. REISS (1983): VERSUCH EINER REKONSTRUKTION DER FAUNA EUROPÄISCHER STRÖME UND AUEN.- ARCHIV FÜR HYDROBIOLOGIE 97:1-6.
- FITZAN, HERMANN (1893): DER EINFLUSS DER WÜRZBURGER SCHWEMMKANALISATION AUF DEN MAIN.- VERHANDLUNGEN DER PHYSIKALISCH-MEDIZINISCHEN GESELLSCHAFT IN WÜRZBURG 27:131 (WÜRZBURG, STAHEL).
- FLECK & HEILMANN (1924): DIE STÄDTISCHE ABFALLWIRTSCHAFT.- GESUNDHEITS-INGENIEUR 47.
- FLOWER, L. (1877): REINE LUFT UND REINES WASSER. WEITERE UNTERSUCHUNGEN UND VORSCHLÄGE BETR. VERHÜTUNG VON FLUSSVERUNREINIGUNG.- PUBLIC HEALTH 6: 400.
- FORBAT-FISCHER, (1903): DIE KANALISATION VON MAILAND.- LEINWEBER, LEIPZIG.
- FÖRSTER, JÜRGEN (1998)\*: WASSER AUS DACHABFLÜSSEN: SAUBERE RESSOURCE ODER BELASTETES ABWASSER.- IN: DEZENTRALE ABWASSERBEHANDLUNG FÜR LÄNDLICHE UND URBANE GEBIETE, BERICHTE AUS WASSERGÜTE- UND ABFALLWIRTSCHAFT TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN, BAND 138, S. 173-194
- FOWLER, GILBERT J. (1902): SEWAGE WORKS ANALYSES.- KING, LONDON.
- FRAENKEL, C. (1897)\*: GUTACHTEN ÜBER DIE KLÄRUNG DER KANALWÄSSER DER STADT KÖLN.- ZENTRALBLATT FÜR ALLGEMEINE GESUNDHEITSPFLEGE 16: 281-292.
- FRAENKEL, PFEIFFER & WITT (1902): MUSTERGÜLTIGE EINFÜHRUNG DES TORFSTUHLVERFAHRENS IN KLEINEREN UND MITTLEREN STÄDTEN.- PAREY, BERLIN.
- FRAISSE, F. (1880): DIE FISCHE DES MAINGEBIETES.- WÜRZBURG.
- FRAISSINET, E.D.M. (1891): DIE VOLKSWIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG DER PRIVATFLÜSSE UND -BÄCHE FÜR DIE INDUSTRIE UND LANDWIRTSCHAFT.- ENGELMANN, LEIPZIG.
- FRANK, ? (1903): ABWASSERBESEITIGUNG UND FLUSSVERUNREINIGUNG.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE/21. JAHRESBERICHT ÜBER DIE FORTSCHRITTE UND LEISTUNGEN AUF DEM GEBIETE DER HYGIENE/.
- FRANK, ? (1910): ABWASSERBESEITIGUNG UND FLUSSVERUNREINIGUNG.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE/25. JAHRESBERICHT ÜBER DIE FORTSCHRITTE UND LEISTUNGEN AUF DEM GEBIETE DER HYGIENE.
- FRANK, F (1888): GESETZE BETREFFEND WASSERRECHT UND WASSERPOLIZEI IM PREUSSISCHEN STAATE.- KORN, Breslau.
- FRANK, F (1889): ARNOLD NIEBERDING'S WASSERRECHT UND WASSERPOLIZEI IM PREUSSISCHEN STAATE.- KORN, Breslau.
- FRANK, GEORG (1897): UEBER REINIGUNG STÄDTISCHER KANALWÄSSER DURCH TORFFILTRATION.- CENTRALBLATT FÜR GESUNDHEITSPFLEGE 16:380-391.
- FRANZIUS & FRÜHLING (1893): WASSERVERSORGUNG UND ENTWÄSSERUNG DER STÄDTE.- ENGELMANN, LEIPZIG.
- FREY, ANDREAS BERTHOLD (1988): DIE VORSTELLUNGEN ZUR ÄTIOLOGIE DER LEPRO IM 19. JAHRHUNDERT.- DISSERTATION, UNI TÜBINGEN: 117 S.
- FREYCINET, M. CHARLES DE (1867): RAPPORT SUR L'EMPLOI DES EAUX D'ÉGOUT DE LONDRES.- DUNOD, PARIS.
- FRI TSCH, W. (1959): PHENOLE ALS ABWASSERGIFFE IN FISCHGEWÄSSERN.- ALLG. FISCHEREI-ZEITUNG 84: 295-298.
- FUCHS, CARL JOHANNES & PAUL SCHULTZE-NAUMBURG (1906): DIE STROMSCHNELLEN DES RHEINS BEI LAUFENBURG UND IHRE ERHALTUNG.- HALLE A.S.: GEBAUER-SCHWETZSCHKE 1906 (= III. FLUGSCHRIFT DES BUNDES HEIMATSCHUTZ).
- FUHRMANN, (1883): DIE RIESELFELDER IM NORDEN VON BERLIN: DIE ENTDECKUNG DER MILDFÄULNISS UND IHRE BEZIEHUNG ZUR KINDERSTERBLICHKEIT.- 2. AUFL., SEYDEL, BERLIN.
- FÜRST, CARL (1892): DIE TORFSTREU IN IHRER BEDEUTUNG FÜR STADT UND LAND.- 2. AUFL., PAREY, BERLIN.
- FÜRST, D. & H. KIEMSTEDT (1989): UMWELTQUALITÄTSZIELE FÜR DIE ÖKOLOGISCHE PLANUNG, FORSCHUNGSBERICHT NR. 109 001 08.- I.A. DES UMWELTBUNDESAMTES, HANNOVER, KURZFASSUNG 19 S.
- GADAUD, E (1889): SALUBRITÉ DES HABITATIONS.- BERNARD, PARIS.
- GAINAY, P. L. & LORD, T. H. (1957): MICROBIOLOGY OF WATER AND SEWAGE.- PRENTICE-HALL, NEW JERSEY.
- GAMMETER, SONJA (1996)\*: EINFLÜSSE DER SIEDLUNGSENTWÄSSERUNG AUF DIE INVERTEBRATEN-ZÖNOSE KLEINER FLESSGEWÄSSER.- DISS. ETH NR. 11673, ZÜRICH.
- GARBRECHT, G. (1985)\*: WASSER - VORRAT, BEDARF UND NUTZUNG IN GESCHICHTE UND GEGENWART.- ROWOHLT TASCHENBUCH (7724), REINBEK BEI HAMBURG, 279 S.

- GARTISER, S. & BRINKER, L. (1995)\*: ABWASSERBELASTENDE STOFFE UND ABWASSERSITUATION IN KLINIKEN. BERICHT FÜR DAS UMWELTBUNDESAMT F + E VORHABEN NR. 10206514.
- GARTISER, S. (1995)\*: ABWASSER IM KRANKENHAUS; IN: MANAGEMENTHANDBUCH KRANKENHAUS - (MHK (HRSG.: FISCHER, H., RÄPPE, E.-P., SCHNIEDER, T., THIELE, G., ULMER, H.)), R. V. DECKER'S VERLAG, HEIDELBERG, 1-19.
- GARTISER, S., BRINKER, L., ERBE, T., KÜMMERER, K., WILLMUND, R. (1997)\*: BELASTUNG VON KRANKENHAUSABWASSER MIT GEFÄHRLICHEN STOFFEN IM SINNE 7A WHG. ACTA HYDROCHIM. HYDROBIOL. 24, 90-97.
- GÄRTNER, A. & SCHÜMANN (1903)\*: DIE HYGIENISCHE UEBERWACHUNG DER WASSERLÄUFE (VORTRÄGE & LEITSÄTZE SOWIE VERSCH. DISKUSSIONSBEITRÄGE).- DEUTSCHE VIERTELJAHRSSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 25(1): 15-15-69, VIEWEG & SOHN, BRAUNSCHWEIG.
- GÄRTNER, A. (1915): DIE HYGIENE DES WASSERS.- BRAUNSCHWEIG: F. VIEHWEG.
- GASTPAR, A. (1902): DIE ABWASSERFRAGE IN STUTTGART.- WITTMER, STUTTGART.
- GECHTER, M. (1987): WASSERVERSORGUNG UND -ENTSORGUNG IN KÖLN VOM MITTELALTER BIS ZUR FRÜHEN NEUZEIT.- KÖLNER JAHRBUCH FÜR VOR- UND FRÜHGESCHICHTE 20: 219-270.
- GEIGER, W. & H. DREISEITL (1995)\*: NEUE WEGE FÜR DAS REGENWASSER - HANDBUCH ZUM RÜCKHALT UND ZUR VERSICKERUNG VON REGENWASSER IN BAUGEBIETEN.- OLDENBOURG, MÜNCHEN: 293 S.
- GELPKE, R. (1927): ENTARTUNGERSCHEINUNGEN AUF DEM GEBIET DER WASSERWIRTSCHAFT. VORTRAG IN ST. GALLEN.- VERL. S. B. N. S.
- GEMÜND, W. (1916): ÜBER DIE SELBSTREINIGUNG DES WASSERS DURCH PROTOZOEN MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES BIOLOGISCHEN KLÄRPROZESSES.- HYGIENISCHE RUNDschau 26(1916).
- GENNERICH, J. & SIKORA (1952): DIE VERUNREINIGUNG VON RHEIN UND MAIN, AUSGEDRÜCKT IN QUANTITATIVER BESTIMMUNG DER TREIBENDEN ABWASSERPILZE.- DIE WASSERWIRTSCHAFT 42(4):180-182.
- GENNERICH, J. (1950): FISCHSTERBEN IM REGIERUNGSBEZIRK DARMSTADT IM JAHRE 1949.- DIE WASSERWIRTSCHAFT 8: 236-238.
- GENZMER, E. (1888): DIE WASSERVERSORGUNG.- FESTSCHRIFT FÜR DIE MITGLIEDER UND TEILNEHMER DER 61. VERSAMMLUNG DEUTSCHER NATURFORSCHER UND AERZTE: KÖLN: 161-186. (KÖLN.).
- GEPP, J. (1985)\*: AUENGEWÄSSER ALS ÖKOZELLEN - FLUSS-ALTARME, ALTWÄSSER UND SONST AUGEN-STILLGEWÄSSER.- ÖSTERR. GRÜNE REIHE, BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT UND UMWELTSCHUTZ, WIEN, 2.AUFL. 4:322 S.
- GERADIN, A. (1870)\*: UEBER VERHÜTUNG DER VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE.- JOURN. DE BRUX. L. S.277.
- GERADIN, A. (1873)\*: RAPPORT SUR L'ALTÉRATION, LA CORRUPTION ET L'ASSAINISSEMENT DES RIVIÈRES.- ARCHIVES DES MISSIONS SCIENTIFIQUES ET LITTÉRAIRES. CHOIX DE RAPPORTS ET INSTRUCTION PUBLIQUE SOUS LES AUSPICES DU MINISTÈRE DE L'INSTR. PUBL. DES CULT. ET DES BEAUX-ARTS. 3. SERIE, T. I: 461-524.
- GERADIN, A. (1875)\*: ALTÉRATION, CORRUPTION ET ASSAINISSEMENT DES RIVIÈRES.- ANNALES D'HYGIÈNE PUBLIQUE ET DE MÉDECINE LÉGALE, DEUXIÈME SÉRIE XLIII: 5-41.
- GERADIN, A. (JUN.) (1877)\*: UEBER DIE VERUNREINIGUNG DER SEINE IN DEN JAHREN 1874 BIS 1875 UND ÜBER DIE VERWENDUNG DER ABFALLWÄSSER.- ANN. D'HYG. 47:87.
- GERHARD, W. P (1885): DIE HAUS-KANALISATION.- SCHOLTZE, LEIPZIG.
- GERHARD, W. M. PAUL (1890): THE DISPOSAL OF HOUSEHOLD WASTES.- VAN NOSTRAND, NEW YORK.
- GERKEN, B. (1988)\*: AUEN - VERBORGENE LEBENSADERN DER NATUR.- ROMBACH, FREIBURG: 132 S..
- GERKEN, B. ET AL. (1988): WILDFLUSS DURANCE - ZUR DOKUMENTATION EINER STERBENDEN FLUSSLANDSCHAFT.- ÖKOLOGIE AKTUELL, VERLAG J. MARGRAF 5:300 S.
- GERLACH RENATE & ULRICH RADTKE (1997): HOCHWASSERSEDIMENTE - DIE VISITENKARTE DES MENSCHEN.- IN:IMMENDORF, RALF [HRSG.]: HOCHWASSER - NATUR IM ÜBERFLUSS; C.F.MÜLLER, HEIDELBERG: 223-244.
- GERSON (1889)\*: DIE VERUNREINIGUNG DER WASSERLÄUFE DURCH DIE ABFLUSSWÄSSER AUS STÄDTEN UND FABRIKEN UND IHRE REINIGUNG.- VERLAG DER POLYTECHNISCHEN BUCHHANDLUNG A. SEYDEL, BERLIN: 215 S.
- GERSON, GEORG H. & VOGEL, J. H (1896): DIE SCHICKSALE DER FÄKALIEN IN KANALISIERTEN UND NICHTKANALISIERTEN STÄDT. RIESELFELDER.- FISCHER, JENA.
- GERSON, GEORG H. (1883): DIE ANLAGE, DIE VERWALTUNG, DIE GEWINNBERECHNUNGEN UND VERWALTUNGSBERICHTE DER BERLINER RIESELFELDER.- KÜHN, BERLIN.
- GESUNDHEIT - (): HYGIENISCHE UND GESUNDHEITSTECHNISCHE ZEITSCHRIFT [HRSG. VON STADTBAURAT BRIX UND STADT UND STADTARZT DR. PETRUSCHKY 28, 2 NUMMERN MONATLICH.- LEINEWEBER, LEIPZIG.
- GEUSEN & LQOCK (1903)\*: BEITRAG ZUR MECHANISCHEN REINIGUNG VON KANALWASSER - BEMERKUNGEN ZUR KANALISATION VON DÜSSELDORF.- MITTEILUNGEN KGL. PRÜFUNGSANST. F. WASSERVERS. U. ABWASSERBES. 2: 99-114.
- GIGER, W., P.H. BRUNNER & C. SCHAFFNER (1984)\*: 4-NONYLPHENOL IN SEWAGE SLUDGE: ACCUMULATION OF TOXIC METABOLITES FROM NONIONIC SURFACTANTS.- SCIENCE 225: 623-625.
- GIGER, W., M. AHEL, M. KOCH, H.U. LAUBSCHER, C. SCHAFFNER & J. SCHNEIDER (1987)\*: BEHAVIOUR OF ALKYLPHENOL POLYETHOXYLATE SURFACTANTS AND OF NITRILTRIACETATE IN SEWAGE TREATMENT.- WATER SCI. TECHNOL. 19(3-4): 449-460.
- GIGER, WALTER (1995)\*: SPURENSTOFFE IN DER UMWELT.- EAWAG NEWS 40D: 3-7.
- GILBERT, P.A. & KLEISER, H.H. (1988)\*: BEURTEILUNG DER UMWELTVERTRÄGLICHKEIT VON LAS.- TENSIDE, DETERGENTS 25 (2): 128-133.
- GIULIANI, F. (1995)\*: GENOTOXIZITÄT VON ABWASSERPROBEN EINES UNIVERSITÄTSSPITALS.- DISSERTATION, ETH ZÜRICH, 105 S.
- GIULIANI, FRANCESCA, THEO KOLLER, F.E. WÜRGLER & ROSA MARIA WIDMER (1996)\*: DETECTION OF GENOTOXIC ACTIVITY IN NATIVE HOSPITAL WASTE WATER BY THE UMUC TEST.- MUTATION RESEARCH 368:49-57.
- GIWERCMAN, A. & N.E. SKAKKEBEAK (1992)\*: THE HUMAN TESTIS - AN ORGAN AT RISK?.- INT. J. ANDROL. 15: 373-375.
- GLADSTONE, A. (1884): HISTORY OF THE LONDON WATER SUPPLY FROM THE CREATION OF MAN TO A. D. 1884.- LONDON.
- GLASER, L. (1868): MITTEILUNGEN ÜBER DAS THIERLEBEN UM WORMS MIT BEZIEHUNG AUF DEN HOHEN WASSERSTAND VON 1862 UND 1866/67.- DER ZOOLOGISCHE GARTEN (A.F.), 9, I: 103-108.
- GLEICHMANN, P.R. (1979)\*: DIE VERHÄUSLICHUNG KÖRPERLICHER VERRICHTUNGEN.- IN: GLEICHMANN ET.AL. [HRSG.]: MATERIALIEN ZU NORBERT ELIAS' ZIVILISATIONSTHEORIE, FRANKFURT A.M.: 254-279.
- GLEICHMANN, P.R. (1985)\*: DIE VERHÄUSLICHUNG VON HARN- UND KOTENTLEERUNG.- IN:ARCHITHESE 15:8-14.



- GLEITSMANN (1982): DIE HAUBERGWIRTSCHAFT DES SIEGERLANDES ALS BEISPIEL FÜR RESSOURCENSCHONENDE KREISLAUFWIRTSCHAFT.- SCRIPTA MERCATORAE 16:21-54.
- GLICK, THOMAS F. (1980): SCIENCE, TECHNOLOGY AND THE URBAN ENVIRONMENT - THE GREAT STINK OF 1858.- IN: LESTER J. BILSKY [HRSG.]: HISTORICAL ECOLOGY.
- GLOECKNER, JULIUS (1869): DIE WIRKLICHE BEDEUTUNG DER VERSUCHE ZUR EINFÜHRUNG DER PNEUMATISCHEN CANALISATION ZU PRAG.- CALVE, PRAG.
- GLÜCKLICH, DETLEF & G. KÖHN (1992)\*: PRAXISUNTERSUCHUNG ÜBER DIE LEISTUNG VERBESSERTER DEZENTRALER KLEINKLÄRANLAGEN (I.A. D. NIEDERSÄCHSISCHEN LANDESAMTES FÜR ÖKOLOGIE.- IDA E.V., BUCHHOLZ IN DER NORDHEIDE.
- GLUJSEN, JOSEPH (1909): ÜBER DIE VERWENDBARKEIT VON TORF ZUM AUFBAU VON BIOLOGISCHEN ABWASSERREINIGUNGSANLAGEN.- .
- GODA, T. (1991)\*: MANAGEMENT AND STATUS OF JAPANESE PUBLIC WATERS.- WATER SCIENCE & TECHNOLOGY 23 (1-3): 1-10.
- GOELDNER, M (1891): ANLEITUNG ZUR WOHNUNGS-DESINFECTION IN FRAGE UND ANTWORT.- GAERTNER, BERLIN.
- GÖHRIG, C. F. (1904): BEITRÄGE ZUR REINIGUNG VON STÄDTISCHEN UND FABRIKABWÄSSERN.- LEINWEBER, LEIPZIG.
- GOLWER, A. & W. SCHNEIDER (1979)\*: BELASTUNG DES UNTERIRDISCHEN WASSERS MIT ANORGANISCHEN SPURENSTOFFEN IM GEBIET VON STRASSEN.- GWF WASSER/ABWASSER 10: 461-467.
- GOLWER, A. & W. SCHNEIDER (1982)\*: BELASTUNG DES GRUNDWASSERS MIT ORGANISCHEN STOFFEN IM GEBIET VON STRASSEN.- GWF WASSER/ABWASSER 7: 330-342.
- GOLWER, A. , MATTHES, G. & SCHNEIDER, W. (1969)\*: SELBSTREINIGUNGSVORGÄNGE IM GRUNDWASSERBEREICH.- VOM WASSER 36: 61 FF.
- GÖLZ, E. (1994)\*: BED DEGRADATION - NATURE CAUSES COUNTERMEASURES.- WATER SCIENCE & TECHNOLOGY 29(3):325-333.
- GONZENBACH, WILHELM V. (1943): HYGIENE UND LANDWIRTSCHAFTLICHE ABWASSERVERWERTUNG.- GESUNDHEITS-INGENIEUR 66: 64-47.
- GORI, M.W.C. (1873): UEBER DIE EINFÜHRUNG DES LIERNUR'SCHEN ABFUHRSYSTEMS IN AMSTERDAM.- MED. TIMES AND GAZ. 1, S. 263.
- GÖTTISHEIM, FR. (1873)\*: DAS UNTERIRDISCHE BASEL.- EIN BEITRAG ZUR CANALISATIONSFRAGE. DREI POPULÄRE VORTRÄGE, 2.AUSG.- RICHTER, BASEL, 72 S. (MIT EINER TABELLE).
- GOTTSTEIN, A. (1902): GESCHICHTE DER HYGIENE IM 19. JAHRHUNDERT.- IN: STOCKHAUSEN, GEORG [HRSG.]: DAS DEUTSCHE JAHRHUNDERT IN EINZELSCHRIFTEN 2.BD., BERLIN.
- GÖTZ, B. (1948): WIRKUNG VON GESAROL UND DDT-PRÄPARATEN AUF FISCH.- ANZEIGER F. SCHÄDLINGSKUNDE 21 (1948).
- GOUBERT, JEAN-PIERRE (1988)\*: THE DEVELOPMENT OF WATER AND SEWERAGE SYSTEMS IN FRANCE, 1850-1950.- IN: TARR, JOEL.A. & DUPUY, GABRIEL: TECHNOLOGY AND THE RISE OF THE NETWORKED CITY IN EUROPE AND AMERICA, PHILADELPHIA: 116-136.
- GRABRECHT, G. (1984): HYDROLOGISCHE VORSTELLUNGEN UND HYDRAULISCHE KENNTNISSE IN DER ANTIKE.- BESONDERE MITTEILUNGEN ZUM GEWÄSSERKUNDLICHEN JAHRBUCH 45.
- GRADL, T. & A. LENZ (1994)\*: HYGIENISIERUNG VON GEREINIGTEM ABWASSER MIT BEWACHSENEN BODENFILTERN.- KORRESPONDENZ ABWASSER 12: 2250-2251.
- GRAF, F. (1905): ÜBER DIE SCHÄDIGUNGEN DER FISCHEREI DURCH ABWÄSSER UND ÜBER NEUERE REINIGUNGSVERFAHREN.- ALLG. FISCHEREI-ZEITUNG 30 (1905).
- GRAF, F. (1928): ABWASSERBESEITIGUNG UND GEWÄSSERVERUNREINIGUNG.- IN: DEMOLL, R. UND MAIER, H. N. HANDB. D. BINNENFISCHEREI MITTELEUROPAS. Bd. VI, STUTTGART.
- GRAF, F. (1964): DIE SUKZSSION DER ORGANISMEN BEI DER SELBSTREINIGUNG VON ORGANISCH VERUNREINIGTEM WASSER UNTER VERSCHIEDENEN MILIEUBEDINGUNGEN.- MINIST. ERNÄHR. LANDW. FORST. NRW. DÜSSELDORF.
- GRAHN, E. (1899,1902)\*: DIE STÄDTISCHE WASSERVERSORGUNG IM DEUTSCHEN REICHE SOWIE IN EINIGEN NACHBARGEBIETEN.- 2 BDE, MÜNCHEN, LEIPZIG (1899 U. 1902).
- GRAHN, E. (1900)\*: STAATLICHE EINRICHTUNGEN ZUR FÖRDERUNG DES BAUES ÖFFENTLICHER WASSERVERSORGUNGSANLAGEN IN WÜRTTEMBERG, BAYERN, BADEN UND ELSASS-LOTHRINGEN.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 32:185-208.
- GRANDEAU (1872)\*: LA SOUDIÈRE DE DIEUZE ETC.- LIBRAIRE AGRICOLE DE LA MAISON RUSTIQUE, PARIS.
- GRANDKE, HANS (1892): DIE RIESELFELDER VON BERLIN UND DIE SPÜLJAUCHE: UNTER BESONDERER BERÜCKSICHT IHRER CHEMISCHEN BESCHAFFENHEIT.- GRUNDMANN, BERLIN.
- GRAVENHAGE, H. (1955): ÜBERBLICK ÜBER DEN FRÜHEREN UND HEUTIGEN STAND DES ABWASSERPROBLEMS IN HOLLAND.- BERICHTE DER ABWASSERTECHNISCHEN VEREINIGUNG 6: 70 FF.
- GRIESINGER, W. , PETTENKOFER, M. V. & WUNDERLICH, C. A. (1866): CHOLERAREGULATIV.- ZEITSCHRIFT FÜR BIOLOGIE 2: 459 FF.
- GROOT, A. DE (1924): ÜBER DAS LIERNURSYSTEM IN AMSTERDAM.- GESUNDHEITS-INGENIEUR 47: 279.
- GROSCH, G (1895): DER ENTWURF EINES PREUSSISCHEN WASSERGESETZES: GUTACHTEN DES SÄCHS. INGENIEUR- U. ARCHITECTEN-VEREIN.- FELIX, LEIPZIG.
- GROSS, H. (1963): ANSTIEG DER PHENOLKONZENTRATION IM UFERFILTRATWASSER DES RHEINS. ERFAHRUNGEN BEIM WASSERWERK LUDWIGSHAFEN AM RHEIN WÄHREND DER TROCKENPERIODE HERBST UND WINTER 1962/63.- WASSER/ABWASSER 104 (30): 850 (GWF, DAS GAS- UND WASSERFACH).
- GROSS, HERMANN (1985): DIE GESCHICHTE DER WASSERVERSORGUNG DES LINKSRHEINISCHEN TEILS DES RHEIN-STEG-KREISES UND BAD GODESBERG.- DISS. MED., BONN.
- GROSSE-BOHLE, HUBERT (1900): BEITRÄGE ZUR FRAGE DER SELBSTREINIGUNG DER GEWÄSSER.- DISSERTATION MÜNSTER, STAHL, MDCCCLC, ARNBERG.
- GROSSE-BOHLE, HUBERT (1906)\*: UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN SAUERSTOFFGEHALT DES RHEINWASSERS.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 7: 172-181.
- GROSSER, G. (1990): ANFORDERUNGEN ZUR BEHANDLUNG VON KRANKENHAUSABWASSER.- WASSER + BODEN 8, 536-539.
- GROSSHERZOGLICHE OBERDIRECTION DES WASSER- UND STRASSENBAUES (1863A): DIE CORRECTION DES RHEINES VON BASEL BIS ZUR GROSSHERZOGLICH HESSISCHEN GRENZE.- DENKSCHRIFT: 64 S., KARLSRUHE.
- GROSSHERZOGLICHE OBERDIRECTION DES WASSER- UND STRASSENBAUES (1863B): KARTE ÜBER DEN LAUF DES RHEINS LÄNGS DER BADISCH-FRANZÖSISCHEN GRENZE NACH DEN STANDE DER JAHRE 1817 UND 1861.- 10 KARTEN, KARLSRUHE.
- GROTEHUSMANN, D., A. KHELIL, F. SIEKER & M. UHL (1992)\*: NATURNAHE REGENWASSERENTSORGUNG DURCH MULDEN- UND RIGOLEN-SYSTEME.- KORRESPONDENZ ABWASSER 5: 666-687.
- GROTEHUSMANN, D., R. ROHLFING, G. WEYER, D. DITTRICH, P. GOWIK & P. PERNAK (1993)\*: LITERATURSTUDIE: VORKOMMEN VON ORGANISCHEN SCHADSTOFFEN UND SCHWERMETALLEN IM REGENWASSERABFLUSS UND IHR VERHALTEN IN DER UNGESÄTTIGTEN BODENZONE.- ABSCHLUSSBERICHT ZUM BMFT-VERBUNDPROJEKT 02 WT 89010.

- GROTHEHUSMANN, DIETER (1993)\*: QUALITÄTSASPEKTE DER REGENWASSERVERSICKERUNG.- IN: KOMMUNALE UMWELT-AKTION [HRSG.] SCHRIFTENREIHE DER KOMMUNALEN UMWELT-AKTION HEFT 16, HANNOVER 3-18.
- GROTHEHUSMANN, DIETER (1993)\*: ALTERNATIVE URBAN DRAINAGE CONCEPT AND DESIGN.- PROCEEDINGS OF THE 6TH INT. CONF. ON URBAN STORM DRAINAGE, NIAGARA FALLS, CANADA PP 179
- GROTTKER, M. (1987)\*: REGENWASSERBEHANDLUNG IN TRENNSYSTEMEN. - MITTEILUNGEN DES INSTITUTS FÜR WASSERWIRTSCHAFT DER UNI HANNOVER, HEFT 66.
- GRÖTTRUP, HENDRIK (1973): DIE KOMMUNALE LEISTUNGSVERWALTUNG. - STUTTGART (=SCHRIFTENREIHE DES VEREINS FÜR KOMMUNALWISSENSCHAFTEN Bd. 37).
- GROUVEN, HUBERT (1867): KANALISATION ODER ABFUHR ?.- FLEMMING, GLOGAU.
- GRUBER V. (1890): DIE CHEMISCHEN FARBRICKEN UND IHRE NACHBARN, VORTRAG ANLÄSSLICH DER HAUPTVERSAMMLUNG DER "DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE CHEMIE".- ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE CHEMIE 19:584FF.
- GRUBER, MAX (1900): DIE WASSERVERSORGUNG UND REINIGUNG DER ÖSTERREICH. ORTSCHAFTEN MIT 1000 UND MEHR EINWOHNERN; DIE VERUNREINIGUNG DER ÖFFENTLICHEN GEWÄSSER UND DIE VERHÜTUNG DERSELBEN IN ÖSTERREICH.- DEUTSCHE, WIEN, LEIPZIG.
- GRUBER, O.V. & L. BRUNNER (1871): CANALISATION ODER ABFUHR ? EINE STAATSWIRTSCHAFTLICHE FRAGE, NEBST EINEM NEUEN EXPERIMENTELL ERPROBTE VORSCHLAGE ZUR VERARBEITUNG DER MENSCHLICHEN EXCREMENTE.- BERLIN.
- GRÜNEBAUM, THOMAS (1990)\*: BERICHT „6 TAGE IN JAPAN UNTERWEGS“. - KORRESPONDENZ ABWASSER 10: 1138-1140.
- GUILLERME, ANDRE (1988): THE GENESIS OF WATER SUPPLY, DISTRIBUTION, AND SEWERAGE SYSTEMS IN FRANCE, 1800-1850.- IN: TARR, JOEL.A. & DUPUY, GABRIEL: TECHNOLOGY AND THE RISE OF THE NETWORKED CITY IN EUROPE AND AMERICA, PHILADELPHIA: 91-115.
- GUNKEL, GÜNTER (1994)\*: BIOINDIKATION IN AQUATISCHEN ÖKOSYSTEMEN.- GUSTAV FISCHER, JENA, STUTTGART: 540 S.
- GÜNTHER (1879)\*: ÜBER DIE VERUNREINIGUNG DER WASSERLÄUFE IM KÖNIGREICH SACHSEN.- IN: BERLINER KLINISCHE WOCHENSCHRIFT: 101-103.
- HABERL, R. & R. PERFLER (1994)\*: PILOTANLAGEN ZUR ABWASSERREINIGUNG MIT PFLANZEN; 3. ZWISCHENBERICHT FÜR 1993.- AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG.
- HABERL, R., R. PERFLER & H. MAYER (1994)\*: CONSTRUCTED WETLANDS IN EUROPE.- PROCEEDINGS OF THE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF WETLAND-SYSTEMS FOR WATER POLLUTION CONTROL IN NOV.1994 IN GUANGZHOU: 36-47.
- HACHE (O.J.): DIE ABWASSERREINIGUNG.- KOHLE UND ERZ, VERLAG VON G. SIWINNA, KATTOWITZ.
- HAEFCKE, HERMANN (1901): STÄDTISCHE UND FABRIK-ABWÄSSER: IHRE NATUR, SCHÄDLICHKEIT UND REINIGUNG.- HARTLEBEN, WIEN U.A.
- HÄFNER, M. (1994)\*: ÜBERPRÜFUNG VON PFLANZENSCHUTZMITTEL-BEFUNDEN IM WASSER UNTER VERWENDUNG EINFACHER PLAUSIBILITÄTSKRITERIEN.- IN: GESUNDE PFLANZEN, 46(6): 189-202.
- HAGEN, H. (1903): DIE BERLINER RIESELFELDER, IHRE EINRICHTUNG UND VOLKSWIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG.- BERLIN: WUNDER.
- HAGER, CARL (1890): ÜBER DIE AUFNAHME DES WASSERRECHTS IN DAS BÜRGERL. GESETZBUCH F. D. DT. REICH MIT BES. RÜCKSICHT AUF DIE FRAGE DER FLUSSVERUNREINIGUNG DURCH FABRIKABWÄSSER.- PUTTKAMMER & MÜLLBR, BERLIN.
- HALLERBACH, J. (1982): DAS PNEUMATISCHE KLO.- WECHSELWIRKUNG 13: 41-43.
- HALLING-SØRENSEN, B., NORS NIELSEN, S.N., LANZKY, P.F., INGERSLEV, F., HOLTEN LÜTZHØFT, H.C., JØRGENSEN, S.E. (1998)\*: OCCURRENCE, FATE AND EFFECTS OF PHARMACEUTICAL SUBSTANCES IN THE ENVIRONMENT - A REVIEW. CHEMOSPHERE 36(2), 357-393.
- HAMLIN, CHRISTOPHER (1991)\*: A SCIENCE OF IMPURITY; WATER ANALYSIS IN NINETEENTH CENTURY BRITAIN.- UNIVERSITY OF CALIFORNIA PRESS, BERKLEY & LOS ANGELES: 342 S.
- HAMLIN, CHRISTOPHER (1992)\*: EDWIN CHADWICK AND THE ENGINEERS, 1842-1854 - SYSTEMS AND ANTISYSTEMS IN THE PIPE-AND-BRICK SEWERS WAR.- TECHNOLOGY AND CULTURE 1992:680-709.
- HÄMMERLE, MARKUS (1979)\*: DIE ANFÄNGE DER BASLER CHEMISCHEN INDUSTRIE IM LICHT VON ARBEITSMEDIZIN UND UMWELTSCHUTZ.- BASEL/STUTTGART.
- HANKIN (1890): L'ACTION BACTÉRICIDE DES EAUX DE LA JUMNA ET DU GANGE SUR LE MICROBE DU CHOLERA.- ANNALES DE L'INSTITUT PASTEUR, TOME X: S.511.
- HAPKE [HRSG.] (1993): STADTHYGIENE UND ABWASSERREINIGUNG NACH DER HAMBURGER CHOLERA-EPIDEMIE: UMWELTFORSCHUNG VOR 100 JAHREN IM SPIEGEL DER BIBLIOTHEK DER SIELKLÄR-VERSUCHSSTATION HAMBURG-EPPENDORF; [AUSSTELLUNG IN DER UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK DER TECHNISCHEN UNI HAMB.HARB.]- VERLAG TRAUOGOTT BAUTZ, HERZBERG.
- HARDER, H. ET AL. (1981)\*: TENSIDE.- DETERGENTS 18: 246.
- HÄRDTL, H. (1954)\*: ÜBER DIE GIFTIGKEIT DER WASSERLÖSLICHEN STOFFE VERSCHIEDENER TEERERZEUGNISSE FÜR FISCHE UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG VON STRASSENTEEREN U. IMPRÄGNIERSTOFFEN.- ZEITSCHRIFT FÜR FISCHEREI 32: 459FF.
- HARKNESS, N. (1982): THE RIVER TAME - A SHORT HISTORY OF WATER POLLUTION AND CONTROL WITHIN AN INDUSTRIAL RIVER BASIN.- WAT. SCI. TECHNOL. 14:153-65.
- HARMSEN, F. (1956): HYGIENE DER ABWASSERLANDBEHANDLUNG.- BERICHT DER ABWASSERTECHNISCHEN VEREINIGUNG 7: 126FF.
- HARTMANN, A., ALDER, A. C., KOLLER, T., WIDMER, R. (1998)\*: IDENTIFICATION OF FLUOROQUINOLONE ANTIBIOTICS AS THE MAIN SOURCE OF UMuC GENOTOXICITY IN NATIVE HOSPITAL SEWAGE WATER. ENVIRON. TOXICOL. CHEM. 17, 377-382.
- HARTMANN, ANDREAS, ALFREDO C. ALDER, THEO KOLLER & ROSA M. WIDMER (1998)\*: IDENTIFICATION OF FLUOROQUINOLONE ANTIBIOTICS AS THE MAIN SOURCE OF UMuC GENOTOXICITY IN NATIVE HOSPITAL WASTE WATER.- ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY 17 (IN PRESS).
- HASSALL, A. H. (1850)\*: A MICROSCOPIC EXAMINATION OF THE WATER SUPPLIED TO THE INHABITANTS OF LONDON AND THE SUBURBAN DISTRICTS. 6 Taf.- 60 S., (S. HIGHLEY) LONDON.
- HAUMANN, HEIKO & HANS SCHADEK [HRSG.] (1992): GESCHICHTE DER STADT FREIBURG.- THEISS, STUTTGART:750 S.
- HAUPT, ARTHUR (1884): TORFSTREU ALS DESINFECTIIONS- UND DÜNGEMITTEL.- HENDEL, HALLE A.S.
- HAUPT, H. (1941): FLUSSVERUNREINIGUNG UND STANDORTFRAGEN DER ABWASSERLIEFERNDEN INDUSTRIEN.- ARCHIV FÜR WASSERWIRTSCHAFT 66 (1941) 21 FF.
- HAUSER, S. (1992)\*: REINLICHKEIT, ORDNUNG UND SCHÖNHEIT - ZUR DISKUSSION ÜBER KANALISATION IM 19. JAHRHUNDERT.- DIE ÄLTE STADT 4: 292-312.
- HAVERKAMP, MICHAEL (1993): DIE CHOLERA-EPIDEMIE VON 1859 - SOZIALHYGIENISCHE PROBLEME STÄDTISCHER DASEINSFÜRSORGE.- REIHE: MATERIALIEN ZUR GESCHICHTE OSNABRÜCKS: 20 S.
- HAVERKAMP, MICHAEL (1995): "...HERRSCHT HIER SEIT HEUTE DIE CHOLERA." - LEBENSVERHÄLTNISSE, KRANKHEIT UND TOD. ZUR



- PROBLEMATIK STÄDTISCHER DASEINSVORSORGE IM 19. JAHRHUNDERT AM BEISPIEL DER STADT OSNABRÜCK.- DISS., UNI OSNABRÜCK (KULTUR UND GEOWISSENSCHAFTEN).
- HEATHWAITE, A.L., P.J. JOHNES & N.E. PETERS (1996)\*: TRENDS IN NUTRIENTS.- HYDROLOGICAL PROCESSES 10: 263-293.
- HEBERER (1920)\*: DIE ABWASSER- UND VORFLUTERVERHÄLTNISSE IN LUDWIGSHAFEN A. RH.- ZEITSCHRIFT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERKUNDE 7: 75-77.
- HEDIGER, HERBERT (1991)\*: WASSER- UND ENERGIEVERBRAUCH VON MISCHARMATUREN.- EIDGENÖSSISCHE DRUCKSACHEN- UND MATERIALZENTRALE. BERN, 39 S.
- HEIDEN, EDUARD & MÜLLER, ALEXANDER (1885): DIE VERWERTHUNG DER STÄDTISCHEN FÄCALIEN.- COHN, HANNOVER.
- HEIDEN, EDUARD (1882): DIE MENSCHLICHEN EXKREMENTE IN NATIONAL-ÖCONOMISCHER, HYGIENISCHER, FINANZIELLER UND LANDWIRTSCH.BEZ.- COHEN, HANNOVER.
- HEIDER (1893): UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE VERUNREINIGUNGEN DER DONAU.- HOLDES, WIEN.
- HEIN, W. (1908): ÜBER DIE WIRKUNGEN DES STEINKOHLENTEERS AUF FISCHE UND EINIGE WIRBELLOSE.- BERICHTE DER KGL. BAYER. BIOL. VERSUCHSSTATION MÜNCHEN I (1908).
- HELPER, H. (1917)\*: GESCHICHTE DER BIOLOGISCHEN WASSERANALYSE.- ARCHIV FÜR HYDROBIOLOGIE UND PLANKTONKUNDE 11: 565-592.
- HELPER, H. (1931)\*: DAS SAPROBIENSYSTEM. DIE MAKROSKOPISCH-BIOLOGISCHE WASSERANALYSE NACH IHREM HEUTIGEN STANDE. 72 ABB., 23 LIT.- HEINE MITTEILUNGEN PREUSS. LANDESANSTALT WASSER-, BODEN-, LUFTHYGIENE 7: 138-169, BERLIN.
- HELPER, H. (1938)\*: DIE BIOLOGISCHE GEWÄSSERUNTERSUCHUNG, IHRE ENTWICKLUNG, AUSÜBUNG UND BEDEUTUNG.- MITTEILUNGEN D. VER. WBL-HYG. 14 (1938) 177 FF.
- HELPER, H. (1939)\*: DIE BEURTEILUNG DES VERUNREINIGUNGSGRADES VON GEWÄSSERN NACH IHREM MAKROSKOPISCHEN PFLANZENBESTAND.- DER NATURFORSCHER 14 (1939) 361 FF.
- HELLMANN, HUBERT (1994)\*: LOAD TRENDS OF SELECTED CHEMICAL PARAMETERS OF WATER QUALITY AND OF TRACE SUBSTANCES IN THE RIVER RHINE BETWEEN 1955 AND 1988.- WATER SCIENCE & TECHNOLOGY 29(3):69-76.
- HELLSTRÖM, D. & E. JOHANSSON (1999)\*: SWEDISH EXPERIENCES WITH URINE SEPARATING SYSTEMS.- WASSER & BODEN 11:26-29.
- HEMPEL, WALTHER (1890): GASANALYTISCHE METHODEN.- 3. AUFL., VIEWEG, BRAUNSCHWEIG.
- HENNEBERG, RUDOLF (1892): DER KAFILL-DESINFECTOR.- SPRINGER, BERLIN.
- HENNEKING, CARL (1909): DIE ABWASSERREINIGUNG MITTELST INTERMITTIERENDER BODENFILTRATION IN NORDAMERIKA, INSBESONDERE IM STAATE MASSACHUSETTS.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 12:1-173.
- HENSELING, KARL OTTO & ANSELM SALINGER (1990)\*: EINE WELT VOLL MÄRCHENHAFTEN REIZES... TEERFARBEN: KEIMZELLE DER MODERNEN CHEMIEINDUSTRIE.- IN: DAS BLAUE WUNDER. ZUR GESCHICHTE DER SYNTHETISCHEN FARBEN.- KÖLNER VOLKSBLATT VERLAG, KÖLN:82-144.
- HEPCKE, H. (1996)\*: ABSCHLUSSBERICHT ÜBER DIE FÜNFJÄHRIGE, WISSENSCHAFTLICHE UND GUTACHTERLICHE BEGLEITUNG DER ERPROBUNGSPHASE DER VAKUUMABWASSERENTSORGUNGSANLAGE DER FIRMA TRITON BELCO (IN D-22846 NORDERSTEDT).- UNVERÖFFENTL. MANUSKRIFT, 8 S. (+ANHANG).
- HERRMANN, R., J. DAUB & T. STRIEBEL (1992)\*: QUALITATIVE BEURTEILUNG DER NIEDERSCHLAGSABFLÜSSE.- SCHADSTOFFE IM REGENABFLUSS II, PRÄSENTATION EINES BMFT-VERBUNDPROJEKTES. - SCHRIFTENREIHE DES INSTITUT FÜR SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT DER UNI KARLSRUHE 64: 113-145.
- HERRMANN, THILO & UWE KLAUS (1997)\*: FLUXES OF NUTRIENT IN URBAN DRAINAGE SYSTEMS: ASSESSMENT OF SOURCES, PATHWAYS AND TREATMENT TECHNIQUES.- WATER SCIENCE TECHNOLOGY 36(8-9): 167-172.
- HERRMANN, THILO, SIBYLLE SCHUKAT & VOLKER KUHN (1997)\*: WASSERBILANZ FÜR VERSCHIEDENE SZENARIEN ZUR WASSERVER- UND ABWASSERENTSORGUNG DER WASSERWIRTSCHAFTLICHEN MUSTERSTADT HYDROPOLIS.- ZEITSCHRIFT FÜR STADTENTWÄSSERUNG UND GEWÄSSERSCHUTZ (SUG) 40: 91-154
- HERRMANN, THILO, SIBYLLE SCHUKAT & VOLKER KUHN (1999)\*: WHAT DO OUR RIVER CONSIST OF? EFFECT OF NEW TECHNOLOGIES IN WATER SUPPLY AND URBAN DRAINAGE ON FLUXES OF NUTRIENT AND WATER.- SUBMITTED TO WATER, SCIENCE & TECHNOLOGY (8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN STORM DRAINAGE)
- HERZOG, W. (1956): DIE RIESELFELDKULTUREN DER STADT DORDMUND. KULTURGEOGRAPHISCHE AUSWIRKUNGEN STÄDTISCHER ABWASSERWIRTSCHAFT.- GEOGRAPH. INST. UNI BONN (=ARBEITEN ZUR RHEINISCHEN LANDESKUNDE 11).
- HESSISCHE LANDESANSTALT FÜR UMWELT [HRSG.] (1998)\*: FACHTAGUNG „ARZNEIMITTEL IN GEWÄSSERN - RISIKO FÜR MENSCH, TIER UND UMWELT?“- SCHRIFTENREIHE DER HLFU UMWELTPLANUNG, ARBEITS- UND UMWELTSCHUTZ HEFT 254/98: 120 S.
- HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND BUNDESANGELEGENHEITEN [HRSG.] (1994)\*: NUTZUNG VON REGENWASSER: EMPFEHLUNGEN ZUR NUTZUNG IN PRIVATEN UND ÖFFENTLICHEN GEBÄUDEN.- 7. AUFL., WIESBADEN.
- HEUSER (1889): STRASSENBEFESTIGUNG UND STRASSENREINIGUNG - VORTRAG AUF DER 14. VERSAMMLUNG DES DEUTSCHEN VEREINS FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE IN FRANKFURT, 13.-15. SEPT. 1888.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 21: 204-235.
- HEUSER, L. (1989): ABFLUSSREDUZIERUNG DURCH REGENWASSERRÜCKHALT IN BEBAUTEN EINZUGSGEBIETEN.- DIPLOMARBEIT AM INST. FÜR KONSTRUKTIVEN WASSERBAU DER TH DARMSTADT.
- HEUSS, K. (1984): GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNGSLINIEN DER GEWÄSSERGÜTEKUNDE VON DEN ANFÄNGEN BIS ZUR GEGENWART.- BESONDERE MITTEILUNGEN Z. GEWÄSSERKUNDL. JAHRB. 45:61-87.
- HEYWORTH, A. (1996)\*: COMPOSTING CREATES A NEW SOLUTION FOR PHARMACENTICAL ORGANIC WASTE.-PHARMACENTICAL TECHNOLOGY EUROPE 8 (6): 17-19.
- HIGGINS, CLEMENT (1877): A TREATISE OF THE LAW RELATING TO THE POLLUTION & OBSTRUCTION OF WATERCOURSES; TOGETHER WITH A BRIEF.- STEVENS AND HAYNES, LONDON.
- HIGGINS, CLEMENT (1877): VERUNREINIGUNG DER WASSERLÄUFE.- PUBLIC HEALTH VI: 241.
- HIGNITE, C. & D.L. AZARNOFF (1977)\*: DRUGS AND DRUG METABOLITES AS ENVIRONMENTAL CONTAMINANTS: CHLOROPHENOXYISOBUTYRATE AND SALICYLIC ACID IN SEWAGE WATER EFFLUENT.- LIFE SCIENCES 20: 337-342.
- HILLER, ARNOLD (1879): DIE LEHRE VON DER FÄULNIS.- HIRSCHWALD, BERLIN.
- HILSUM, M. (1900): BAKTERIOLOGISCH ONDERZOEK VAN UN ZWEMBASSIN IN VERBAND MIT ZELFREINIGUNG.- ZENTRALBLATT FÜR BAKTERIOLOGIE, ABT. I, ORIG. Bd., S.661.
- HINGST, V., K.M. KLIPPEL & H.-G. SONNTAG (1995): UNTERSUCHUNGEN ZUR EPIDEMIOLOGIE MIKROBIELLER BIOZIDRESISTENZEN.- ZBL. HYG. 197: 232-251.
- HIRSCH, R., TERNES, T.A., HABERER, K., KRATZ, K.-L. (1996)\*: NACHWEIS VON BETABLOCKERN UND BRONCHOSPASMOLYTIKA IN DER AQUATISCHEN UMWELT. VOM WASSER 87, 263-274.

- HIRT, L. (1879)\*: ÜBER DIE PRINCIPIEN UND DIE METHODE DER MIKROSKOPISCHEN UNTERSUCHUNG DES WASSERS.- ZEITSCHRIFT FÜR BIOLOGIE 15: 91-97, MÜNCHEN.
- HIRTH, ANTJE & ANDREAS SCHÖNBORN (1994)\*: VERTEILUNG UND BINDUNGSFORMEN VON PHOSPHOR- UND EISEN IM PFLANZENFILTER SCHATTEWEID.- ZENTRUM FÜR ANGEWANDTE ÖKOLOGIE SCHATTEWEID 8/94.
- HOBRECHT, J. (1869A)\*: DIE KANALISATION VON STÄDTEN, VOM BAUTECHNISCHEN UND FINANZIELLEN STANDPUNKTE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER VERWENDUNG DES KANALWASSERS ZUR BERIESELUNG VON AECKERN.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 1:105-114.
- HOBRECHT, J. (1869B)\*: ÜBER REINIGUNG UND LANDWIRTSCHAFTLICHE NUTZBARMACHUNG DES KANALWASSERS.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 1:56-85.
- HOBRECHT, J. (1869C): DAS LIERNUR'SCHE SYSTEM UND SEINE ANWENDUNG IN PRAG.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 1:552-566.
- HOBRECHT, JAMES (1883): BEITRÄGE ZUR BEURTHEILUNG DES GEGENWÄRTIGEN STANDES DER KANALISATIONS- UND BERIESELUNGSFRAGE.- ERNST & KORN, BERLIN.
- HOEHN, EDUARD (1996)\*: BEDEUTUNG DES GRUNDWASSERS AN DER EAWAG: EAWAG NEWS 41: 10-13.
- HOFER, B. & KIRCHNER, O. (1900)\*: BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNG.- IN: C. WEIGELT: VORSCHRIFTEN FÜR DIE ENTNAHME UND UNTERSUCHUNG VON ABWÄSSERN UND FISCHWÄSSERN. BERLIN: DTSCH. FISCHEREIVEREIN.
- HOFER, B. & SCHIEMENZ, P. (1906): DIE REINHALTUNG DER DEUTSCHEN GEWÄSSER.- ARCHIV DES DTSCH. LANDWIRTSCHAFTSRATS 30 (1906) 341 FF.
- HOFER, B. (1897): ÜBER FISCHKRANKHEITEN. VORTRAG VOR DEM 6. DEUTSCHEN FISCHEREITAG, BERLIN 1896.- ZEITSCHRIFT FÜR FISCHEREI 5.
- HOFER, B. (1899A): DIE INDUSTRIELLEN UND DIE FLUSSVERUNREINIGUNG.- ALLG. FISCHEREI-ZEITUNG 24 (1899).
- HOFER, B. (1899B): ÜBER DEN EINFLUSS DER KARBOLSAURE AUF FISCHE.- ALLG. FISCHEREI-ZEITUNG 24 (1899).
- HOFER, B. (1899C): ÜBER FISCHSTEIGE.- ALLG. FISCHEREI-ZEITUNG 24 (1899).
- HOFER, B. (1901A)\*: ÜBER DIE ZEITWEILIGE VERUNREINIGUNG DES MAINES ZWISCHEN ASCHAFFENBURG UND KLEINOSTHEIM. ERGÄNZUNG ZUM GUTACHTEN VON DR. CONRAD 1900. KGL. BAYER. VERS. STAT. F. FISCH.- MÜNCHEN, MAI.
- HOFER, B. (1901B)\*: ÜBER DIE MITTEL UND WEGE ZUM NACHWEIS VON FISCHWASSERVERUNREINIGUNGEN DURCH INDUSTRIE UND STÄDTEABWÄSSER. 38 LIT.- ALLG. FISCHEREI-ZEITUNG 20: 419-424, MÜNCHEN.
- HOFER, B. (1903)\*: UEBER DIE WIRKUNG DER ABWÄSSER VON STÄRKEFABRIKEN IN FISCHWÄSSERN.- ALLG. FISCHEREI-ZEITUNG 28: 3-7.
- HOFER, B. (1904): DIE BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGSMETHODE BEI FISCHWASSERVERUNREINIGUNGEN.- ALLG. FISCHEREI-ZEITUNG 29 (1904).
- HOFER, B. (1904): HANDBUCH DER FISCHKRANKHEITEN.- ALLG. FISCHEREI-ZEITUNG, MÜNCHEN.
- HOFER, B. (1905)\*: ÜBER DIE VORGÄNGE DER SELBSTREINIGUNG IM WASSER.- MÜNCHNER MEDIZINISCHE WÖCHENSCHRIFT 52.
- HOFER, B. (1907)\*: ÜBER DAS VERHALTEN DER NIEDEREN ORGANISMEN BEI DER WASSERVERUNREINIGUNG UND SEINER SELBSTREINIGUNG.- VERHDL. D. XIV. INTERN. KONGR. F. HYGIENE U. DEMOGRAPHIE, BERLIN.
- HOFER, B. (1907)\*: ÜBER DIE EINWIRKUNG DER FLUSSVERUNREINIGUNG AUF DIE FISCHEREI. VERSUCHE ÜBER DEN EINFLUSS VON ABWÄSSERN AUS CHLORKALUMLUMFABRIKEN AUF LEBENDE ORGANISMEN.- ARBEITEN AUS DEM KAISERLICHEN GESUNDHEITSAMTE 25:388-415.
- HOFER, B. (1908)\*: DIE EINWIRKUNG DER FLUSSVERUNREINIGUNG AUF DIE FISCHEREI.- FISCHEREI ZEITUNG 11 (1908).
- HOFER, B. (1908)\*: ÜBER DEN EINFLUSS GEKLÄRTER ABWÄSSER AUF DIE BESCHAFFENHEIT DER FLÜSSE. ÜBER DAS VERHALTEN DER ORGANISMEN BEI DER WASSERVERUNREINIGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG, 3 LIT.- 14. CONGR. HYG. DEMOGRAPHY H. 3:134-144, BERLIN.
- HOFER, B. (1913): STÄDTISCHE ABWÄSSER UND FISCHZUCHT.- ALLG. FISCHEREI-ZEITUNG 38 (1913).
- HOFFMANN, J. (1903): ÜBER EINE URSACHE DES STERBENS DER FISCHE.- ALLG. FISCHEREI-ZEITUNG 28 (1903).
- HOFFMANN, M. (1907): LATRINE, MÜLL UND WASEN.- DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT, BERLIN.
- HOLLÄNDER, R. (1994)\*: ELEKTRISCHE STECKDOSEN SIND FÜR KINDER VIEL GEFÄHRLICHER. PRO-ARGUMENTE AUS HYGIENISCHER SICHT FÜR DIE NUTZUNG VON DACHABLAUFWASSER. - SANITÄR- UND HEIZUNGSTECHNIK 9: 106-110.
- HOLLÄNDER, R., D. BLOCK & C. WALTER (1993)\*: HYGIENISCHE ASPEKTE BEI DER WÄSCHE MIT REGENWASSER.- FORUM STÄDTE-HYGIENE 44: 252-256.
- HOLLÄNDER, R., M. BULLERMANN, C. GROSS, H.HARTUNG, K.KÖNIG, F.-K. LÜCKE & E. NOLDE (1996)\*: MIKROBIOLOGISCH-HYGIENISCHE ASPEKTE BEI DER NUTZUNG VON REGENWASSER ALS BETRIEBSWASSER FÜR TOILETTENSÜBLUNG, GARTENBEWÄSSERUNG UND WÄSCHEWASCHEN.- GESUNDHEITSWESSEN 58: 288-293.
- HOLLIGER, C. & R.P. SCHWARZENBACH (1995)\*: UMWANDLUNGEN VON ORGANISCHEN VERUNREINIGUNGEN IN SAUERSTOFFLOSEN SEDIMENTEN.- EAWAG-NEWS 38D: 13-16.
- HOLLUTA, J. (1955): UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE URSACHEN DER GERUCHS UND GESCHMACKSBEINTRÄCHTIGUNGEN UFERFILTRIERTER TRINKWÄSSER AM NIEDERRHEIN.- WASSER/ ABWASSER 96 (14): 449-461 (GW, DAS GAS- UND WASSERFACH).
- HOLMBERG, O.R. & E. NAUMANN (1927)\*: DIE TROPHIE-BEGRIFFE IN SPRACHLICHER HINSICHT.- BOT. NOTISER: 211-214.
- HOLTZ, L. (1902): DIE FÜRSORGE FÜR DIE REINHALTUNG DER GEWÄSSER. - HEYMAN, BERLIN.
- HOLZAPFEL-PSCHORN, A., U. OBST & B. SCHMITT (1987)\*: BEEINFLUSSUNG DER MIKROBIELLEN STOFFWECHSELAKTIVITÄT IM RHEIN.- VOM WASSER 69: 225-231.
- HOLZINGER, L. (1927): PHENOLHALTIGE ABWÄSSER DER KOKEREIEN ALS FISCHGIFT.- ZEITSCHRIFT FÜR FISCHEREI UND DEREN HILFSSWISSENSCHAFTEN 25: 155-159.
- HOPE, WILLIAM (1873): UEBER REINIGUNG DER FLÜSSE.- BRIT. MED. JOURNAL, 6.9.1873, S.279.
- HOPP, A. (O.J.): HAUSKANALISATIONS- UND HAUS-WASSERLEITUNGS-ANLAGEN AMERIKANISCHEN SYSTEMS.- 80 S./68 ABB.
- HOPP, ADOLF (1900): DIE PNEUMATISCHE GRUBEN-ENTLEERUNG UND DIE VERWERTUNG DER MENSCHLICHEN ABFALLSTOFFE FÜR DIE LANDWIRT.- LEINWEBER, LEIPZIG.
- HOPPE, PETER (1985): EINSPARUNG VON WASSER UND ENERGIE DURCH GEEIGNETE ARMATUREN - SCHLUSSBERICHT; FORSCHUNGSVORHABEN WASSER 10202502.- UMWELTBUNDESAMT, BERLIN: XIV, 178 S.
- HÖRLER, A. (1941): DIE WIRKUNG DER REGENAUSLÄSSE.- SCHWEIZER BAUZEITUNG (1941) 15 FF.
- HORN, F. (1870): ÜBER MOULE'S ERDABTRITTE.- IN DER WIENER MEDIC. PRESSE IX, 50.

- HORNSMANN, E. (1956): WASSER, EIN PROBLEM JEDER ZEIT.- DALP TASCHENBÜCHER, Bd. 321. MÜNCHEN: L. LEHNEN.
- HORST, H. (1961): DIE GRÖSSENORDNUNG DER BELASTUNGSFÄHIGKEIT DES GEWÄSSERNETZES DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND MIT ABBAUFÄHIGEN ORGANISCHEN SCHMUTZSTOFFEN.- DEUTSCHE GEWÄSSERKUNDLICHE MITTEILUNGEN 5: 127 FF.
- HÖSEL, GOTTFRIED (1987): UNSER ABFALL ALLER ZEITEN - EINE KULTURGESCHICHTE DER STÄDTEREINIGUNG.- MÜNCHEN.
- HOUK, V.S. (1992)\*: THE GENOTOXICITY OF INDUSTRIAL WASTES AND EFFLUENTS.- MUTAT. RES. 277: 131-138.
- HUBAULT, E. (1957): STUDY OF THE POLLUTION OF SURFACE WATERS: CHEMICAL METHOD, BIOLOGICAL METHOD, FISH TEST.- BULLETIN SOC. SCI. NANCY JUNE:22-42.
- HUBER, EMIL (1892)\*: DIE WASSER-GESetze ELsASS-LoTHRINGENS.- 2. AUFL., BENSHEIMER, MANNHEIM.
- HUBER, J., G. MÜLLER & S. OBERLÄNDER (1996)\*: DAS NIEDRIGENERGIEHAUS - EIN HANDBUCH MIT PLANUNGSREGELN ZUM PASSIVHAUS. - KOHLHAMMER, STUTTGART, 144 S.
- HUEPPE, M. (1888): DIE HYGIENISCHE BEURTEILUNG DES TRINKWASSERS.- JOURNAL F. GASBELEUCHT. U. WASSERVERSORG. II: BBFF. UND CENTRALBL. F. BAKTERIOL. III NR. 13 (1888).
- HUET, M. (1949)\*: LA POLLUTION DES EAUX. L'ANALYSE BIOLOGIQUE DES EAUX POLLUÉES.-13 ABB., 3 TAF., 15 LIT.- BULLETIN CENTRE BELGE ETUDE DOCUMENT. EAUX 5/6: 259-275 UND 346-352, BRÜSSEL.
- HUET, M.; LECLERC, E., TIMMERMANS, J. A. & BEAUJEAN, P. (1955): RECHERCHE DES CORRÉLATIONS ENTRE L'ANALYSE BIOLOGIQUE ET L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX POLLUÉES PAR MATIÈRES ORGANIQUES.- BULLETIN CENTRE BELGE ETUDE DOCUMENT. EAUX 30:216-37. s.
- HÜGEL, L. F (1886): KANALISATION UND ABFUHR IN WÜRZBURG.- VERHANDLUNGEN DER PHYSIKALISCH - MEDIZINISCHEN GESELLSCHAFT IN WÜRZBURG 19(5).STAHEL, WÜRZBURG (REF. IN SCHMIDTS JAHRBUCH, LEIPZIG: 212:68.
- HULWA, F. (1884)\*: BEITRÄGE ZUR SCHWEMMKANALISATION UND WASSERVERSORGUNG DER STADT BresLAU.- ZENTRALBLATT FÜR ALLGEMEINE GESUNDHEITSPFLEGE, ERGÄNZUNGSHFT.
- HULWA, F. (1894)\*: DIE SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE. VORTRAG DTsch. FISCHEREITAG BresLAU 1894.- FestsCHRIFT. BresLAU: WILH. GOTTL. KORN:10 FF.
- HULWA, F. (1905)\*: ÜBER DIE SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE.- ZEITSCHRIFT FÜR FISCHEREI 3/4: 153 FF.
- HUNDESrÜGGE, T. (1998): ARZNEIMITTEL IN DER UMWELT - WEG DES RÖNTGENKONTRASTMITTELS IOPENTOL. KRANKENHAUSPHARMAZIE 5, 245-248.
- HÜNERBERG, KURT (1911): UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ENTWICKLUNG ZENTRALER WASSERVERSORGUNGEN IN DEUTSCHLAND SEIT DEM JAHRE 1911.- WASSER/ABWASSER 75: 310-317 U. 336-339.
- HÜPPE, F. (1888): DIE HYGIENISCHE BEURTEILUNG DES TRINKWASSERS.- CENTRALBLATT FÜR BAKTERIOL. III, NR. 13 (1888).
- IBEN, O (1895)\*: ZUSAMMENSTELLUNG DER ABGABEBESTIMMUNGEN, WASSERPREISE, BEDINGUNGEN FÜR DIE HERSTELLUNG DER HAUSLEITUNGEN, SOWIE DER ORTSPOLIZEILICHEN VORSCHRIFTEN FÜR DIE WASSERVERSORGUNG IN 137 STÄDTEN.- MÜNCHEN.
- IFs (INSTITUT FÜR STADTFORSCHUNG UND STRUKTURPOLITIK GmbH) [HRSG.] (1990): FORSCHUNGSFELD 'STADTÖKOLOGIE UND UMWELTGERECHTES BAUEN' IM RAHMEN DES BMBAU-RESSORTFORSCHUNGSPROGRAMMS 'EXPERIMENTELLER WOHNUNGS- UND STÄDTEBAU'.- IN: INFO STADTÖKOLOGIE NR. 5: 60S.
- IFs (INSTITUT FÜR STADTFORSCHUNG UND STRUKTURPOLITIK GmbH) [HRSG.] (1991A): FORSCHUNGSFELD 'STADTÖKOLOGIE UND UMWELTGERECHTES BAUEN' IM RAHMEN DES BMBAU-RESSORTFORSCHUNGSPROGRAMMS 'EXPERIMENTELLER WOHNUNGS- UND STÄDTEBAU'.- IN: INFO STADTÖKOLOGIE NR. 6: 30S.
- IFs (INSTITUT FÜR STADTFORSCHUNG UND STRUKTURPOLITIK GmbH) [HRSG.] (1991B): FORSCHUNGSFELD 'STADTÖKOLOGIE UND UMWELTGERECHTES BAUEN' IM RAHMEN DES BMBAU-RESSORTFORSCHUNGSPROGRAMMS 'EXPERIMENTELLER WOHNUNGS- UND STÄDTEBAU'.- IN: INFO STADTÖKOLOGIE NR. 7: 48S.
- IKSR (INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZE DES RHEINS) [HRG.] (1994A): BESTANDSAUFNAHMEN DER PUNKTUELLEN EINLEITUNGEN PRIORITÄRER STOFFE.- IN: AKTIONSPROGRAMM 'RHEIN', KOBLENZ: BERICHT NR. 55, 64 S.
- IKSR (INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZE DES RHEINS) [HRG.] (1994B): ZUSAMMENSTELLUNG DES WISSENS ÜBER NÄHRSTOFF- UND PFLANZENSCHUTZMITTELEINTRÄGE ÜBER DRÄNROHRE.- IN: AKTIONSPROGRAMM 'RHEIN', KOBLENZ: BERICHT NR. 57, 5 S.
- IKSR (INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZE DES RHEINS) [HRG.] (1994C): DEFekte KANALISATIONEN - SACHSTANDSBERICHT.- IN: AKTIONSPROGRAMM 'RHEIN', KOBLENZ: BERICHT NR. 56, 19 S.
- IKSR (INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZE DES RHEINS) [HRG.] (1994D): FRACHTABSCHÄTZUNG PRIORITÄRER STOFFE FÜR DIE INTERNATIONALE MESSSTATION BIMMEN/LOBITH 1985, 1990 UND 1992 - 1994.- IN: AKTIONSPROGRAMM 'RHEIN', KOBLENZ: BERICHT NR. 59, 9 S.
- ILLI, MARTIN (1987)\*: VON DER SCHISSGRUOB ZUR MODERNEN STADTENTWÄSSERUNG.- (HERAUSGEGEBEN VON DER STADTENTWÄSSERUNG ZÜRICH); NEUE ZÜRCHER ZEITUNG, ZÜRICH: 263 S.
- ILLI, MARTIN (1993)\*: WASSERENTSORGUNG IN SPÄTMITTELALTERLICHEN STÄDTEN.- DIE ALTE STADT 3: 221-228.
- ILLI, MARTIN (1996)\*: UMGANG MIT HAUSABWASSER UND FÄKALIEN IN VORINDUSTRIELLEN STÄDTEN.- IN: INST. F. SoZIALÖKOLOGISCHE FORSCHUNG [HRSG.], MATERIALIEN SoZIALE ÖKOLOGIE (MSÖ) 8, FRANKFURT.
- ILLICH, IVAN (1987)\*: H2O UND DIE WASSER DES VERGESSENS.- RORORO AKTUELL 12131, HAMBURG: 142 S.
- IMHOFF, KARL (1906FF.): TASCHENBUCH DER STADTENTWÄSSERUNG.- MÜNCHEN: OLDENBOURG.
- IMHOFF, KARL (1909): DIE BIOLOGISCHE ABWASSERREINIGUNG IN DEUTSCHLAND.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 7:1-157.
- IMHOFF, KARL (1931): DIE WIEDERVERWENDUNG VON STÄDTISCHEM ABWASSER.- GESUNDHEITS-INGENIEUR 54: 699-701.
- IMHOFF, KARL (1953): DIE GESCHICHTE DER BIOLOGISCHEN ABWASSERREINIGUNG.- WASSER/ABWASSER 94 (12): 343-347 (GWF, DAS GAS- UND WASSERFACH).
- IMHOFF, KARL (1956): ZUR GESCHICHTE DER ABWASSERREINIGUNG IM RHEINISCH-WESTFÄLISCHEN INDUSTRIEGEBIET.- WASSER/ABWASSER 97 (18): 757-762 (GWF, DAS GAS- UND WASSERFACH).
- IMHOFF, KARL; MULLER, W. J. & THISTLETHWAYTE, D. K. B. (1956): DISPOSAL OF SEWAGE AND OTHER WATERBORNE WASTES.- BUTTERWORTHS, LONDON.
- IMHOFF, KLAUS (1979): DIE ENTWICKLUNG DER ABWASSERREINIGUNG UND DES GEWÄSSERSCHUTZES IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND.- WASSER/ABWASSER 120: 563-576.
- IMHOFF, KLAUS (1984): ZUR ENTWICKLUNG DER ABWASSERREINIGUNG UND DES GEWÄSSERSCHUTZES IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND.- WASSER/ABWASSER 125: 216-221.
- INNHAUSER (1873): DIE ABFUHR UND CANALISATIONSFRAGE VOM STANDPUNKTE DER HYGIENE.- WIEN. MED. PRESSE, NR. 34.
- INTERNAT. ASSOCIATION ON WATER POLL. RES. (1974)\*: 7. INTERNAT.



- KONFER. IN PARIS. AEROBE BIOLOGISCHE ABWASSERREINIGUNGSVERFAHREN AUS INTERNATIONALER SICHT ÜBER DEN STAND DER TECHNIK.- KORRESPONDENZ ABWASSER 22: 18 FF.
- INTERNAT. VEREINIGUNG FÜR ANGEWANDTE UND THEORETISCHE LIMNOLOGIE. (1966): AUFRUF AN DIE REGIERUNGEN ALLER STAATEN, 1966.- KORRESPONDENZ ABWASSER 3: 3 FF.
- INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZE DES RHEINS GEGEN VERUNREINIGUNG. (1956): BER. D. EXP. KOMM. Ü. D. PHYS. CHEM. UNTERS. D. RHEINWASSERS 1953-1954.- BASEL: BIRKHÄUSER.
- INTERNATIONALER VEREIN GEGEN VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE, DES BODENS UND DER LUFT (1877)\*: VERHANDLUNGEN DES INTERNATIONALEN VEREINS GEGEN VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE, DES BODENS UND DER LUFT, 1. VERSAMMLUNG AM 1.U.2.10 1877 IN KÖLN.- VOIGT, LEIPZIG: 156 S.
- INTERNATIONALER VEREIN GEGEN VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE, DES BODENS UND DER LUFT (1880)\*: VERHANDLUNGEN 1877, 1878, 1879, 1880.- FRANKFURT A. M. DAUBE U. COUPS 1877-1880.
- INTERNATIONALER VEREIN GEGEN VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE, DES BODENS UND DER LUFT (1904)\*: PETITIONEN UND PROTESTE.- HEIDELBERG U. A. .
- INTERNATIONALER VEREIN GEGEN VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE, DES BODENS UND DER LUFT (1908): RESOLUTION DER 28. JAHRESVERS. 1907 ZU FRANKFURT A. M.- GEBR. LÜDEKING, HAMBURG.
- ISERMANN, K. (1991)\*: DER WEG DES STICKSTOFFS DER LANDWIRTSCHAFT BIS IN DIE BEVÖLKERUNG DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND.- IN: GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER [HRSG.]: STUDIE ÜBER WIRKUNGEN UND QUALITÄTSZIELE VON NÄHRSTOFFEN IN FLEISSGEWÄSSERN, ACADEMIA, ST. AUGUSTIN: 820-825.
- ISHIBASHI, T. (1991)\*: PERSPECTIVE OF WATER RESOURCES IN JAPAN AND IN THE WORLD.- WATER SCIENCE & TECHNOLOGY 23 (1-3): 11-18.
- IWU (INSTITUT WOHNEN UND UMWELT) [HRSG.] (1991)\*: FORSCHUNGSARBEIT ÖKOLOGISCHER MIETWOHNUNGSBAU. AUSWERTUNG VORLIEGENDER ERFAHRUNGEN DES ÖKOLOGISCHEN BAUENS FÜR DEN MIETWOHNUNGSBAU; ZWISCHENBERICHT ZUM 30. 11.1991.- DARMSTADT.
- JAECKEL, O. (1922): DIE GEFAHREN DER ENTWÄSSERUNG UNSERES LANDES.- GREIFSWALD.
- JÄGER, I. & G. MEYER (1995)\*: TOXIZITÄT UND MUTAGENITÄT VON ABWÄSSERN DER TEXTILPRODUKTION.- FORSCHUNGSBERICHT 102 06 519, UBA-FB 95-045.
- JÄGER, I., S. GARTISER & R. WILLMUND (1996)\*: ANWENDUNG VON BIOLOGISCHEN TESTVERFAHREN AN ABWÄSSERN DER TEXTILINDUSTRIE.- ACTA HYDROCHIM. HYDROBIOL. 24: 22-30.
- JANICKE, W., G. BRINGMANN & R. KÜHN (1969)\*: STUDIES ON ADVERSE EFFECTS OF NON-IONIC SURFACTANTS OF POLYETHOXYLATE TYPE ON AQUATIC ORGANISMS.- GESUNDHEITS-INGENIEUR 90: 133-138.
- JANSEN, H. -J. (1988)\*: SCHWERABBAUBARE STOFFE IM RHEIN, AUS HOLLÄNDISCHER SICHT.- GWF WASSER/ABWASSER 129 (3): 203-207.
- JANSEN, MICHAEL (1993)\*: MOHENJO-DARO - STADT DER BRUNNEN UND KANÄLE; WASSERLUXUS VOR 4500 JAHREN.- WIRTSCHAFTS- UND VERL.-GES. GAS UND WASSER, BONN: 144 S.
- JENKINS S. H. (1955): NEUERE PROBLEME BEI DER REINIGUNG HÄUSLICHER UND GEWERBLICHER ABWÄSSER IN GROSSBRITANNIEN.- BERICHTE DER ABWASSERTECHNISCHEN VEREINIGUNG 6: 87 FF.
- JENSSEN, P. D. (1996)\*: ECOLOGICAL ENGINEERING FOR WASTEWATER TREATMENT: FUNDAMENTALS AND EXAMPLES. IN: J. STAUDENMANN ET AL. (HRSG.): RECYCLING THE RESOURCE. ZÜRICH-UTETIKON
- JENSSEN, P.D. & O.J. SKJELHAUGEN (1994)\*: IN: ELDRIDGE COLLINS (HRSG.): PROCEEDINGS OF THE SEVENTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INDIVIDUAL AND SMALL COMMUNITY SEWAGE SYSTEMS, ATLANTA.
- JOBLING, S. & J.P. SUMPTER (1993)\*: DETERGENT COMPONENTS IN SEWAGE EFFLUENT ARE WEAKLY OESTROGENIC TO FISH.- AQUATIC TOXICOLOGY 27: 661-672.
- JOCHIMS, THEO (1987)\*: UNTERSUCHUNGEN ZUR ENTWICKLUNG EINER NEUARTIGEN VERFAHRENSKOMBINATION ZUR REINIGUNG KOMMUNALER ABWÄSSER AUF DER BASIS BELÜFTETER ABWASSERTEICHE DURCH VORSCHALTUNG EINER HOCHBELASTETEN TECHNISCHEN STUFE.- GES. ZUR FÖRDERUNG D. SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT AN D. RWTH, AACHEN: XIII, 198, 58 S.
- JÖNSSON, H., B. VINNERAS, C. HÖGLUND, T.-A. STENSTRÖM (1999)\*: SOURCE SEPARATION OF URINE.- WASSER & BODEN 11: 21-25.
- JORDAN, B. (1987)\*: NACHWEIS MIKROBIZIDER WIRKSTOFFE IM ABWASSER DER STADT GIESSEN VOM EINLEITUNGSORT BIS ZUM KLÄRWERK.- KRH. -HYG. + INF. VERH. 6, 168-176.
- JU, D (1899): ZUCKERFABRIKABWASSER-REINIGUNG.- BERLIN.
- JÜNGER, O (1890): DIE TORFSTREU IN IHRER BEDEUTUNG FÜR DIE LANDWIRTSCHAFT UND DIE STÄDTEREINIGUNG.- PAREY, BERLIN.
- JURISCH, KONRAD WILHELM (1890)\*: DIE VERUNREINIGUNG DER GEWÄSSER. EINE DENKSCHRIFT IM AUFTRAGE DER FLUSSCOMMISSION DES VEREINS ZUR WAHRUNG DER INTERESSEN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE DEUTSCHLANDS.- R. GAERTNER,S VERLAGSBUCHHANDLUNG, BERLIN: 108 S.
- KAFTAN, JOHANN (1880): DIE SYSTEMATISCHE REINIGUNG UND ENTWÄSSERUNG DER STÄDTE - EIN HANDBUCH FÜR INGENIEURE, BAUMEISTER, STÄDT. BAUBEAMTE, AERZTE, SANITÄTSBEHÖRDEN, STADTVERTRETER ETC.- WIEN.
- KAISER, MICHAEL (1990)\*: ERMITTLUNG, FESTSETZUNG UND IMPLEMENTIERUNG EINES PREISES FÜR DAS GUT WASSER UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG EXTERNER EFFEKTE, IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND.- MÜLLER BOTERMANN, KÖLN: 325 S.
- KALWEIT, H. (1976)\*: AUSWIRKUNGEN DER URBANISIERUNG AUF DIE WASSERWIRTSCHAFT EINES GROSSEN FLUSSGEBIETES - MODELL RHEIN.- DIE WASSERWIRTSCHAFT 66 (1/2): 14-24.
- KARPOW, GRIGORY (1893): UEBER DIE DESINFICIRENDE WIRKUNG DER DREI ISOMEREN CHLORPHENOLE, IHRE SALICYLSÄUREESTER UND IHR VERHALTEN IM ORGANISMUS.- MEDIC.DISS., KAISERL. UNIV. ZU JURJEV.
- KAST, HERMANN (1876)\*: REINIGUNG UND ENTWÄSSERUNG FREIBURG I.B.: DENKSCHRIFT DER VEREHRLICHEN BÜRGERSCHAFT HIESIGER STADT VORGELEGT.- WAGNER, FREIBURG I. BR.
- KATALYSE E.V. [KÖLN] (1993)\*: DAS WASSER-BUCH - TRINKWASSER UND GESUNDHEIT (2.AUFL.).- KIEPENHEUER U. WITSCH, KÖLN: 197 S.
- KILLER, A. & H. SCHÖNBERGER (1993)\*: REFRAKTÄRE STOFFE IM TEXTILABWASSER.- TEXTILVEREDLUNG 28(3): 1-11.
- KIMERLE, R.A. (1989)\*: AQUATIC AND TERRESTRIAL ECOTOXIKOLOGIE OF LINEAR ALKYL BENZENE SULFONATE.- TENSIDE, DETERGENTS 26 (2): 169-176.
- KINDIG, A.C. & M.M. LITTLER (1980)\*: GROWTH AND PRIMARY PRODUCTIVITY OF MARINE MACROPHYTES EXPOSED TO DOMESTIC SEWAGE EFFLUENTS.- MAR. ENVIRON. RES. 3:81-100.
- KINZELBACH, R. & SCHMIDT, U. (1977)\*: ZUR ÖKOLOGIE ABWASSERBELASTETER ALTRHEINE.- VERH. D. GESELLSCHAFT. F. ÖKOLOGIE 6: 455-462.
- KIRCHNER, M & LINDLEY, W H (1896): SCHÄDLICHKEIT DER CANALGASE UND SICHERUNG UNSERER WOHNUNGRÄUME GEGEN DIESELBEN.- VIEWEG, BRAUNSCHWEIG.
- KIRSCHBAUM, MIKO.U.F. (1995)\*: THE TEMPERATURE DEPENDENCE OF SOIL ORGANIC MATTER DECOMPOSITION, AND THE EFFECT OF GLOBAL WARMING ON SOIL C STORAGE.- SOIL. BIOL. BIOCHEM. 27(6): 753-760.

- KISSKALT, K. (1948): MAX V. PETTENKOFER. GROSSE NATURFORSCHER BD. 4.- STUTTGART.
- KLEEMAIER, HORST (1983): ZUR GESCHICHTE DER MÜNCHNER STADTBÄCHE.- IN: MARIE-LOUISE PLESSEN [HRSG.]: DIE ISAR. EIN LEBENSLAUF, MÜNCHEN: 79-93.
- KLEIN (1982)\*: DIE BESCHAFFENHEIT DER NIEDERSCHLAGSABFLÜSSE VON AUTOBAHNEN.- WASSERWIRTSCHAFT 72 (2): 37-43.
- KLEIN, ULRIKE (1988)\*: DIE GEWÄSSERVERSCHMUTZUNG DURCH DEN STEINKOHLENBERGBAU IM EMSCHERGEBIET.- IN: TEUTEBERG [HRSG.]: WESTFALENS WIRTSCHAFT AM BEGINN DES "MASCHINENZEITALTERS", DORTMUND:337-358.
- KLINK, ALEXANDER (1985)\*: EXUVIAE. DE BIOLOGISCHE KWALITEITSBEOORDELING VAN MAAS EN RIJN.- 9 S., UNVERÖFF. GUTACHTEN ; HYDROBIOLOGISCH ADVIESBURO KLINK BV WAGENINGEN, WAGENINGEN.
- KLINK, ALEXANDER (1989)\*: THE LOWER RHINE: PALAEOECOLOGICAL ANALYSIS.- IN: PETTS,G.E.; MÖLLER,H: & ROUX,A.L.: HISTORICAL CHANGE OF LARGE ALLUVIAL RIVERS: 183-201, CHICHESTER, NEW YORK, BRISBANE (JOHN WILEY & SONS LTD.).
- KLOEPFER, MICHAEL (1994)\*: ZUR GESCHICHTE DES DEUTSCHEN UMWELTRECHTS.- DUNCKER & HUMBLOT, BERLIN: 196 S..SW 94/1671
- KLOESS, ARNO (1912)\*: DIE DEUTSCHE WASSERWIRTSCHAFT.- HALLE/S.
- KLOESS, ARNO (1913)\*: GRUNDRISS DES PREUSSISCHEN WASSERRECHTS. SYSTEMATISCHE EINFÜHRUNG IN DAS WASSERRECHT, MÜHLENRECHT, HEIQUellenRECHT UND BERGWASSERRECHT PREUSSEN.- KNAPP, HALLE: 144 S.
- KLUGE, T. & E. SCHRAMM (1986)\*: WASSERNÖTE. ZUR GESCHICHTE DES TRINKWASSERS.- KÖLNER VOLKSBLATT VERLAG, KÖLN: 237 S.
- KLUGE, THOMAS & AICHA VACK (1994)\*: GEBOT DER STUNDE - DIE REGELUNGEN DES ABFALLRECHTS SOLLTEN AUCH FÜR ABFÄLLE ZUTREFFEN, DIE MIT DEM WASSER ENTSORGT WERDEN.- MÜLLMAGAZIN 3: 46-48.
- KLUGE, THOMAS & ENGELBERT SCHRAMM (1990)\*: GREENPEACE-STUDIE WASSER - AQUARIUS I, LANDWIRTSCHAFT UND WASSER - KONKURRENZ ODER SYMBIOSE; EIN PLÄDOYER FÜR EINE WASSERGERECHTE LANDWIRTSCHAFT, STAND: 11/1990.- GREENPEACE, HAMBURG: 101 S.
- KLUGE, THOMAS & ENGELBERT SCHRAMM (1994)\*: DER WASSERKREISLAUF IN DER HYDRO(GEO)LOGIE UND IN DER SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT.- UNVERÖFFENTL. MANUSKRIFT.
- KLUGE, THOMAS & ENGELBERT SCHRAMM (1995): WASSER ALS PROBLEM - WASSER ALS POLITIK: EINE CHRONOLOGIE DER WASSERDEBATTE IN DEUTSCHLAND.- IN: JAHRBUCH ÖKOLOGIE, BECK, MÜNCHEN: 227-238.
- KLUT, H. & OLSZEWSKI, W. (1943): UNTERSUCHUNG DES WASSERS AN ORT UND STELLE. 8. AUFL.- BERLIN: SPRINGER.
- KLUT, H. (1908): UNTERSUCHUNG DES WASSERS AN ORT UND STELLE.- BERLIN: SPRINGER.
- KNAEBEL, GEORGES (1988)\*: HISTORICAL ORIGINS AND DEVELOPMENT OF A SEWERAGE SYSTEM IN A GERMAN CITY: BIELEFELD, 1850-1904.- IN: TARR, JOEL.A. & DUPUY, GABRIEL: TECHNOLOGY AND THE RISE OF THE NETWORKED CITY IN EUROPE AND AMERICA, PHILADELPHIA: 186-206.
- KNAUFF, FRIEDRICH & ESSER (1872): BERICHT ÜBER DIE ZU AMSTERDAM UND LEYDEN ANGESTELLTEN VERSUCHE MIT DEM LIERNUR'SCHEN SYSTEM.- VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 4, S. 316-332.
- KNAUFF, FRIEDRICH U.A. (O.J.): REINIGUNG UND ENTWÄSSERUNG DER STADT HEIDELBERG.- KORR.-BL. D. NIEDERRH. VER. F. ÖFFENTLICH GESUNDHEITSPFLEGE 1: 178.
- KNAUFF, M (1884): DER TORF ALS FILTRATIONSMITTEL FÜR KANALJAUCHEN.- SEYDEL, BERLIN.
- KNAUFF, M (1884): DIE MÄNGEL DER SCHWEMMKANALISATION GEGENÜBER DEM SHONE-SYSTEM MIT HINBLICK A.D.KANAL.D.STADT BERLIN.- SEYDEL, BERLIN.
- KNAUT, ANDREAS (1993): ZURÜCK ZU NATUR ! (DIE WURZELN DER ÖKOLOGIEBEWEGUNG.- SUPPLEMENT 1 ZUM JAHRBUCH FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE; KILDA-VERLAG, GREVEN: 480 S. (DISS., MÜNCHEN).
- KNAUTHE, K. (1899): BEOBACHTUNGEN ÜBER DEN GASGEHALT DER GEWÄSSER IM WINTER.- BIOLOGISCHES ZENTRALBLATT 18 (1898) 785 FF. U. 19 (1899) 783 FF.
- KOCH, ERICH (1911)\*: DIE STÄDTISCHE WASSERLEITUNG UND ABWÄSSERBESEITIGUNG VOLKSWIRTSCHAFTLICH SOWIE FINANZPOLITISCH BELEUCHTET.- JENA (=ABHANDLUNGEN DES STAATSWISSENSCHAFTLICHEN SEMINARS ZU JENA, 10. BD., 2. HEFT).
- KOCH, ROBERT (1881)\*: ZUR UNTERSUCHUNG VON PATHOGENEN ORGANISMEN.- MITTEILUNGEN AUS DEM KÖNIGLICHEN GESUNDHEITSAMT Bd.1.
- KOCH, ROBERT (1883)\*: ÜBER DIE NEUEN UNTERSUCHUNGSMETHODEN ZUM NACHWEIS DER MIKROORGANISMEN IN BODEN, LUFT U. WASSER.- ÄRZTL. VER. B1. F. DEUTSCHL. NR. 137.
- KOCH, ROBERT (1903): DIE BEKÄMPFUNG DES TYPHUS.- VERÖFFENTLICHUNGEN A.D. GEBIETE DES MILITÄR-SANITÄTSWESENS 21, HIRSCHWALD.
- KOCIS, GABRIELA (1993)\*: WASSER NUTZEN, VERBRAUCHEN ODER VERSCHWENDEN? - NEUE WEGE ZU EINEM SCHONENDEN UND SPARSAMEN UMGANG MIT WASSER UND EINER NATURNAHEN ABWASSERREINIGUNG, 3. AUFL.- MÜLLER, KARLSRUHE: 246 S.
- KOENIGS, TOM [HRSG.] (1995)\*: MINUS 50 % WASSER MÖGLICH ! EINSARPOTENTIALE BEIM WASSERVERBRAUCH IN DIENSTLEISTUNGSZENTREN UND BÜROGEBÄUDEN; FALLSTUDIEN AUS DER PRAXIS.- BLOTTNER, TAUNUSSTEIN: 108 S.
- KOHLER, WALTER F. (1991): QUELLEN ZUR STATISTIK DES GESUNDHEITSWESENS IN DEUTSCHLAND (1815-1938).- IN: FISCHER, W. & A. KUNZ [HRSG.]: GRUNDLAGEN DER HISTORISCHEN STATISTIK VON DEUTSCHLAND, OPLADEN 1991:275-298.
- KÖHN, TH. (1894): UEBER DIE UNTERSUCHUNGSMETHODEN ZUR FESTSTELLUNG DER SELBSTREINIGUNG DES FLUSSWASSERS.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 25,4.
- KOLENATI, M. (1848)\*: ÜBER DEN NUTZEN UND SCHADEN DER "TRICHOPTEREN.- STETTINER ENTOMOLOGISCHE ZEITUNG 9: 50-52, STUTTGART.
- KOLKWITZ, R. & M. MARSSON (1902)\*: GRUNDSÄTZE FÜR DIE BIOLOGISCHE BEURTEILUNG DES WASSERS NACH SEINER FLORA UND FAUNA. 117 LIT.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 1:33-72, BERLIN.
- KOLKWITZ, R. & M. MARSSON (1960)\*: ÖKOLOGIE DER TIERISCHEN SAPROBIEN.- INT. REVUE D. GES. HYDROBIOL. U. HYDROGRAPH. 2: 126-152.
- KOLKWITZ, R. (1902A): ÜBER DIE BEDEUTUNG DER BIOLOGIE FÜR DIE BEURTHEILUNG DES WASSERS.- BERICHT DER DTSCH. PHARM. GESELLSCH. 12 (1902) 97FF.
- KOLKWITZ, R. (1902B): GIBT ES LEITORGANISMEN FÜR VERSCHIEDENE GRADE DER VERSCHMUTZUNG DES WASSERS?.- VERHANDLUNGEN DER GESELLSCHAFT FÜR NATURFORSCHER U. ÄRZTE 73. VERSAMMLUNG ZU HAMBURG. THEIL II,HAMBURG:246FF.
- KOLKWITZ, R. (1903): BEITRÄGE ZUR BIOLOGISCHEN WASSERBEURTEILUNG: A) TRINKWASSERUNTERSUCHUNG.-



- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 2:23-26.
- KÖNIG, F. (O.J.): ANLAGE UND AUSFÜHRUNG VON STÄDTEKANALISATIONEN.- WIEGAND, LEIPZIG.
- KÖNIG, FRIEDRICH (1907): ANLAGE UND AUSFÜHRUNG VON WASSERLEITUNGEN UND WASSERWERKEN ZUR VERSORGUNG VON STÄDTEN, ORTSCHAFTEN, ANSTALTEN UND PRIVATGEBÄUDEN.- WIGAND, LEIPZIG, 564 S.
- KÖNIG, GUSTAV (1894): ÜBER DIE KANALISATION KLEINERER STÄDTE UND REINIGUNG DER ABWÄSSER.- KNAPP, HALLE A.S.
- KÖNIG, JOSEF & RUDOLF EMMERICH (1904): DIE BEDEUTUNG DER CHEMISCHEN UND BAKTERIOLOGISCHEN UNTERSUCHUNG FÜR DIE BEURTEILUNG DES WASSERS. NACH DEN AUF DER VERSAMMLUNG D. FREIEN VEREINIGUNG DEUTSCHER NAHRUNGSMITTEL-CHEMIKER GEH. VORTRAG.- ZEITSCHRIFT FÜR UNTERSUCHUNG D. NAHRUNGS- UND GENUSSMITTEL Bd. 8, HI: 25 S.
- KÖNIG, JOSEF (1885): UEBER DIE PRINZIPIEN UND DIE GRENZEN DER REINIGUNG VON FAULIGEM UND FÄULNISSFÄHIGEN SCHMUTZWASSERN.- SPRINGER, BERLIN.
- KÖNIG, JOSEF (1887)\*: DIE VERUNREINIGUNG DER GEWÄSSER, DEREN SCHÄDLICHE FOLGEN, NEBST MITTELN DER REINIGUNG DER SCHMUTZWÄSSER.- J. SPRINGER, BERLIN, 624 S.
- KÖNIG, JOSEF (1891): DIE UNTERSUCHUNG LANDWIRTSCHAFTLICH UND GEWERBLICH WICHTIGER STOFFE.- PAREY, BERLIN.
- KÖNIG, JOSEF (1899A)\*: DIE VERUNREINIGUNG DER GEWÄSSER: DEREN SCHÄDLICHE FOLGEN SOWIE DIE REINIGUNG VON TRINK-U. SCHMUTZWAS.- 2. AUFLAGE, BAND 1, SPRINGER, BERLIN 454 S.
- KÖNIG, JOSEF (1899B)\*: DIE VERUNREINIGUNG DER GEWÄSSER, DEREN SCHÄDLICHE FOLGEN SOWIE DIE REINIGUNG VON TRINK- UND SCHMUTZWASSER.- 2. AUFLAGE, BAND 2 VERLAG VON JULIUS SPRINGER, BERLIN: 513 S.
- KÖNIG, JOSEF (1903)\*: MASSNAHMEN GEGEN DIE VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE.- P. PAREY, BERLIN.
- KÖNIG, JOSEF (1911): NEUERE ERFAHRUNGEN ÜBER DIE BEHANDLUNG UND BESEITIGUNG DER GEWERBLICHEN ABWÄSSER.- SPRINGER, BERLIN (VORTRAG): 52 S.
- KÖNIG, JOSEF (1929): DIE ERMITTLUNG DES DÜNGERBEDARFS DES BODENS.- PAREY, BERLIN: 75 S.
- KÖNIG, JOSEF ET. AL. (1915): DIE REINIGUNG STÄDTISCHER ABWÄSSER IN DEUTSCHLAND NACH DEN NATÜRLICHEN BIOLOGISCHEN VERFAHREN. - LANDWIRTSCHAFTLICHE JAHRBÜCHER, PAREY, BERLIN (1914).
- KÖNIG, KLAUS W. (1996)\*: REGENWASSER IN DER ARCHITEKTUR.- ÖKOBUCH, STAUFEN, 180 S.
- KÖNIG, KLAUS W. (1999A)\*: REGENWASSERNUTZUNG VON A-Z.- 5. AUFL. MALLBETON, DONAUESCHINGEN: 128 S.
- KÖNIG, KLAUS W. (1999B)\*: REGENWASSERNUTZUNG- LEITFADEN ZUM UMGANG MIT DER REGENWASSERNUTZUNG.- 1. AUFL. MALLBETON, DONAUESCHINGEN: 20 S.
- KOPPE, P. & A. STOZEK (1993): GRUPPENPARAMETER IM KOMMUNALEN ABWASSER. 3.- IN: KOMMUNALES ABWASSER, VULKAN-VERLAG, ESSEN; S. 59-226.
- KOSCHMIEDER, HERMANN (1903): DIE VERWENDUNG ELEKTRISCHER ENERGIE ZUR REINIGUNG UND STERILISIERUNG VON ABWASSER.- LEINWEBER, LEIPZIG.
- KOSCHMIEDER, HERMANN (1903): DIE VERWERTUNG DES SCHLAMMES VON KLÄRANLAGEN FÜR ABWÄSSER.- LEINWEBER, LEIPZIG.
- KOSTOF, SPIRO (1993): DIE ANATOMIE DER STADT - GESCHICHTE STÄDTISCHER STRUKTUREN.- CAMPUS VERLAG, FRANKFURT, NEW YORK: 320 S.
- KÖTTNER, M. (1995)\*: BIOGAS - NUTZUNG UND POTENTIAL IN EUROPA.- UTA 2: 101-111.
- KRABBE, WOLFGANG R. (1985): KOMMUNALPOLITIK UND INDUSTRIALISIERUNG - DIE ENTFALTUNG DER STÄDTISCHEN LEISTUNGSVERWALTUNG IM 19. UND FRÜHEN 20. JAHRHUNDERT - FALLSTUDIEN ZU DORTMUND UND MÜNSTER, STUUTGART U.A.- SCHRIFTEN DES DEUTSCHEN INSTITUTS FÜR URBANISTIK Bd. 74.
- KRABBE, WOLFGANG R. (1989): DIE DEUTSCHE STADT IM 19. UND 20. JAHRHUNDERT.- GÖTTINGEN.
- KRAFT, H. (1987)\*: PFLANZENKLÄRANLAGEN: GRUNDLAGEN, VERFAHRENSVARIANTEN, PRAKTISCHE ERFAHRUNGEN.- UDO PFRIEMER BUCHVERLAG IN DER BAUVERLAG GMBH, WIESBADEN: 148 S.
- KRAMER, ERNST (1890): DIE BAKTERIOLOGIE IN IHREN BEZIEHUNGEN ZUR LANDWIRTSCHAFT UND DEN LANDW.-TECHNISCHEN GEWERBEN.- GEROLD, WIEN.
- KRAUTH, KH. & HAUBER, G. (1988)\*: GEWÄSSERBELASTUNG DURCH STICKSTOFF UND PHOSPHOR AUS DEM OBERFLÄCHENABFLUSS VON STRASSEN.- KORRESPONDENZ ABWASSER 35 (6): 558-562.
- KREJCI, V., R. FANKHAUSER, S. GAMMETER, M. GROTTKER, B. HARMUTH, P. MERZ & W. SCHILLING (1994)\*: INTEGRIERTE SIEDLUNGSENTWÄSSERUNG - FALLSTUDIE FEHRALTORF.- SCHRIFTENREIHE DER EAWAG 8:268 S.
- KREJCI, VLADIMIR, JÖRG LANGE & WOLFGANG SCHILLING (1992)\*: GEWÄSSERSCHUTZ BEI REGENWETTER.- GAIA 2: 72-83.
- KROLL, RAINER, REINHARDT DIEKMANN & MARK LINDERT (1995)\*: BEHANDLUNG VON BIOABFALL IN VERGÄRUNGSANLAGEN - EINE MARKTÜBERSICHT.- EP 5/95.
- KROMER, MAX (1962): WASSER IN JEDWEDES BÜRGERS HAUS - DIE TRINKWASSERVERSORGUNG HISTORISCH VERFOLGT UND DARGESTELLT M BEISPIEL ULM.- FRANKFURT, BERLIN.
- KRUPKA, B.W. (1987)\*: DACHBEGRÜNUNGEN - AUS DER PRAXIS, FÜR DIE PRAXIS.- VERLAGSGESELLSCHAFT R. MÜLLER, KÖLN.
- KRUSCHE, PER, DIRK ALTHAUS, INGO GABRIEL & MARIA WEIG-KRUSCHE (1982)\*: ÖKOLOGISCHES BAUEN.- BAUVERLAG GMBH, WIESBADEN, BERLIN: 360 S.
- KRUSE, W. (1899)\*: UEBER VERUNREINIGUNG UND SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE.- ZENTRALBLATT FÜR ALLGEMEINE GESUNDHEITSPFLEGE BONN: 18: 16-48.
- KUBE, R. R. SPREE (1991)\*: QUELLEN ZUR STATISTIK DES GESUNDHEITSWESENS DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND.- IN: FISCHER, W. & A. KUNZ [HRSG.]: GRUNDLAGEN DER HISTORISCHEN STATISTIK VON DEUTSCHLAND, OPLADEN 1991:299-314.
- KUBO, TAKESHI (1991)\*: RECENT DEVELOPMENTS IN WASTEWATER MANAGEMENT IN JAPAN.- WATER SCIENCE & TECHNOLOGY 23: 19-28.
- KÜHN, B. L. (1894): DIE ZWECKMÄSSIGSTE BESEITIGUNG UND NUTZBARMACHUNG MENSCHLICHER AUSWURFSTOFFE I. MITTL. U. KLEINEN STÄDTE.- KÜHN, RIXDORF-BERLIN.
- KÜMMEL (1894): VORBEUGUNGSMASSREGELN GEGEN WASSERVERGÜDUNG.- DEUTSCHE VIERTELJAHRSSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 26: 94-109.
- KUNZ, PETER M. (1995): BEHANDLUNG VON ABWASSER.- 4. AUFL., VOGEL BUCHVERLAG, WÜRZBURG.
- KURPAS, U. (1980)\*: WURZELRAUMENTSORGUNG - UNTERSUCHUNG EINES NICHT KONVENTIONELLEN KLÄRVERFAHRENS ANHAND DER ELIMINATIONSLEISTUNG AN EINIGEN MIKROORGANISMEN.- DISS. AN DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN.
- KYPKE-HUTTER, KARIN & RALF LIPPOLD (1990): KONTAMINATION VON RHEINFISCHEN: STAMMDATEN.- IN: AKTIONSPROGRAMM 'RHEIN', STATUSBERICHT RHEIN 1990, CHEMISCHE LANDESUNTERSUCHUNGSANSTALT FREIBURG: 36 S.

- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER / ARBEITSKREIS NUTZEN-KOSTEN-UNTERSUCHUNGEN IN DER WASSERWIRTSCHAFT (1990): LEITLINIEN ZUR DURCHFÜHRUNG VON KOSTENVERGLEICHSRECHNUNGEN.- 2. AUFL., BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, MÜNCHEN: 150 S.
- LANDSCHAFTSVERBAND RHEINLAND, RHEINISCHES MUSEUMSAMT (1988)\*: DIE GROSSE WÄSCHE (AUSSTELLUNGSKATALOG).- RHEINLAND-VERLAG GMBH, KÖLN: 149 S.
- LANG, VERONIKA (1991)\*: ÖKOLOGIE DES WASCHENS.- DEUTSCHER VOLKSHOCHSCHUL-VERBAND E.V., BONN - FRANKFURT/MAIN: 66 S.
- LANGE, JÖRG (1997)\*: ALTERNATIVE LÖSUNGSANSÄTZE DER ABWASSERENTSORGUNG.- IN: TAGUNGSBAND DER 11. KARLSRUHER FLOCKUNGSTAGE 1997; SCHRIFTENREIHE DES ISWW KARLSRUHE Bd. 89:33-47
- LANGE, JÖRG (1998)\*: ROBERT LAUTERBORN - EIN LEBEN AM RHEIN. IN: I.JAHN & M. SCHMITT [HRSG.] KLASSIKER DER BIOLOGIE, C.H. BECK-VERLAG, MÜNCHEN (IN DRUCK)
- LANGE, JÖRG, SONJA GAMMETER; VLADIMIR KREJCI & WOLFGANG SCHILLING (1991): GEWÄSSERSCHUTZ BEI REGENWETTER-FALLSTUDIE FEHRALTORF/ZH.- MITTLG. EAWAG, 12.
- LANZ, KLAUS (1995)\*: DAS GREENPEACE-BUCH VOM WASSER.- NATURBUCH, AUGSBURG: 165 S.
- LANZ, KLAUS (1996): ZUR CHEMISIERUNG DES HÄUSLICHEN ABWASSERS. EINE HISTORISCHE ANNÄHERUNG.- IN: INST. F. SOZIALÖKOLOGISCHE FORSCHUNG [HRSG.], MATERIALIEN SOZIALE ÖKOLOGIE (MSÖ) 8, FRANKFURT.
- LANZ, KLAUS (1998): FORTSCHRITTLICHES URBANES WASSERMANAGEMENT - REALISIERTE UND GEPLANTE TECHNISCHE UND ORGANISATORISCHE LÖSUNGEN, IN: UMGESTALTUNG UND MODERNISIERUNG KOMMUNALER ABWASSERENTSORGUNGSSYSTEME, WORKSHOP DER WEST LB-STIFTUNG ZUKUNFT NRW, GELSENKIRCHEN
- LAPORTE, D. (1991)\*: EINE GELEHRTE GESCHICHTE DER SCHEISSE (AUS DEM FRANZÖSISCHEN VON G. RIICKE UND R VOULLIÉ).- FRANKFURTER VERLAGSANSTALT, FRANKFURT AM MAIN.
- LARSEN, TOVE A. & K. M. UDERT (1999)\*: URINSEPARIERUNG - EIN KONZEPT ZUR SCHLISSUNG DER NÄHRSTOFFKREISLÄUFE.- WASSER & BODEN 11:6-9
- LARSEN, TOVE A. & WILLI GUJER (1996)\*: SEPARATE MANGEMENT OF ANTHROPOGENIC NUTRIENT SOLUTIONS.- WATER, SCIENCE & TECHNOLOGY 34 (3-4):87-94.
- LATHAM, B (1868)\*: UEBER DIE REINIGUNG UND VERWERTHUNG DES HAUSWASSERS.- ERNST & KORN, BERLIN: 53 S. (BESONDERER ABDRUCK AUS DER ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN 1868).
- LAUBER, A (1873): ZUR LATRINENFRAGE: EINE STUDIE MIT BEZIEHUNG AUF DIE VERHÄLTNISSE STUTTGARTS.- SCHICKHARDT & EBNER, STUTTGART, 56 S. (HOLZSCHN.).
- LAURIN, PHILIPP (1869): DAS LIERNUR'SCHE SYSTEM: ENTFERNUNG UND VERWERTHUNG VON ABORTSTOFFEN, EHE DIES.I.GÄHRUNG ÜBERGEGANGEN SIND, ZUR BEFÖRDERUNG DER ÖFFENTLICHEN GESUNDHEIT, DER LAND- UND VOLKSWIRTSCHAFT.- CALVE, PRAG, 85 S.
- LAWA (LANDESAMT FÜR WASSER U. ABFALL NORDRHEIN-WESTFALEN) [HRSG.] (1989)\*: PFLANZENKLÄRANLAGEN UND ABWASSERTEICHE FÜR ANSCHLUSSWERTE BIS 50 EINWOHNER.- DÜSSELDORF, 16 S.
- LEFELD, W. (1873): DER GEGENWÄRTIGE STAND DER ABFUHR UND CANALISATIONSFRAGE IN GROSSBRITANNIEN. BERICHT AN DEN KÖNIGL. PREUSS. MINISTER FÜR DIE LANDWIRTSCHAFTL. ANGELEGENHEITEN.- WIEGAND & HEMPEL, BERLIN, 102 S.
- LENT (1877): ZUR FRAGE DER FLUSSVERUNREINIGUNG IN DEUTSCHLAND. - NIEDERRHEINISCHES CORRESPONDENZBLATT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 6:105,218,221.
- LENTZE, H. (1955): BADEVERBOT IM RHEIN VOR KÖLN.- KORRESPONDENZ ABWASSER 2: 3FF.
- LENZ, F. (1937): CHIRONOMARIAE AUS NIEDERLAENDISCH-INDIEN (LARVEN UND PUPPEN).- ARCHIV FÜR HYDROBIOLOGIE, SUPPL. 15.
- LESCHBER, REIMAR & KLAUS DIETER PERNAK (1994)\*: VERHALTEN UND VERBLEIB VON SCHADSTOFFEN BEI DER VERSICKERUNG VON NIEDERSCHLAGSWASSER.- AWT ABWASERTECHNIK 6: 17-19.
- LETHEBY (1869): UEBER DIE METHODE DER BESTIMMUNG STICKSTOFFHALTIGER MATERIE IM TRINKWASSER.- MEDICAL TIMES AND GAZETTE 982:429.
- LEUT (1877A): REFERAT ÜBER DEN MATERIELLEN INHALT DER POLIZEIVERORDNUNG VOM 10. JULI 1876, BETREFFEND DEN OBLIGATORISCHEN ANSCHLUSS DER HAUSENTWÄSSERUNGS-ANLAGEN AN DAS CANALSYSTEM.- CORRESPONDENZ-BLATT DES NIEDERRHEINISCHEN VEREINS FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 6 (7,8,9): 107-123.
- LEUT (1877B)\*: ZUR FRAGE DER FLUSSVERUNREINIGUNG IN DEUTSCHLAND.- CORRESPONDENZ-BLATT DES NIEDERRHEINISCHEN VEREINS FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 6 (7,8,9): 105-140.
- LIEBIG, JUSTUS VON (1846)\*: DIE CHEMIE IN IHRER ANWENDUNG AUF AGRICULTUR.- BRAUNSCHWEIG.
- LIEBIG, JUSTUS VON (1862)\*: EINLEITUNG IN DIE NATURGESETZE DES FELDBAUS (=DIE CHEMIE IN IHRER ANWENDUNG AUF AGRICULTUR UND PHYSIOLOGIE.- 7.AUFLAGE, BRAUNSCHWEIG.
- LIEBMANN, H. (1970): REINIGUNG VON ABWÄSSERN AUS KRANKENHÄUSERN. IN: MÜNCHENER BEITRÄGE ZUR ABWASSER-, FISCHEREI- UND FISCHBIOLOGIE; (HRSG.) BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WASSERFORSCHUNG; BAND 8; OLDENBOURG VERLAG, MÜNCHEN; S. 163-173.
- LIERNUR, CHARLES T. & DE BRUYN-KOPS (1876)\*: ENTFERNUNG DER ABTRITTSSTOFFE DURCH LUFTDRUCK NACH LIERNUR'S SYSTEM. ALLGEMEINES PROJECT UND VERSUCHSSTATION FÜR WINTERTHUR- BLEULER-HAUSHEER: 81 S.
- LIERNUR, CHARLES T. (1867)\*: DE RIOOLKWESTIE.- 'S GRAVENHAGE, SUSAN: 132 S.
- LIERNUR, CHARLES T. (1870A)\*: DIE PNEUMATISCHE KANALISATION UND IHRE GEGNER. EINE WIDERLEGUNG DER HOBRECHT'SCHEN KRITIK ÜBER DAS LIERNUR'SCHE SYSTEM UND SEINE ANWENDUNG IN PRAG.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 3:30 S.
- LIERNUR, CHARLES T. (1870B)\*: DIE UEBERRIESELUNGSFRAGE U. PROF. DÜNKELBERG IN WIESBADEN.- WIDERLEGUNG SEINER BERICHT V. 19.1. U. 21.5. 1870 AN DAS KÖNIGL. PREUSSL. LANDWI. MINIST. U. D. MAGISTRAT VON BERLIN ÜBER DIE BEWÄSSERUNGEN MIT KLOAKENWASSER IN DER UMGEBUNG VON LONDON.- BOSELLI, FRANKFURT.
- LIERNUR, CHARLES T. (1872)\*: ZUM PNEUMATISCHEN STÄDTE-REINIGUNGSSYSTEM (SCHREIBEN AN DIE RED. DES CORRESPONDENZBLATTES DES NIEDERRHEINISCHEN VEREINS FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE).- CORRESPONDENZ-BLATT DES NIEDERRHEINISCHEN VEREINS FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 1:225.
- LIERNUR, CHARLES T. (1873)\*: DIE PNEUMATISCHE CANALISATION IN DER PRAXIS.- LIERNUR & DE BRUYN-KOPS, BOSELLI FRANKFURT A.M.:140 S.
- LIERNUR, CHARLES T. (1874A)\*: ADRES AAN BURGERMEESTER EN WETHOUDERS VAN AMSTERDAM OVER HET PNEUMATISCH RIOOLSTELSEL.- AMSTERDAM SCHELTEMA EN HOLKEMA.
- LIERNUR, CHARLES T. (1874B)\*: BESCHREIBUNG SEINES ABFUHRSYSTEMS. - JAHRESVERICHT DER GESELLSCHAFT FÜR NATUR UND HEILKUNDE IN DRESDEN, (1873-74):35.

- LIERNUR, CHARLES T. (1874c)\*: HET ONTWERP TOT REINHOUDING VAN DE WATEREN EN VAN DEN BODEM VAN AMSTERDAM DER HEEREN FROGER, STROOTMAN, MICHAELIS, STIELTJES EN ZENETTI TOEGELICHT EN VERGELEKEN MET HET PNEUMATISCHE RIOOLSTELSEL. - AMSTERDAM, SCHELTEMA EN HOLKEMA, 135 S.
- LIERNUR, CHARLES T. (1875)\*: UEBER DIE CANALISATION VON STÄDTEN AUF GETRENNTEM WEGE IM VERGLEICH MIT DEM SCHWEMMSYSTEM, VORTRAG GEHALTEN AM 11.5.1875 ZU BERN.- MEYER & ZELLER, ZÜRICH 136 S.
- LIERNUR, CHARLES T. (1876)\*: DAS REFERAT DES PROFESSOR DR. NOWACKI ÜBER DAS SYSTEM DES DIFFERENZIRENS, DIE CANALISATION VON ZÜRICH BETREFFEND.- MEYER & ZELLER, ZÜRICH 46 S.
- LIERNUR, CHARLES T. (1878A)\*: DIE VERUNREINIGUNG DEUTSCHER FLÜSSE. EINGABE A.D.REICHSKANZLERAMT BETR.D.PETITION D.DT. VEREINSF ÖFF. GESUNDHEITSPFL. UM WIDERRUF DES VERBOTS GEGEN FLUSSVERUNREINIGUNG. NEBST BELEUCHTUNG DES GEGENWÄRTIGEN STANDES DER STÄDTEREINIGUNGSFRAGE.- VOIGT, LEIPZIG, 81 S.
- LIERNUR, CHARLES T. (1878B)\*: VORTRAG ÜBER STÄDTEREINIGUNGSSYSTEME.- 2. AUFL., VOIGT, BERLIN, LEIPZIG.
- LIERNUR, CHARLES T. (1878C)\*: TOELICHTING DER VOORSTELLEN VAN DE GEZONDHEIDSCOMMISSIE EN DEN DIRECTEUR DER PUBLIEKE WERKEN. BENEVENS EENE OPHELDERING VAN MIJN VOORSTEL TOT DE REINIGING VAN AMSTERDAM.- AMSTERDAM, SCHELTEMA EN HOLKEMA: 138 S.
- LIERNUR, CHARLES T. (?): DIE EINFÜHRUNG DES PNEUMATISCHEN KANALISATIONSSYSTEMS ZU PRAG UND DEREN RESULTATE.- VIERTELJAHRSSCHRIFT DES DEUTSCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTENVEREINS IN BÖHMEN 1(1):14 S.
- LIESECKE (1981)\*: FUNKTIONSGERECHTER AUFBAU VON DACHBEGRÜNUNGEN AUS VEGETATIONSTECHNISCHER SICHT.- DAS GARTENAMT 8: 579-584.
- LIESECKE (1981)\*: UNTERSUCHUNGEN ZUR WASSERRÜCKHALTUNG BEI EXTENSIV BEGRÜNNTEN FLACHDÄCHERN.- ZEITSCHRIFT FÜR VEGETATIONSTECHNIK 4-6: 56-66.
- LIESECKE (1984)\*: EXTENSIVBEGRÜNUNGEN AUF DÄCHERN.- DAS GARTENAMT 5: 326-336.
- LIGER, F (1883): LES ÉGOUTS DE PARIS.- GUILLAUMIN, PARIS.
- LINDEMANN, H. (1867): UEBER DIE ZWECKMÄSSIGSTE METHODE DER BESEITIGUNG MENSCHLICHER EXKREMENTE.- INAUGURALDISSERTATION, HALLE.
- LINDERT, MARK (1995)\*: ZUR KOHLENSTOFF- UND ENERGIEBILANZ VON SCHWEMMKANALISATIONEN UND AEROBER ABWASSERBEHANDLUNG.- JAHRESTAGUNG DER FACHGRUPPE WASSERCHEMIE IN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER, HITZACKER.
- LINDLEY, W.H. (1886)\*: BESCHREIBUNG DER ENTWÄSSERUNGS-ANLAGEN DER STADT FRANKFURT AM MAIN.- .
- LINNE, C. (1865)\*: REISEN DURCH EINIGE SCHWEDISCHE PROVINZEN.- THEIL 2., HALLE.
- LINSE, ULRICH (1986)\*: ÖKOPAX UND ANARCHIE. EINE GESCHICHTE DER ÖKOLOGISCHEN BEWEGUNGEN IN DEUTSCHLAND.- DTV, MÜNCHEN 1080:192 S.
- LINSE, ULRICH (1988)\*: "DER RAUB DES RHEINGOLDES". DAS WASSERKRAFTWERK LAUFENBURG.- IN: LINSE ET AL.: VON DER BITTSCHRIFT ZUR PLATZBESETZUNG. KONFLIKTE UM TECHNISCHE GROSSPROJEKTE, BERLIN: 11-63.
- LIPOWSKY, EDUARD (1878)\*: UEBER ENTSTEHUNG UND EINFÜHRUNG DES HEIDELBERGER TONNEN-SYSTEMS.- KOESTER, HEIDELBERG: 38 S.
- LOLL, ULRICH (1998)\*: DER KLÄRSCHLAMM WIRD WENIGER UND GEHT AUFS LAND- ENTSORGUNGSPRAXIS 7,8.
- LORENZ-LADENER, CLAUDIA [HRSG.] (1992)\*: KOMPOST-TOILETTEN: WEGE ZUR SINNVOLLEN FÄKALIEN-ENTSORGUNG.- 2.AUFL., ÖKOBUCH VERLAG, STAUFEN BEI FREIBURG: 163 S.
- LOSSEN, K. (1899)\*: UEBER DIE BAKTERIOLOGISCHE SELBSTREINIGUNG DES RHEINS.- DISSERTATION, UNIVERSITÄT BONN: 20 S.(IN: MITTEILUNGEN AUS D. HYG. INST. BONN).
- Löw (1891)\*: ZUR FRAGE DER SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE.- ARCHIV FÜR HYGIENE 12: 261.
- LOZAN, JOSE L., W. LENZ, E. RACHOR, B. WATERMANN & H.V. WESTERNHAGEN (1990)\*: WARNSIGNALE AUS DER NORDSEE.- PAREY, HAMBURG.
- LÜBBE-WOLFF, GERTRUDE (1994)\*: ZWEIFEL AN DER FUNKTIONSTÜCHTIGKEIT DES UMWELTRECHTS.- IN: POLITISCHE ÖKOLOGIE - NATURTRÜB ODER GLASKLAR- ? SONDERHEFT 5: 15-21.
- LUBERGER, J. (1892)\*: DIE RIESELFELDLANLAGE DER STADT FREIBURG I.BR.- GESUNDHEITS-INGENIEUR (SEP. DRUCK, FREIBURG).
- LÜCKE, F.-K. (1993)\*: ÜBERWACHUNG DER MIKROBIOLOGISCHEN QUALITÄT VON ZISTERNENWASSER.- VORTRAG ZUR 45. TAGUNG DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR HYGIENE UND MIKROBIOLOGIE, KARLSRUHE.
- LÜDERS, U. (1992)\*: UMWELTVERHALTEN VON ZYTOSTATIKA.- ZWISCHENBERICHT, RUHR-UNIVERSITÄT, BOCHUM, LEHRSTUHL FÜR ANALYTISCHE CHEMIE.
- LUDWIG & HÜLSSNER (1895): DIE REINIGUNG DER KANALWÄSSER.- STUTTGART.
- LUEGER, OTTO (1879): DIE BRUNNENLEITUNG DER STADT FREIBURG; ERBAUT 1873-76.- FREIBURG I.BR.
- LÜHNING, ARNOLD [RED.] (1987)\*: FRISCHES WASSER - KULTURGESCHICHTL. ASPEKTE D. HÄUSL. WASSERVERSORGUNG IN SCHLESWIG-HOLSTEIN SEIT D. MITTELALTER.- JULI - DEZEMBER 1987, VOLKSKUNDL. GERÄTESAMMLUNG D. SCHLESWIG-HOLSTEIN. LANDESMUSEUMS IN SCHLESWIG, SCHLOSS GOTTORF: 63 S.
- LÜSS, MARKUS (1994)\*: PRODUKTILANZ FÜR EINE REGENWASSERNUTZUNGSANLAGE.- EMPIRISCHE ERGEBNISSE EINES PROJEKTES DER STADTWERKE BREMEN AG; DIPLOMARBEIT AN DER HOCHSCHULE BREMEN, FACHBEREICH WIRTSCHAFT, PROF. DR. S. HUNDT; BREMEN.
- LÜTZOW, H. (1938): DIE BIOLOGIE DER RHEINFISCHE AUF DER STRECKE ZWISCHEN BONN UND DÜSSELDORF.- 142 S., STAATSEXAMENS-ARBEIT, UNIVERSITÄT KÖLN.
- MACH, R.E. & PETER T. BLICKWEDEL [HRSG.] (1983)\*: BIOGAS AUS ABFALL UND ABWASSER.- EICH SCHMIDT VERLAG, 219 S.
- MAHR, G. (1929)\*: DIE ZULÄSSIGE BELASTUNG EINES GEWÄSSERS DURCH ABWASSER I.- TECHNISCHE GEMEINDEBLATT 32 (15).
- MAHR, G. (1930)\*: DIE ZULÄSSIGE BELASTUNG EINES GEWÄSSERS DURCH ABWASSER II.- TECHNISCHE GEMEINDEBLATT 33 (16).
- MAKIES, A. (1988)\*: DIE VOLKSWIRTSCHAFTLICHEN KOSTEN DER GEWÄSSERVERSCHMUTZUNG - DARGESTELLT AM BEISPIEL DES RHEINS. - DIPLOM-ARBEIT, UNIVERSITÄT HAMBURG (FACHBEREICH, WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN), 81 S.
- MALLEY, URSULA O. (1995) SIEHE O`MALLEY
- MAMPE, W. (1904): GIBT ES GEGEN DIE IMMISSIONEN EINER ÖFFENTLICHEN ABWÄSSEREINLEITUNG ZIVILRECHTLICHEN SCHUTZ FÜR DIE ANLIEGER ?.- (=DISS. JUR.), GREIFSWALD.
- MAQUET (?): FABRIKEN FÜR ABFUHRWESEN - SPEZIALKATALOG ÜBER TONNENABFUHR UND TORFMULLKLOSETTS.- HEIDELBERG, BERLIN.
- MAQUET, CARL (1877): ABHANDLUNG ÜBER GERUCHLOSE ANSAMMLUNG UND ABFUHR MENSCHLICHER ABFALLSTOFFE MIT SPECIELLER



- BERÜCKSICHTIGUNG DES HEIDELBERGER TONNENSYSTEMS.-  
WINTER, HEIDELBERG (3. VERB. AUFL.): 24 S.
- MAQUET, CURT (1898): DAS ABFUHRSYSTEM FÜR DIE STÄDTEREINIGUNG:  
INSBES. D. TECHN. BESTANDTEILE U. FINANZ. ERG. E. VERVOLL. TONN.  
SAMMLUNG.- LEINWEBER, LEIPZIG.
- MARCOMINI, A., P.D. CAPEL, TH. LICHTENSTEIGER, P.H. BRUNNER & W.  
GIGER (1989)\*: BEHAVIOR OF AROMATIC SURFACTANTS AND PCBs IN  
SLUDGE-TREATED SOIL AND LANDFILLS.- J. ENVIRON. QUAL. 18:  
523-528.
- MARCUSE, JULIAN (1901): BÄDER UND BADEWESEN IM MITTELALTER.-  
DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE  
GESUNDHEITSPFLEGE 32: 209-232.
- MARGGRAFF, HUGO (1879): WASSERVERSORGUNG, KANALISATION UND  
ABFUHR.- LINDAUER, MÜNCHEN.
- MARSSON, MAXIMILIAN (1907): BERICHT ÜBER DIE ERGEBNISSE DER VOM  
14. BIS 21. OKTOBER 1905 AUSGEFÜHRTEN BIOLOGISCHEN  
UNTERSUCHUNG DES RHEINS AUF DER STRECKE MAINZ BIS  
COBLENZ.- ARBEITEN AUS DEM KAISERLICHEN GESUNDHEITSAMTE  
(BERLIN) 25: 140-163.
- MARSSON, MAXIMILIAN, SPITTA, O. & THUMM, K. (1905)\*: GUTACHTEN  
ÜBER DIE ZULÄSSIGKEIT DER FÄKALIENABSCHWEMMUNG DER STADT  
HANAU IN DEN MAIN. ERSTATTET IM AUFTRAGE DES MAGISTRATS  
DER STADT HANAU VON DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR  
WASSERVERSORGUNG UND ABWÄSSERBESEITIGUNG.- MITTEILUNGEN  
AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG  
UND ABWÄSSERBESEITIGUNG 5: 60-129.
- MARTINI, D. (1897): ÜBER DAS FISCHGIFT UND DIE  
SANITÄTSPOLIZEILICHEN MASSNAHMEN ZUR VERHÜTUNG SEINER  
WIRKUNGEN.- ALLG. FISCHEREI-ZEITUNG 22(1897).
- MARTINI, MARTERNUS (1881): NEUESTE LÖSUNG DER  
STÄDTEREINIGUNGSFRAGE: ZWEI DIE BISHERIGEN MÄNGEL  
VOLLSTÄNDIG BESEITIGENDEN SYST.- 2. AUFL., FÖSSER, FRANKFURT  
A.M.
- MARX, W. (1969): BIS DAS MEER ZUM HIMMEL STINKT. AMERIK.  
ORIGINAL: THE FRAIL OCEAN. ERSCHEINEN 1967;.- DTSCH.  
AUSGABE RÜSCHLIKON-ZÜRICH: A. MÜLLER.
- MASON, B.J. (1995)\*: PREDICTIONS OF CLIMATE CHANGES CAUSED BY  
MAN-MADE EMISSIONS OF GREENHOUSE GASES: A CRITICAL  
ASSESSMENT.- CONTEMPORARY PHYSICS 36/5: 299-319.
- MATHYS, WERNER (1993)\*: PESTIZIDE IM TRINKWASSER.- FJ, WWU  
MÜNSTER: 16-21.
- MAURER, MAX & JEAN PIERRE WINKLER (1982)\*: BIOGAS: THEORETISCHE  
GRUNDLAGEN, BAU UND BETRIEB VON ANLAGEN.- MÜLLER,  
KARLSRUHE.
- MAYER, ADOLF (1875): WELCHE METHODEN DER STÄDTE-REINIGUNG  
SIND I. A. U. I. SONDERHEIT FÜR D. VERH. D. GROSSHERZ. BADENS  
EMPFEHLENSWERT.- WINTER, HEIDELBERG, 24 S.
- MAYER, ADOLF (1895): LEHRBUCH DER AGRIKULTURCHEMIE. 4 Bd.- 4.  
AUFL., WINTER, HEIDELBERG.
- McAVOY, D.C., W.S. ECKHOFF & R.A. RAPAPORT (1993)\*: FATE OF  
LINEAR ALKYL BENZENE SULFONATE IN THE ENVIRONMENT.- ENV.  
TOX. CHEM. 12: 977-987.
- MEHLER, RALF (1992)\*: DEZENTRALE MASSNAHMEN ZUM  
REGENWASSERRÜCKHALT IN URBANEN EINZUGSGEBIETEN.-  
DIPLOMARBEIT AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE DARMSTADT,  
FACHGEBIET INGENIEURHYDROLOGIE UND HYDRAULIK: 169 S.
- MEIER, MARTIN (1988)\*: INDUSTRIELLE UMWELTVERSCHMUTZUNG AM  
BEISPIEL DER FRÜHEN BASLER ANILINFARBENINDUSTRIE (1859-  
1873).- LIZENTIATSARBEIT MS., BASEL.
- MEINCK, FRITZ & HELMUT MÖHLE (1994): WÖRTERBUCH FÜR DAS  
WASSER- UND ABWASSERFACH.- 4. AUFL., OLDENBOURG, MÜNCHEN,  
WIEN: 937 S.
- MEISSNER, ERHARD (1998)\*: ERGEBNISSE VON FELDVERSUCHEN ZUR  
VERSICKERUNG VON NIEDERSCHLAGSWASSER (BAYERISCHES  
LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT).- IN: DEZENTRALE  
ABWASSERBEHANDLUNG FÜR LÄNDLICHE UND URBANE GEBIETE,  
BERICHTE AUS WASSERGÜTE- UND ABFALLWIRTSCHAFT TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT MÜNCHEN, BAND 138, S. 195-206
- MEISSNER, RALPH; HOLGER RUPP & HELMUT GUHR (1993):  
SCHWERMETALLBELASTUNG VON BODEN UND WASSER IM BEREICH  
DER MAGDEBURGER RIESELFELDER UND AUSWIRKUNGEN AUF DEREN  
KÜNFTIGE NUTZUNG.- SONDERDR., GKSS, GEESTHACHT.
- MENGERINGHAUSEN, M. (1936): DIE HÄUSLICHE WASSERVERWENDUNG  
UND ABWASERTECHNIK IM MITTELALTER.- TECHNIKGESCHICHTE  
25: 42-43.
- MENGIS, MARTIN & RETHO VON SCHULTHESS (1995)\*: LACHGAS-  
EMISSIONEN VON KLÄRANLAGEN UND SEEN.- EAWAG News 40D:  
32-35.
- METCALFE, J. L. & CHARLTON, M. N. (1990)\*: FRESHWATER MUSSELS AS  
BIOMONITORS FOR ORGANIC INDUSTRIAL CONTAMINANTS AND  
PESTICIDES IN THE ST. LAWRENCE RIVER.- SCI. TOT. ENVIR. 97/98:  
595-615.
- METCALFE, J. L. (1989): BIOLOGICAL WATER QUALITY ASSESSMENT OF  
RUNNING WATERS BASED ON MACROINVERTEBRATE COMMUNITIES;  
HISTORY AND PRESENT STATUS IN EUROPE.- ENVIRON. POLLUT. 60:  
101-39.
- METZGER, H. (1907): STÄDTE-ENTWÄSSERUNG UND ABWASSERREINIGUNG  
- HAND- UND HILFSBUCH FÜR TECHNISCHE GEMEINDE- UND  
VERWALTUNGSBEAMTE.- HEYMANNS, BERLIN.
- MEYER, ANDREAS (1892): SYSTEMATISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE  
SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT  
FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 24: I I FF.
- MEYER, R., J. JÖRISSEN & M. SOCHER (1993A)\*: TEILBERICHT I:  
VORSORGESTRATEGIEN ZUM GRUNDWASSERSCHUTZ FÜR DEN BEREICH  
LANDWIRTSCHAFT.- IN: GRUNDWASSERSCHUTZ UND  
WASSERVERSORGUNG - TA-BERICHT DES AUSSCHUSSES F. FORSCH. U.  
TECHNOLOGIE.- DRUCKSACHE DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES 12/  
8270: 31-173.
- MEYER, R., J. JÖRISSEN & M. SOCHER (1993B)\*: TEILBERICHT II:  
VORSORGESTRATEGIEN ZUM GRUNDWASSERSCHUTZ FÜR DEN  
BAUSEKTOR.- IN: GRUNDWASSERSCHUTZ UND WASSERVERSORGUNG -  
TA-BERICHT DES AUSSCHUSSES F. FORSCH. U. TECHNOLOGIE.-  
DRUCKSACHE DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES 12/8270: 173-234.
- MEYER, R., J. JÖRISSEN & M. SOCHER (1993C)\*: TEILBERICHT III:  
VORSORGESTRATEGIEN ZUM GRUNDWASSERSCHUTZ IM  
VERKEHRSEKTOR.- IN: GRUNDWASSERSCHUTZ UND  
WASSERVERSORGUNG - TA-BERICHT DES AUSSCHUSSES F. FORSCH. U.  
TECHNOLOGIE.- DRUCKSACHE DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES 12/  
8270: 235-254.
- MEYER, R., J. JÖRISSEN & M. SOCHER (1993D)\*: TEILBERICHT VI:  
ZUKUNFTSPERSPEKTIVEN DER WASSERVERSORGUNG.- IN:  
GRUNDWASSERSCHUTZ UND WASSERVERSORGUNG - TA-BERICHT DES  
AUSSCHUSSES F. FORSCH. U. TECHNOLOGIE.- DRUCKSACHE DES  
DEUTSCHEN BUNDESTAGES 12/8270: 373-413.
- MEYER, R., J. JÖRISSEN & M. SOCHER (1993E)\*: ZUSAMMENFASSENDER  
ENDBERICHT - ENTWICKLUNGSPERSPEKTIVEN DER  
WASSERVORSCHRIFT.- IN: GRUNDWASSERSCHUTZ UND  
WASSERVERSORGUNG - TA-BERICHT DES AUSSCHUSSES F. FORSCH. U.  
TECHNOLOGIE.- DRUCKSACHE DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES 12/  
8270: 7-30.
- MEYTHALER, F.K. (1903): DER OBERRHEIN - EINE GESCHICHTLICHE  
STUDIE AUS DER GEWÄSSERKUNDE.- ZEITSCHRIFT FÜR  
GEWÄSSERKUNDE 5: 365-385.
- MEZ, CARL (1898)\*: MIKROSKOPISCHE WASSERANALYSE. ANLEITUNG ZUR  
UNTERSUCHUNG DES WASSERS MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG

- VON TRINK- UND ABWASSER.- 38 ABB., 8 TAF., RD. 50 LIT. GLOSSAR, SACHVERZ.- 631 S. (SPRINGER) BERLIN.
- MIGULA, W. (1897): BEITRÄGE ZUR BAKTERIOLOGISCHEN WASSERUNTERSUCHUNG.- ARBEITEN A. D. BAKT. INST. TH KARLSRUHE I (1897) 533FF.
- MILLER, N. H. J. (1885): ÜBER DIE IM DRAINAGEWASSER VON UNBEBAUTEN UND UNGEDÜNGTEN FELDERN ENTHALTENE MENGE CHLOR UND STICKSTOFF.- PROC. OF THE CHEM. SOC. 18, NR. 250: 89FF.
- MINKE, R. & U. ROTT (1994)\*: UNTERSUCHUNGEN ZUR BEHANDLUNG VON FÄRBEREIABWÄSSERN.- WASSER & BODEN 4: 20-29.
- MITGAU, L. (O.J.): BERICHT ÜBER DIE IN BERLIN, AMSTERDAM, ROCHDALE, MANCHESTER, CROYDON, LEANNINGTON UND ABINGDON EINGEFÜHRTE SYSTEME DER STÄDTEREINIGUNG.- GOERITZ & ZU PUTTLITZ, BRAUNSCHWEIG.
- MITTERMAIER, KARL (1870)\*: DIE REINIGUNG UND ENTWÄSSERUNG DER STADT HEIDELBERG: NEBST EINEM ANHANG ÜBER DIE WASSERVERSORG D.ST.- BASSERMANN, KOESTER, HEIDELBERG.
- MITTERMAIER, KARL (1875A)\*: DAS TONNENSYSTEM IN HEIDELBERG.- GESUNDHEIT 1: 72.
- MITTERMAIER, KARL (1875B)\*: DIE ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE IN STÄDTEN UND DÖRFERN MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG AUF DIE BESEITIGUNG DER MENSCHL. ABFALLSTOFFE.- BRAUN'SCHE HOFBUCHDRUCKEREI, KARLSRUHE, 45 S.
- MITTERMAIER, KARL (1897)\*: DAS HEIDELBERGER TONNENSYSTEM: SEINE BEGRÜNDUNG UND BEDEUTUNG.- SAMMLUNG VON ABHANDLUNGEN, GUTACHTEN UND VORTRÄGEN ÜBER STÄDTEREINIGUNG Bd. 1, HALLE A.S.
- MITTERMAIER, KARL (O.J.)\*: DAS HEIDELBERGER TONNENSYSTEM, SEINE BEGRÜNDUNG UND BEDEUTUNG.- LEINEWEBER, LEIPZIG.
- MITTERMAIER, PH & BERNUTH, L. VON (1895): BEITRAG ZUR GESCHICHTE DES SCHWEMMSYSTEMS.- WAGNER, GRAZ.
- MITTERMAIER, PH. (1898): DIE REINIGUNG DER ABORTE UND DIE REINHALTUNG DER FLÜSSE.- GESUNDHEIT 19.
- MÖBIUS, FRANZ (1993)\*: SAUBERE WÄSCHE - BELASTETE UMWELT.- IN: MÖNNINGHOFF [HRSG.]: WEGE ZUR ÖKOLOGISCHEN WASSERVERSORGUNG.- ÖKOBUCH, STAUFEN: 41-50.
- MÖHLE, KARL-AUGUST & ROSEMARIE MASANNEK (1988)\*: WASSERBEDARF, WASSERBEDARFSENTWICKLUNG, RATIONELLE VERWENDUNG VON WASSER IN ÖFFENTLICHEN EINRICHTUNGEN UND IM DIENSTLEISTUNGSBEREICH - FORSCHUNGSBERICHT 10202508.- UMWELTBUNDESAMT, BERLIN 207: 148 S.
- MÖHLE, KARL-AUGUST (1990)\*: WASSERSPARARMATUREN, POTENTIALE - RESTRIKTIONEN.- IN: IfS [HSG.]: INFO STADTÖKOLOGIE 5: 51-59.
- MÖHLE, KARL-AUGUST (1994)\*: GRENZEN UND MÖGLICHKEITEN DES WASSERSPARENS.- IN: BGW-DOKUMENTATION WORKSHOP SAST NR. 6 2.-3-2.93, BGW 1994.
- MÖHLE, KARL-AUGUST (1995)\*: RATIONELLE WASSERVERWENDUNG IN BÜRO- UND VERWALTUNGSGEBÄUDEN.- IN: KOENIGST. [HRSG.]: MINUS 50 % WASSER MÖGLICH! BLOTTNER, TAUNUSSTEIN: 11-36.
- MOLL, BRIGITTE (1990)\*: REGENWASSERNUTZUNG.- FACHLICHE BERICHTS HWW (9) 2: 33-41, HAMBURG.
- MOLL, BRIGITTE (1993)\*: UNTERSUCHUNGEN ZUR WASSERQUALITÄT BEI REGENWASSER-NUTZUNGSANLAGEN.- IN: MÖNNINGHOFF [HRSG.]: WEGE ZUR ÖKOLOGISCHEN WASSERVERSORGUNG.- ÖKOBUCH, STAUFEN: 85 - 99.
- MÖNICKE, R. (1994)\*: NÄHR- UND SCHADSTOFFASPEKTE BEI DER VERWERTUNG VON KLÄRSCHLAMM IN DER LANDWIRTSCHAFT.- KORRESPONDENZ ABWASSER 8: 1320-1329.
- MÖNNINGHOFF, HANS (1993)\*: LEITLINIEN FÜR DEN UMGANG MIT REGENWASSER IN BAUGEBIETEN.- KORRESPONDENZ ABWASSER 11: 1741-1749.
- MÖNNINGHOFF, HANS [HRSG.] (1993)\*: WEGE ZUR ÖKOLOGISCHEN WASSERVERSORGUNG.- ÖKOBUCH VERLAG, STAUFEN BEI FREIBURG: 138S.
- MONTADA, A (1889): KATECHISMUS DER DESINFEKTION.- MARHOLD, HALLE.
- MORELL, CONYERS (1876): DAS ASCHENCLOSET MIT GESIEBTER ASCH.- SANIT. RECORD 5:129.
- MOSONYI, E. (1967): DIE WASSERVORRÄTE DER ERDE UND IHRE OPTIMALE NUTZUNG.- WASSERWIRTSCHAFT 57, H. 6 (1967) 225 FF.
- MÜLL, ROLF (1993): WASSER - NAHRUNGSMITTEL UND LEBENSRAUM IN GEMEINSAMER VERANTWORTUNG.- NIEDERS. LANDESZENTRALE FÜR POLITISCHE BILDUNG, HANNOVER: 72 S.
- MÜLLENBACH, H (1903): AUS DER PRAXIS DER ABWASSERREINIGUNG: MIT ABBILDUNGEN DES STODDARTFILTERS.- LEINEWEBER, LEIPZIG.
- MÜLLER, A. & L. GIERSBERG (1993)\*: ZWITTERIONISCHE WIRKSTOFFE FÜR DIE DESINFEKTION UND REINIGUNG.- HYG. MED. 18: 582.
- MÜLLER, ALEXANDER (1869)\*: DIE ZIELE UND MITTEL EINER GESUNDHEITLICHEN UND WIRTSCHAFTLICHEN REINHALTUNG DER WOHNUNGEN.- SCHÖNFELD, DRESDEN.
- MÜLLER, ALEXANDER (1873)\*: SELBSTREINIGUNG VON SPÜLJAUCHE. LANDWIRTSCHAFTLICHE VERSUCHSSTATIONEN 16:263 FF.
- MÜLLER, ALEXANDER (1875)\*: DIE SPÜLJAUCHENRIESELUNG: KRITISCHE BEITRÄGE BETREFFEND DIE THEORIE DER SPÜLJAUCHE NACH PROF. DR. DÜNKELBERG.- WIEGANDT, HEMPEL & PARE, BERLIN.
- MÜLLER, ALEXANDER (1884)\*: DIE REINHALTUNG VON PARIS.- VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR GERICHTLICHE MEDIZIN 11(2):336-350.
- MÜLLER, ALEXANDER (1885)\*: SELBSTREINIGUNG VON SPÜLJAUCHE. LANDWIRTSCHAFTLICHE VERSUCHSSTATIONEN 32:285FF.
- MÜLLER, ALEXANDER (1890)\*: DIE ZWECKMÄSSIGE ENTFERNUNG DER ABFALLSTOFFE DER STÄDTE MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER VERWERTUNG DERSELBEN.- VERLAG DER K.K. LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT IN WIEN 63.
- MÜLLER, ALEXANDER (1891)\*: GUTACHTEN ÜBER DEN EINFLUSS DER MÜNCHENER SPÜLJAUCHE AUF DEN REINIGUNGSZUSTAND DER ISAR.- DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT, BERLIN.
- MÜLLER, ALEXANDER (1901)\*: ZUR REINHALTUNG DER STÄDTE.- LEIPZIG, LEINEWEBER.
- MÜLLER, ALEXANDER (1902)\*: DIE REINIGUNG DER FÄULNISFÄHIGEN ABWÄSSER UND DIE SEKUNDÄRE VERPESTUNG.- LEIPZIG: LEINEWEBER.
- MÜLLER, ALEXANDER (1912)\*: DIE ABHÄNGIGKEIT DES VERLAUFES DER SAUERSTOFFZEHRUNG IN NATÜRLICHEN WÄSSERN UND KÜNSTLICHEN NÄHRLÖSUNGEN VOM BAKTERIENWACHSTUM.- ARBEITEN AUS DEM KÖNIGLICHEN GESUNDHEITSAMT 38: 294.
- MÜLLER, GERMAN, FRANK EHWALD & ASTRID HAMANN (1990)\*: LANGZEITUNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS VERHALTEN VON PHOSPHOR STICKSTOFF UND BOR BEI DER MECHANISCH-BIOLOGISCHEN ABWASSERREINIGUNG: AM BEISPIEL DER KOMMUNALEN KLÄRANLAGEN BAMMENTAL UND WIESLOCH (RHEIN-NECKAR.- HEIDELBERGER GEOWISSENSCHAFTLICHE ABHANDLUNGEN; Bd. 34: 203 S.; ILL. ; 21 CM ISBN 3-89257-033-7.
- MÜLLER, HEINRICH (1913)\*: FREIBURGS ÖFFENTLICHE BRUNNEN.- BREISGAUER CHRONIK; BEILAGE ZUM FREIBURGER BOTEN 5 NR. 16: 67-68 u. NR. 17: 63-64.
- MÜLLER, K. (1837)\*: ÜBER WIESENBEWÄSSERUNG.- LANDWIRTSCHAFTLICHES WOCHENBLATT FÜR DAS GROSSHERZOGTUM BADEN 5:236-238.
- MÜLLER, R. (1992)\*: BACTERIAL DEGRADATION OF XENOBIOTICS.- IN: FRY, J.C., GADD, G.M., HERBERT, R.A., JONES, C.W., & WATSON-



- CRAIK, I.A. [HRSG.] MICROBIAL CONTROL OF POLLUTION.- CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS: 35-57.
- MÜLLER, R. (1998)\*: EINFLUSS ELEKTROMAGNETISCHER FELDER AUF KRISTALLISATIONSVORGÄNGE: PRAKTISCHE ANWENDUNGEN IN DER SCHLAMMBEHANDLUNG VON KLÄRANLAGEN UND IN TRINKWASSERSYSTEMEN DISS ETHZ Nr. 12 644, ZÜRICH
- MÜLLER, S.V. (1899): DIE REINHALTUNG DER STADT WESTERAAS IN SCHWEDEN.- GESUNDHEIT 18.
- MÜLLER, S.V. (1901): ETWAS ÜBER DIE REINHALTUNG VON STOCKHOLM.- GESUNDHEIT 26(8), LEINWEBER, LEIPZIG.
- MÜLLER, UDO, JENS RIEGER & TORSTEN SUNDMACHER (1995)\*: REGENWASSERNUTZUNGSANLAGEN - EINE ÖKOLOGISCH SINNVOLLE ALTERNATIVE? ÜBERLEGUNGEN ZU EINER BREMER PRODUKTÖKOBILANZ.- SuG 33:3-54
- MÜNCH, P. (1993)\*: STADTHYGIENE IM 19. U. 20. JAHRHUNDERT: DAS KOMMUNALE ENGAGEMENT IN DER WASSERVERSORGUNG, ABWASSER- UND ABFALLBESEITIGUNG MIT BES. BERÜCKSICHTIGUNG MÜNCHENS. (PHIL. DISSERTATION, MÜNCHEN 1990).- GÖTTINGEN.
- MUTH, W. (1994)\*: REGENWASSERVERSICKERUNG VON VERKEHRSFLÄCHEN.- TIS 5: 28-44.
- NADEIN, M. P. VON (1892): NEUES SANITÄR-ÖKONOMISCHES CANALISATIONS-SYSTEM.- 5. AUFL, BÖHNKE, PETERSBURG.
- NÄF, N (1888): DAS WASSERRECHT IM GROSSHERZOGTUM BADEN.- NEUE AUSG., SCHAUBURG, LAHR.
- NAGEL, ALFRED VON (1968): FUCHSIN, ALIZARIN, INDIGO.- SCHRIFTENREIHE DES FIRMENARCHIVS DER BASF AG.
- NAYLOR, C.G., J.P. MIEURE, I. MORICI & R.R. ROMANO (1992)\*: ALKYLPHENOL ETHOXYLATES IN THE ENVIRONMENT.- IN: PROCEEDINGS OF THE 3RD CESIO INTERNATIONAL SURFACTANTS CONGRESS, SECTION E, F & LCA SEMINAR, LONDON, 1-5 JUNE 1992: 111-124.
- NEVISON, S.D., G.ESSER & E.A.HOLLAND (1996)\*: A GLOBAL MODEL OF CHANGING N<sub>2</sub>O EMISSIONS FROM NATURAL AND PERTURBED SOILS.- CLIMATIC CHANGE 32: 327-378.
- NIEDNER, DR. (1874): GUTACHTERLICHER VORTRAG ÜBER DIE WASSER-CLOSET-FRAGE.- DRESDEN, ALBANUS, 32 S.
- NIENHAUS-MEINAU, CASIMIR (1883)\*: BERICHT ÜBER DIE VERUNREINIGUNG DES RHEINS DURCH ABFALLSTOFFE DER FABRIKEN IM BASLER INDUSTRIE-BEZIRK ERSTATTET AN DAS SCHWEIZERISCHE HANDELS- UND LANDWIRTSCHAFTS-DEPARTEMENT, 58 S.
- NINCK, M. (1921): DIE BEDEUTUNG DES WASSERS IN KULT U. LEBEN DER ALTEN.- LEIPZIG.
- NN (1892): DIE VERNICHTUNG UND VERWERTUNG STÄDTISCHER ABFALLSTOFFE IN ENGLAND.- GESUNDHEITS-INGENIEUR 15: 75-80.
- NOCHT, D. (1899): ÜBER ABWASSERBESEITIGUNG UND REINIGUNG IN EINIGEN ENGLISCHEN STÄDTEN - EIN REISEBERICHT;.- HYGIENISCHE RUNDSCHAU 9,Nr. 13(1899).
- NOLDE, ERWIN (1994): WASSERNÖTE IN BALLUNGSGEBIETEN?.- IN: POLITISCHE ÖKOLOGIE - NATURTRÜB ODER GLASKLAR: SONDERHEFT 5: 44-49.
- NOLDE, ERWIN (1995)\*: BETRIEBSWASSERNUTZUNG IM HAUSHALT DURCH AUFBEREITUNG VON GRAUWASSER.- WASSERWIRTSCHAFT, WASSERTECHNIK: 8 S.(SONDERDRUCK).
- OCHWADT, A (1877): DIE KANALISATION UND BERIESELUNG UND DAS DR. PETRI'SCHE VERFAHREN BETREFFEND DIE DESINF.U.VERWERTH..- NICOLAI, BERLIN.
- OESTERLEN, F. (1851)\*: HANDBUCH DER HYGIENE FÜR DEN EINZELNEN WIE FÜR EINE BEVÖLKERUNG.- TÜBINGEN.
- OHLMÜLLER, W. & ORTL, ALBERT (1894): DIE ERRICHTUNG VON RIESELFELDERN FÜR DIE STADT BRAUNSCHWEIG IN STEINHOF.- MONATSBLETT FÜR DIE ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 17: 201FF.
- OHLMÜLLER, W. (1896)\*: DIE UNTERSUCHUNG DES WASSERS.- SPRINGER, BERLIN: 178 S.
- OHLMÜLLER, W. (1903)\*: GUTACHTEN DES REICHSGESUNDHEITSRATES ÜBER DIE EINLEITUNG DES MAINZER KANALWASSERS EINSCHLIESSLICH DER FÄKALIEN IN DEN RHEIN.- ARBEITEN AUS DEM KAISERLICHEN GESUNDHEITSAmts (BERLIN) 20: 258-337.
- OHLMÜLLER, W., O. SPITTA & L. OLSZEWSKI (1931): UNTERSUCHUNG UND BEURTEILUNG DES WASSERS UND DES ABWASSERS.- BERLIN: SPRINGER.
- ÖKO-INSTITUT (1995)\*: LEAST-COST PLANNING IN DER WASSERVERSORGUNG (ENDBERICHT, IM AUFTRAG DES UMWELTMINISTERIUMS BADEN-WÜRTTEMBERG).- FREIBURG.
- OLEKSY-FRENZEL, J., WISCHNACK, S., JEKEL, M. (1995): DETERMINATION OF ORGANIC GROUP PARAMETERS AOCL, AOBR AND AOI IN MUNICIPAL WASTE WATER. VOM WASSER 85, 59-67.
- OPPENHEIMER, ALFRED (1896)\*: DER PRIVATRECHTLICHE SCHUTZ DER FISCHEREIBERECHTIGTEN IN ÖFFENTLICHEN FLÜSSEN GEGEN VERUNREINIGUNG.- (DISS. JUR., ERLANGEN), STAHL, WÜRZBURG:37 S.
- ORLAND, BARBARA (1991)\*: WÄSCHE WASCHEN - TECHNIK- UND SOZIALGESCHICHTE DER HÄUSLICHEN WÄSCHEPFLEGE.- RORORO SACHBUCH 7736, HAMBURG: 328 S.(DEUTSCHES MUSEUM „KULTURGESCHICHTE DER NATURWISSENSCHAFTEN UND DER TECHNIK“).
- ORUM-NIELSEN, ANNE (1993)\*: RAMSHUSENE - 8 DWELLING UNITS: TOWARDS A THEORY AND PRACTICE OF SUSTAINABLE ARCHITECTURE.- UNIVERSITY OF OREGON, USA.
- OTTERPOHL, RALF & JÖRG NAUMANN (1993)\*: KRITISCHE BETRACHTUNG DER WASSERSITUATION IN DEUTSCHLAND.- IN: UMWELTSCHUTZ, WIE? SYMPOSIUM: WIEVIEL? KIRSTEN-GUTKE-VERLAG, KÖLN.
- OTTERPOHL, RALF & MARTIN OLDENBURG (1998)\*: SEPARATE BEHANDLUNG VON TOILETTENABWASSER DURCH EIN VAKUUMSYSTEM UND GEMEINSAMER VERGÄRUNG MIT BIOABFÄLLEN - EIN WEG ZUR INTEGRIERTEN SIEDLUNGSTECHNIK.- IN PRINT;.
- OTTERPOHL, RALF & MATTHIAS GROTTKER (1995)\*: APPROPRIATE SUSTAINABLE SANITATION CONCEPTS. UNESCO / IHP SYMPOSIUM 'INTEGRATED WATER MANAGEMENT IN URBAN AREAS'.- 26-29 SEPT. IN LUND, SWEDEN. TRANSTEC PUBLICATION, IN PRINT.
- OTTERPOHL, RALF, ANDREA ALBOLD & MATTHIAS GROTTKER (1996)\*: INTEGRATION OF PROCESSES OF WASTE AND WASTEWATER TREATMENT IN URBAN AREAS.- EUROPEAN SCIENCE FOUNDATION, PROCEEDINGS OF WORKSHOP 'INTEGRATED ENVIRONMENTAL BIOPROCESS DESIGN', OBERNAI.
- OTTERPOHL, RALF, M. OLDENBURG & J. ZIMMERMANN (1999)\*: INTEGRIERTE KONZEPTE FÜR DIE ABWASSERENTSORGUNG LÄNDLICHER SIEDLUNGEN.- WASSER & BODEN 11:10-13.
- OTTERPOHL, RALF, MATTHIAS GROTTKER & JÖRG LANGE (1997)\*: SUSTAINABLE WATER AND WASTE MANAGEMENT IN URBAN AREAS.- WATER, SCIENCE & TECHNOLOGY 35 (9):121-133.
- OTTO, R. R. SPREE & J. VÖGELE (1990)\*: SEUCHEN UND SEUCHENBEKÄMPFUNG IN DEUTSCHEN STÄDTEN WÄHREND DES 19. UND FRÜHEN 20. JAHRHUNDERTS.- MEDIZINISCHES JOURNAL 25: 286-304.
- O'MALLEY, URSULA (1995)\*: VON DER BRACKIGEN BRÜHE ZUM KEIMFREIEN NASS - WANDEL DER WASSER-WAHRNEHMUNG UND HYGIENISIERUNG IM 19. JAHRHUNDERT.- GESCHICHTE LERNEN 47: 38-41.
- PALMER, ROY (1977)\*: AUCH DAS WC HAT SEINE GESCHICHTE.- PFIEMER, MÜNCHEN.
- PAREY, KLAUS (1986): BELASTUNG VON RHEINFISCHEN MIT SCHWERMETALLEN UND ORGANOCHLORVERBINDUNGEN UND

- AUSWIRKUNGEN AUF DIE REPRODUKTION.- DISSERTATION, FAKULTÄT FÜR BIOLOGIE, UNIVERSITÄT FREIBURG. FREIBURG I. BR.: 166 S. + TABELLENANHANG.
- PARMA, S. (1980): THE HISTORY OF THE EUTROPHICATION CONCEPT.- HYDROBIOL. BULL. 14: 5-11.
- PASSAVANT, GUSTAV (1870): ZUR FRAGE ÜBER DIE BESEITIGUNG DER EXKREMENTE AUS DEN SCHULGEBÄUDEN.- SAUERLÄNDER, FRANKFURT A.M.
- PATYK, A. & G. REINHARDT (1997)\*: DÜNGEMITTEL-, ENERGIE UND STOFFSTROMBILANZEN.- VIEWEG VERLAG.
- PAUL, JOHANN (1990): ABWASSERBESEITIGUNG UND TRINKWASSERVERSORGUNG IN MÜHLHEIM AM RHEIN ZUR ZEIT DER HOCHINDUSTRIALISIERUNG.- RECHTSRHEINISCHES KÖLN 16:39-76.
- PAUL, JOHANN (1991A): DIE RHEINVERSCHMUTZUNG IN KÖLN UND LEVERKUSEN IM 19. UND 20. JAHRHUNDERT.- DIE ALTE STADT 18: 385-402.
- PAUL, JOHANN (1991B): FLUSSVERUNREINIGUNG UND GEWÄSSERAUFSICHT IM 19. UND 20. JAHRHUNDERT A. Bsp. D. SIEG IM LANDKREIS ALTENKIRCHEN.- JAHRBUCH FÜR WESTDEUTSCHE LANDESGESCHICHTE 17:227-239.
- PAUL, JOHANN (1992A): UMWELTBELASTUNGEN IN DER BÜRGERMEISTEREI MERHEIM VOR DEM I. WELTKRIEG.- RECHTSRHEINISCHES KÖLN 18: 111-128.
- PAUL, JOHANN (1992B): DIE OPFERSTRECKEN WERDEN IMMER LÄNGER. DIE SIEGVERSCHMUTZUNG IM 19. UND 20. JAHRHUNDERT.- BENSBERGER PROTOKOLLE 71:55-78.
- PEARSE, G. WALTER (1876): DAS VERBESSERTE ASCHENCLOSET VON MORELL.- PUBLIC HEALTH 4: 468.
- PENZBERG, M. (1994)\*: ÖKOBIANZ DER KLÄRSCHLAMMENTSORGUNG.- BERICHTE DER ABWASSERTECHNISCHEN VEREINIGUNG E.V. 44: 101-116.
- PEPPEL, H. (1995): TECHNISCHE KONZEPTE FÜR DIE REAKTIVIERUNG VON WÄSSERWIESEN.- IN: HASSLER, D., M. HASSLER & K. H. GLASER: WÄSSERWIESEN: 364-368, KARLSRUHE.
- PERNTHALER, PETER (1998): DAS RECHT DES WASSERS IN NATIONALER UND INTERNATIONALER PERSPEKTIVE (SCHRIFTENREIHE DES INSTITUTS FÜR FÖDERALISMUSFORSCHUNG 00074).- BRAUMÜLLER: 112 S.
- PESCHKE, OTTO (1884): DIE PETRI'SCHE METHODE ZUR REINIGUNG STÄDTISCHER KANALWASSER..MIT BES. BERÜCKS. D. BERLIN-PLÖTZENSEE'E VERSUCHSANLAGE. EIN BEITRAG ZUR FRAGE DER VERWENDBARKEIT VON TORFGRUS ALS FILTERMATERIAL.- SEYDEL, BERLIN.
- PETERSON, J.A. (1979): THE INPUT OF SANITARY REFORM UPON AMERICAN URBAN PLANING, 1840-1890.- JOURNAL OF SOCIAL HISTORY 13: 83-103.
- PETRI, F & GÄRTNER, I (1877): KURZGEFASSTE DARSTELLUNG DER REINIGUNG DER STÄDTE UND FABRIKANLAGEN DURCH DIE DESINFEKTION MITTELST DES DR.PETRISCHEN VERFAHRENS.- NICOLAI, BERLIN.
- PETTENKOFER, MAX VON (1862): DIE BEWEGUNG DES GRUNDWASSERS IN MÜNCHEN VOM MÄRZ 1856 BIS MÄRZ 1862.- SITZUNGSBERICHTE D. KGL. BAYER. AKAD. WISSENSCH. MÜNCHEN I: 272FF.
- PETTENKOFER, MAX VON (1865): ÜBER DIE VERBREITUNGSART DER CHOLERA.- ZEITSCHRIFT FÜR BIOLOGIE 1: 322FF.
- PETTENKOFER, MAX VON (1866): DIE SÄCHSISCHEN CHOLERAEPIDEMIEEN DES JAHRES 1865.- ZEITSCHRIFT FÜR BIOLOGIE 2: 78FF.
- PETTENKOFER, MAX VON (1867)\*: UEBER DIE KANALISIRUNG DER STADT BASEL, MIT BESONDERER RÜCKSICHT AUF DAS BETT DES BIRSIG-FLUSSES.- ZEITSCHRIFT FÜR BIOLOGIE 3: 275-307.
- PETTENKOFER, MAX VON (1869): BODEN UND GRUNDWASSER IN IHREN BEZIEHUNGEN ZU CHOLERA UND TYPHUS: ERWIDERUNG AUF RUDOLF VIRCHOW'S HYGIENISCHE STUDIE "CANALISATION ODER ABFUHR? "- ZEITSCHRIFT FÜR BIOLOGIE 5: 171FF.
- PETTENKOFER, MAX VON (1869): DAS KANAL- ODER SIELSYSTEM IN MÜNCHEN.- GUTACHTEN MÜNCHEN.
- PETTENKOFER, MAX VON (1870)\*: GUTACHTEN ÜBER DIE KANALISATION VON FRANKFURT A. M.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE II: 535FF.
- PETTENKOFER, MAX VON (1876A): VORTRÄGE ÜBER CANALISATION UND ABFUHR (NACH VOM AUTOR REVIDIERTEN STENOGRAMMEN).- BAYER. ÄRZTL. INTELL.-BL. 23:1, 15, 24, 44, 55, 69, 87, 99, 118, 130, 145, 163, 173, FINSTERLIN, MÜNCHEN.
- PETTENKOFER, MAX VON (1876B): REFERAT ÜBER CANALISATION UND ABFUHR.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 8:701.
- PETTENKOFER, MAX VON (1890)\*: DIE VERUNREINIGUNG DER ISAR DURCH DAS SCHWEMMSYSTEM VON MÜNCHEN. VORTRAG, GEHALTEN IM ÄRZTLICHEN VEREIN ZU MÜNCHEN AM 07. MAI 1890.- (M. RIEGERSCHE UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG) MÜNCHEN.(IN: HYG. TAGESFRAGEN 10(1890)\*: 51 S..
- PETTENKOFER, MAX VON (1891A)\*: ZUR SCHWEMMKANALISATION IN MÜNCHEN.- MÜNCHENER MED. ABHANDLUNGEN 12.
- PETTENKOFER, MAX VON (1891B)\*: ZUR SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE.- ARCHIV FÜR HYGIENE 12: 269-274.
- PETTENKOFER, MAX VON (1891C)\*: ÜBER DIE SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE.- VERHANDLUNGEN DER GESELLSCHAFT FÜR NATURFORSCHER U. ÄRZTE 12(1891) 211FF.
- PETTENKOFER, MAX VON (1892A): ACHT THESEN GEGEN DIE MÜNCHENER SCHWEMMKANALISATION.- LEHMANN, MÜNCHEN.
- PETTENKOFER, MAX VON (1892B): ÜBER CHOLERA MIT BERÜCKSICHTIGUNG DER JÜNGSTEN CHOLERAEPIDEMIE IN HAMBURG.- LEHMANN, MÜNCHEN.
- PETTENKOFER, MAX VON (1898): KANALISATION UND ENTWÄSSERUNG VON ORTSCHAFTEN AN BINNENSEEN.- LEHMANN, MÜNCHEN.
- PETTS, G.E.; MÖLLER, H. & ROUX, A.L. (1989)\*: HISTORICAL CHANGE OF LARGE ALLUVIAL RIVERS: WESTERN EUROPE.- CHICHESTER, NEW YORK, BRISBANE (JOHN WILEY & SONS LTD.): 355 S.
- PFLÜGNER, WALTER (1988): NUTZEN-ANALYSEN IM UMWELTSCHUTZ - D. ÖKONOM. WERT VON WASSER U. LUFT.- VANDENHOECK U. RUPRECHT, GÖTTINGEN: XVII, 388 S.
- PHELPS, E. B. (1944): STREAM SANITATION.- WILEY, NEW YORK. 276 PP. B.
- PHILLIPS, JOHN (1872): ON THE DRAINAGE AND SEWERAGE OF TOWNS.- SPON, LONDON.
- PIECHOTTKA, OLAF & HEINZ WAGNER (1988)\*: RINNSTEIN UND FAYENCEBECKEN.- IN AQUA BUTZKE AG (HRSG.) DIE VERGESSENEN TEMPEL - ZUR GESCHICHT DER SANITÄTECHNIK.- BLAUE HÖRNER VERLAG, MARBURG: 65-86
- PIEFKE, C (1881): MITTHEILUNGEN ÜBER NATÜRLICHE UND KÜNSTLICHE SANDFILTRATION. NACH BETRIEBSRESULTATEN DER BERLINER WASSERWERKE VOR DEM STRALAUER TOR.- SEYDEL, BERLIN.
- PIEPER, C. (1869): SCHWEMMCANÄLE ODER ABFUHR ? EINE FRAGE UND ABSTIMMUNG VOR DER VERSAMMLUNG DEUTSCHER NATURFORSCHER UND AERZTE - MIT SACHLICHEN ERLÄUTERUNGEN.- (2. AUFLAGE), DRESDEN: ):96 S.
- PIEPER, WERNER (1987)\*: DAS SCHEISS-BUCH.- PIEPER, LÖHRBACH: 248 S.
- PIGNANT, P (1892): PRINCIPES D'ASSAINISSEMENT DES HABITATIONS DES VILLES ET DE LA BANLIEUE.- 2. ED., STEINHEIL, PARIS.
- PINNEKAMP, J. (1987A)\*: ABWASSERREINIGUNG IN JAPAN - ERFABRUNGEN AUS EINEM MEHRJÄHRIGEN INGENIEURAUUSTAUSCHPROGRAMM.- GEWÄSSERSCHUTZ-WASSER-ABWASSER 100: 731-770.

- PINNEKAMP, J. (1987B)\*: GEWÄSSERSCHUTZ UND ABWASSERREINIGUNG IN JAPAN.- KORRESPONDENZ ABWASSER 7: 734-740.
- PLATE, ERICH; ALBRECHT PFAUD & GERD PASCHKE (1986): AUSWIRKUNGEN DER WALDSCHÄDEN AUF DIE WASSERWIRTSCHAFT AUS QUANTITATIVER SICHT - LITERATURSTUDIE.- INST. FÜR WASSER- U. ABFALLWIRTSCHAFT, UNIVERSITÄT KARLSRUHE: 179 S.
- PLATZER, CHRISTOPH, HERIBERT RUSTIGE & JÖRG LAUER (1998)\*: PFANZENKLÄRANLAGEN ENTWICKLUNGSTENDENZEN TEIL 2.- WWT/AWT 6:8-12.
- PLEISSNER, M. (1910): ÜBER DIE ABHÄNGIGKEIT DER SAUERSTOFFZEHRUNG NATÜRLICHER WÄSSER VON DER VERSUCHSDAUER UND DER VERSUCHSTEMPERATUR.- ARBEITEN AUS DEM KAISERLICHEN GESUNDHEITSAMT 34:230.
- POHL, B. (1931): DIE MYTHISCHE UND REALE BEDEUTUNG DES WASSERS IM RAHMEN DER VOLKSGESUNDHEIT.- WASSER/ABWASSER 81: 103FF. (GWF, DAS GAS- UND WASSERFACH).
- POHLE, ROLF (1986): HISTORISCHE ENTWICKLUNG DER STADTREINIGUNG UND ABFALLBESEITIGUNG IN NÜRNBERG.- MITTELUNGEN DES VEREINS FÜR GESCHICHTE DER STADT NÜRNBERG, 73. Bd.: 291-328, NÜRNBERG.
- POLETSCHNY, H. (1994)\*: BEWERTUNG UND ABSICHERUNG DES RESTRIKOS DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN KLÄRSCHLAMMVERWERTUNG.- BERICHTE DER ABWASSERTECHNISCHEN VEREINIGUNG E.V. 44: 101-116.
- POORE (O.J.): ESSAYS ÜBER HYGIENE AUF DEM LANDE.- BECHTOLD & COMP., WIESBADEN (ÜBERSETZT VON A. v. W.).
- POORE, G.G. & M.D. VIVIAN (1892): UEBER DIE NACHTEILE EINIGER NEUEREN SANITÄREN METHODEN.- WAGNER, GRAZ.
- PÖPEL, F. (1993): LEHRBUCH FÜR ABWASSERTECHNIK UND GEWÄSSERSCHUTZ.- DEUTSCHER FACHSCHRIFTEN VERLAG, WIESBADEN.
- POPP, L. (1959): PFISTERS MÜHLE. SCHLÜSSELROMAN ZU EINEM ABWASSERPROZESS (1884).- STÄDTEHYGIENE 10: 22-25.
- POPP, L. (1965)\*: DIE HYGIENE DER ABWASSERBESEITIGUNG.- BERICHTE DER ABWASSERTECHNISCHEN VEREINIGUNG E.V. "DIE FRANKFURTER TAGUNG" - 1965.
- POPP, W. (1984): ZIELE DES GEWÄSSERSCHUTZES UND LEISTUNGSFÄHIGKEIT KONVENTIONELLER KLÄRVERFAHREN IN BAKTERIOLOGISCHER HINSICHT.- MÜNCHNER BEITRÄGE ZUR ABWASSER-, FISCHEREI- UND FLUSSBIOLOGIE 38:481-493.
- POPPER, M. (1871): DER GEGENWÄRTIGE STAND DER ABFUHR- UND SCHWEMMFRAGE.- OESTERR. ZEITSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 17:36-39.
- POTTER, CH.S., P.A. MATSON, P.M. VITOUSEK & E.A. DAVIDSON (1996)\*: PROCESS MODELING OF CONTROLS ON NITROGEN TRACE GAS EMISSIONS FROM SOILS WORLDWIDE.- JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH 191(D1): 1361-1377.
- PRAUSNITZ, WILHELM (1890)\*: DER EINFLUSS DER MÜNCHNER KANALISATION AUF DIE ISAR MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER FRAGE DER SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE.- RIEGER, MÜNCHEN (IN: HYG. TAGESFRAGEN 9(1890)\*).
- PRAUSNITZ, WILHELM (1891)\*: ZUR EINFÜHRUNG DER SCHWEMMKANALISATION IN MÜNCHEN: OFFENER BRIEF AN HERRN PROF. ALEXANDER MÜLLER IN.- LEHMANN, MÜNCHEN.
- PRESCHER, D., U. GROSS, J. WOTZKA, M. TSCHAU-SCHLÜTER & W. STARKE (1984)\*: ZUM UMWELTVERHALTEN VON FLUORTENSIDEN. TEIL 1: PRÜFUNG DER AQUATOXIZITÄT.- ACTA HYDROCHIM. HYDROBIOL. 12: 595-600.
- PRESCHER, D., U. GROSS, J. WOTZKA, M. TSCHAU-SCHLÜTER & W. STARKE (1985)\*: ZUM UMWELTVERHALTEN VON FLUORTENSIDEN. TEIL 2: UNTERSUCHUNG DER BIOCHEMISCHEN ABBAUBARKEIT.- ACTA HYDROCHIM. HYDROBIOL. 13: 17-24.
- PRESCHER, D., U. GROSS, J. WOTZKA, M. TSCHAU-SCHLÜTER & W. STARKE (1986)\*: ZUM UMWELTVERHALTEN VON FLUORTENSIDEN. TEIL 3: REINIGUNG INDUSTRIELLER ABWÄSSER.- ACTA HYDROCHIM. HYDROBIOL. 14: 293-304.
- PROCTER, WILLIAM (1873): THE HYGIENE OF AIR AND WATER. BEING A POPULAR ACCOUNT OF THE EFFECTS OF THE IMPURITY OF AIR AND WATER, THEIR DETECTION AND THE MODES OF REMEDYING THEM.- HARDWICKE, LONDON, 78 S.
- PROSKAUER (1894): SCHRIFT ÜBER DIE VERWENDUNG VON KOHLEBREI ZUR KLÄRUNG DER POTSDAMER ABWASSER.- BERLIN.
- PRÜSS, MAX (1948): ENTWICKLUNG, DERZEITIGER STAND UND ZUKÜNFTIGE AUFGABEN DER ABWASSERREINIGUNG IN DEUTSCHLAND.- GESUNDHEITS-INGENIEUR 69: 260-264.
- RAABE, W. (1876)\*: KRÄHENFELDER GESCHICHTEN. DIE INNERSTE.- BRAUNSCHWEIG.
- RAABE, W. (1884)\*: PFISTERS MÜHLE. EIN SOMMERFERIENHEFT (SCHLÜSSELROMAN ZU EINEM ABWASSERPROZESS 1884).- RECLAM UNI BIBL. 9988 (1980), ORIGINAL: (WESTERMANN) BRAUNSCHWEIG. (IN: FAMILIENZTSCHR. "DIE GRENZBOTEN" (1884)\*).
- RAACH, CLAUD, HUBERT WIGGERING & STEFAN BRINGEZU (1999)\*: STOFFFLUSSANALYSE ABWASSER - EINE ABSCHÄTZUNG DER SUBSTANZFLÜSSE DEUTSCHER KLÄRANLAGEN.- VOM WASSER 92:11-35.
- RADLKOEFER, H. (1865)\*: MIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN DER ORGANISCHEN SUBSTANZEN IM BRUNNENWASSER.- ZEITSCHRIFT FÜR BIOLOGIE 1: 37FF.
- RAFTER, GEO W. & BAKER, M. N. (1894): SEWAGE DISPOSAL IN THE UNITED STATES.- NOSTRAND, NEW YORK.
- RALOFF, J. (1998)\*: DRUGGED WATERS - DOES IT MATTER THAT PHARMACEUTICALS ARE TURNING UP IN WATER SUPPLIES? SCIENCE NEWS 153, 187-189.
- RALOFF, JANET (1994)\*: THAT FEMININE TOUCH - ARE MEN SUFFERING FROM PRENATAL OR CHILDHOOD EXPOSURES TO 'HORMONAL' TOXICANTS.- SCIENCE NEWS 145: 56-59.
- RANKE (1877): DIE EINLEITUNG STÄDTISCHEN CLOAKENWASSERS IN DIE FLÜSSE.- ZEITSCHRIFT DES LANDWIRTSCHAFTLICHEN VEREINS IN BAYERN, BEILAGE ZUM NOVEMBER.
- RAPP, R. (1903): EINFLUSS DER LICHTES AUF ORGANISCHE SUBSTANZEN (SELBSTREINIGUNG).- ARCHIV FÜR HYGIENE 48:179.
- RATZEL, U. (1993)\*: STRASSENENTWÄSSERUNG - FALLENWIRKUNG UND ENTSCHÄRFUNG UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER AMPHIBIEN.- BEZIRKSSTELLE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE KARLSRUHE:168 S.
- RAUTENBERG (1900): DIE VERWERTHUNG DER STÄDTISCHEN ABFALLSTOFFE NACH DEM EDUARDSFELDER ROHRABLEITUNGSSYSTEM IN VERBINDUNG MIT DEM SAUGSIELSYSTEM LIERNOR ODER DEM DRUCKLUFTSYSTEM.- LEINWEBER, LEIPZIG.
- RECKERZÜGL TH. (1997)\*: VERGLEICHENDE MATERIALINTENSITÄTSANALYSE ZUR FRAGE DER ZENTRALEN ODER DEZENTRALEN ABWASSERBEHANDLUNG ANHAND VERSCHIEDENER ANLAGENKONZEPTE.- DIPLOMARBEIT UNIVERSITÄT GESAMTHOCHSCHULE PADERBORN, ABT. HÖXTER.
- RECKERZÜGL TH. (1998)\*: VERGLEICHENDE MATERIALINTENSITÄTSANALYSE VERSCHIEDENER ABWASSERBEHANDLUNGSANLAGEN.- GWF WASSER-ABWASSER, IN VORB.
- REDGRAVE, GILBERT R. (1876): SYSTEME ZUR AUFSAMMLUNG DER EXCREMENTE OHNE WASSER.- JOURNAL OF GASLIGHT, 18. APRIL.



- REDGRAVE, GILBERT R. (1876): UEBER CANALISATION UND ERDCLOSETS. - SANITARY REC. 6: 282 (PUBLIC HEALTH 6:205).
- REDGRAVE, GILBERT R. (1876): UEBER CANALISATION UND ERDCLOSETS. - SANITARY RECORD 4: 205.
- REH, WERNER (1988): ÖKOLOGISCHE FOLGEN DER INDUSTRIALISIERUNG DES RHEINS.- IN BOLDT, H., P. HÜTTENBERGER, H.MELITOR & D. PETZINA: DER RHEIN: MYTHOS UND REALITÄT EINES DEUTSCHEN STROMES, RHEINLAND VERLAG: 115 FF.
- REHWALD, HORST (1981): STADTENTWÄSSERUNG VON MÜNCHEN VON DEN ERSTEN KANÄLEN IM JAHRE 1811 BIS UM GORDON'SCHEN PROJEKT.- IN: GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG DER WASSERWIRTSCHAFT UND DES WASSERBAUS IN BAYERN: 247-260 (=INFORMATIONSBERICHT 4/81 DES BAYERISCHEN LANDESAMTES FÜR WASSERWIRTSCHAFT).
- REIBER, F. (1888): CATALOGUE DES POISSONS OBSERVÉS EN ALSACE, ET SURTOUT AUX ENVIRONS DE STRASBOURG.- BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'HISTOIRE NATURELLE DE COLMAR 27E, 28E ET 29 ANNÉES: 91-97.
- REICHARDT, H. (1880): GRUNDLAGEN ZUR BEURTEILUNG DES TRINKWASSERS.- BERLIN.
- REICHLER, C., K. THUMM & ZAHN (1914): GUTACHTEN DER KÖNIGLICHEN LANDESANSTALT FÜR WASSERHYGIENE ÜBER DIE ALLGEMEINEN GRUNDLAGEN UND MASSNAHMEN ZUR REINHALTUNG DER WUPPER.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN LANDESANSTALT FÜR WASSERHYGIENE 18:103-109.
- REICHLER, C., K. THUMM, R. KOLKWITZ & STOOFF (1914): GUTACHTEN DER KÖNIGLICHEN LANDESANSTALT FÜR WASSERHYGIENE ÜBER DIE ABWASSERBESEITIGUNG IM NIERSGEBIET UND DIE ZUR REINHALTUNG DER NIERS ERFORDERLICHEN MASSNAHMEN.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN LANDESANSTALT FÜR WASSERHYGIENE 18:110-138.
- REIF, H. (1986): DER UNTERNEHMER, DIE ÄBTISSIN, DAS WASSER UND DER STAAT.- IN: JOURNAL FÜR GESCHICHTE 2.
- REINHOLD, FRIEDRICH (1936): VORLÄUFIGE NÄHERUNGSWERTE FÜR REGENSPENDEN IN DEUTSCHLAND.- GESUNDHEITS-INGENIEUR 14: 196-197.
- REMMER, FRANK & SCHÖTTLER (1994)\*: REGENWASSERVERSICKERUNG - WASSERWIRTSCHAFTLICHE VERBESSERUNG ODER VERUNREINIGUNG VON BODEN UND GRUNDWASSER ?.- (TAGUNGSBEITRAG ZU „FLÄCHENHAFTESCHADSTOFFEINTRÄGE IN DAS GRUNDWASSER“, MAINZ 9.-13.5.1994; ZEITSCHRIFT DER DEUTSCHEN GEOLOGISCHEN GESELLSCHAFT 145: 13 S. (VORABZUG).
- RENK, FRIEDRICH (1882): DIE KANALGASSE UND DEREN HYGIENISCHE BEDEUTUNG UND TECHNISCHE BEHANDLUNG.- RIEGER, MÜNCHEN.
- RENNER, H. (1950): ÜBER DIE MÖGLICHKEIT DER VERBREITUNG VON ASCARIS LUMBRICOIDES DURCH ABWASSERVERREGNUNG UND DÜNGUNG MIT ABWASSERSCHLAMM.- DISS. UNIV. STUTTGART-HOHNHEIM.
- RENNER, H. (1994)\*: LÄNDLICHER RAUM: ABWASSERENTSORGUNG IN DER SACKGASSE.- SCHRIFTENREIHE ZUR WASSERWIRTSCHAFT TU GRAZ, MAI 94.
- REPLOH, H. (1972)\*: HAT DIE BEHANDLUNG FESTER ODER FLÜSSIGER ABFALLSTOFFE VORRANG?.- GWF, WASSER/ABWASSER 113: 82FF.
- RESSMEYER, HEINRICH (1900): ZUR FRAGE DER ABWÄSSERREINIGUNG. INAUGURAL-DISS.- UNIV.-BUCHDR., MARBURG.
- REULECKE, JÜRGEN (1985): GESCHICHTE DER URBANISIERUNG IN DEUTSCHLAND.- SUHRKAMP, FRANKFURT A.M.
- REULECKE, JÜRGEN [HG.] (1991): STADT UND GESELLSCHAFT.- FRANZ STEINER VERLAG, STUTTGART: 336 S.
- REUSS (1872): UEBER DIE VERSUCHSWEISE EINFÜHRUNG DES LIERNUR'SCHEN SYSTEMS ZUR ENTFERNUNG DER FÄCALSTOFFE.- WÜRTTEMBERGISCHES CORRESPONDENZ-BLATT 17: 2, 3, 4, 5.
- REUSS (1873): DAS LIERNUR'SCHE SYSTEM FÜR STUTTGART EMPFOHLEN.- VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 5: 147.
- REUTER, F.W. (1874): DIE ENTFERNUNG DER SCHÄDLICHEN ABFALLSTOFFE AUS DER STADT BRAUNSCHWEIG, NAMENTLICH DIE EINFÜHRUNG VON WASSERCLOSETS IN DIE HIER GEBRÄUCHLICHEN QUADRATISCHEN PLATTENCANÄLE RESP. IN DIE OKER.- VIEWEG & SOHN, BRAUNSCHWEIG.
- RHEINBABEN, F. v. (1994)\*: ARBEITSSCHUTZ DURCH DESINFIZIATIONSMITTEL UND -VERFAHREN. GIT ARBEITSSCHUTZ, XXII-XXV.
- RHEINHARD, A. (1873): ZUR FRAGE VON DER CANALISATION DER STADT STUTTGART.- WITTMER, STUTTGART, 39 S.
- RHEINHEIMER, G., H. GERICKE & J. WESNIGK (1990)\*: PRÜFUNG DER BIOLOGISCHEN ABBAUBARKEIT VON ORGANISCHEN CHEMIKALIEN IM UMWELTRELVAANTEN KONZENTRATIONSBEREICH.- UBA-FORSCHUNGSBERICHT FB 10602051.
- RHEINHEIMER, GERHARD [HRSG.] (1988)\*: STICKSTOFFKREISLAUF IM WASSER - STICKSTOFFUMSETZUNGEN IN NATÜRL. GEWÄSSERN, IN D. ABWASSERREINIGUNG U. WASSERVERSORGUNG.- OLDENBOURG, MÜNCHEN; WIEN: XII, 394 S.
- RICHARDSON, M. L. & BOWRON, J. M. (1985)\*: THE FATE OF PHARMACEUTICAL CHEMICALS IN THE AQUATIC ENVIRONMENT.- J. PHARM. PHARMACOL. 37, 1-12.
- RICHTER, E (1894): STRASSENHYGIENE D.I. STRASSEN-PFLASTERUNG, -REINIGUNG UND -BEGRENZUNG, SOWIE BESEITIGUNG DER FESTEN ABFÄLLE.- FISCHER, JENA.
- RICHTLER, H.J. & J. KNAUT (1988)\*: WORLD PROSPECT FOR SURFACTANTS.- IN: PROCEEDINGS OF THE SECOND WORLD SURFACTANTS CONFERENCE, MAY 24-27, PARIS: 3-58.
- RIDEAL, SAMUEL (1899): CANOR LECTURES ON BACTERIAL PURIFICATION OF SEWAGE.- TROUNCE, LONDON.
- RIDEAL, SAMUEL (1900): SEWAGE AND THE BACTERIAL PURIFICATION OF SEWAGE.- INGRAM, LONDON.
- RIDEAL, SAMUEL (1901): SEWAGE AND THE BACTERIAL PURIFICATION OF SEWAGE.- 2. ED., SANITARY PUBL., LONDON.
- RIEGMAN, R., A.A.M. NOORDELOOS & G.C.CADEE (1992)\*: PHAEOCYSTIS BLOOMS AND EUTROPHICATION OF THE CONTINENTAL COASTAL ZONES OF THE NORTH SEA.- MAR. BIOL. 112: 479-484.
- RIMPAU, W. (1935): DIE ENTSTEHUNG VON PETTENKOFERS BODENTHEORIE UND DIE MÜNCHNER CHOLERAEPIDEMIE 1854.- BERLIN.
- RITZEL (1900): DIE WASSERVERSORGUNG UND DIE ENTWÄSSERUNG DER STADT NEUSTADT IN OBERSCHLESIEIN.- ERNST, BERLIN.
- ROBINSON, HENRY & MELLINS., JOHN CHARLES (1877): PURIFICATION OF WATER-CARRIED SEWAGE.- SMITH, ELDER & CO, LONDON.
- ROBINSON, HENRY (1896): SEWERAGE AND SEWAGE DISPOSAL.- SPON, LONDON.
- RODENSTEIN, MARIANNE (1992): "MEHR LICHT, MEHR LUFT" - WISSENSCHAFTLICHE HYGIENE UND STADTENTWICKLUNG IN DEUTSCHLAND IM 19. JAHRHUNDERT.- BERICHT ZUR WISSENSCHAFTSGESCHICHTE 15:151-162.
- ROGGENBUCK, SUSANNE (1997)\*: WASSERVERSCHMUTZUNGEN UND INTERNATIONALES PRIVATRECHT - ZUR PRIVATRECHTLICHEN ABWEHR VON VERSCHMUTZUNGEN INTERNATIONALER GEWÄSSER IN DER EG UND IN DEN USA (EUROPÄISCHE HOCHSCHULSCHRIFTEN, 02077), PETER LANG VERLAG, FRANKFURT 1/1997: 308 S.
- ROHRER, T. & CH. JÄGER (1997)\*: FÄKALIENKOMPOSTIERUNG - SPEZIALFALL DER DEZENTRALEN KOMPOSTIERUNG, KOMPOSTKRÜMEL 2/97, KOMPOSTFORUM, CH-4600 OLTEN
- ROHRER, T. & CH. JÄGER (1998)\*: VERGLEICH DER FÄKALIENKOMPOSTIERUNG MIT DER BIOABFALLKOMPOSTIERUNG IN KLEINKOMPOSTERN UND VORGABEN FÜR DIE HYGIENISIERUNG VON

- FÄKALKOMPOSTEN, ZENTRUM FÜR ANGEANDTE ÖKOLOGIE  
SCHATTWEID, CH-6114 STEINHUSERBERG
- ROHRER, T. & CH. JÄGER (1998)\*: VERSUCHE ZUR HYGIENISIERUNG VON FÄKALKOMPOSTEN AUS KOMPOSTTOILETTEN, ZENTRUM FÜR ANGEANDTE ÖKOLOGIE SCHATTWEID, CH-6114 STEINHUSERBERG
- ROHRER, T. & M. GEIGER (1998)\*: KOMPOSTTOILETTEN - INFORMATIONEN FÜR DIE PRAXIS, ZENTRUM FÜR ANGEWANDTE ÖKOLOGIE SCHATTWEID, CH-6114 STEINHUSERBERG: 27 S.
- RÖMER, R. (1994)\*: EMISSIONEN DER KLÄRSCHLAMMVERBRENNUNG.- BERICHTE DER ABWASERTECHNISCHEN VEREINIGUNG E.V. 44: 161-179.
- RÖMER, W. & BINDERT (1955): DAS RIESELFELD DER STADT FREIBURG UND SEINE BEDEUTUNG FÜR DIE ERNÄHRUNG.- WASSER UND NAHRUNG 2: 35-40.
- RÖMER, W. (1953): BEHANDLUNG VON STADTABWASSER AUS FREIBURG I.BR.- WASSER UND BODEN 9: 228-291.
- ROMMELSBACHER, THOMAS (1987): DAS NATÜRLICHE RECHT AUF WASSERVERSCHMUTZUNG.- IN: FRANZ-JOSEF BRÜGGEMEIER & THOMAS ROMMELSBACHER [HRSG.]: BESIEGTE NATUR - GESCHICHTE DER UMWELT IM 19. UND 20. JAHRHUNDERT, MÜNCHEN: 42-63.
- RÖMPP (1989)\*: FLUORTENSIDE,- IN: LEXIKON CHEMIE, FALBE, J. & REGITZ, M. (HRSG.), 9. AUFLAGE, G. THIEME VERLAG; STUTTGART, NEW YORK;.
- RÖSCH, JOSEPH (1847): BESCHREIBUNG DER BRUNNEN-LEITUNG ZU FREIBURG IM BREISGAU.- O.O. (FREIBURG) O.J.
- ROSCHER, V. (1993): DIE EINFÜHRUNG DER KANALISATION IN HAMBURG UND DER NEUBAU DER STADT 1842/43.- DIE ALTE STADT 3: 229-241.
- ROTH, E. (1903): DIE WECHSELBEZIEHUNGEN ZWISCHEN STADT UND LAND IN GESUNDHEITLICHER BEZIEHUNG UND DIE SANIERUNG DES LANDES.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 35: 95-160.
- ROTHENBACHER, FRANZ (1982): ZUR ENTWICKLUNG DER GESUNDHEITSVERHÄLTNISSE IN DEUTSCHLAND SEIT DER INDUSTRIALISIERUNG.- IN: ERICH WIEGAND & WOLFGANG ZAPP [HRSG.]: WANDEL DER LEBENSBEDINGUNGEN IN DEUTSCHLAND. WOHLFARTSENTWICKLUNG SEIT DER INDUSTRIALISIERUNG, FRANKFURT, NEW YORK: 335-424.
- ROTT, U. & B. SCHLICHTIG (1994)\*: REGENWASSERNUTZUNG - EIN BEITRAG ZUM GEWÄSSERSCHUTZ ODER EINE GEFÄHRDUNG FÜR DIE SICHERHEIT UNSERER WASSERVERSORGUNG.- WASSER UND BODEN 11; PAUL PAREY, HAMBURG.
- ROUX, A.L., BRAVARD, J.P., AMOROS, C. & PAUTOU, G. (1989)\*: ECOLOGICAL CHANGES OF THE FRENCH UPPER RHONE RIVER SINCE 1750.- IN: PETTS, G.E.: HISTORICAL CHANGE OF LARGE ALLUVIAL RIVERS: WESTERN EUROPE . 323-350, (JOHN WILEY & SONS LTD.).
- RUBNER, MAX & ADOLF.L. SCHMIDTMANN (1901): GUTACHTEN DER KÖNIGLICH WISSENSCHAFTLICHEN DEPUTATION FÜR DAS MEDICINALWESEN ÜBER DIE EINWIRKUNG DER KALIINDUSTRIE-ABWÄSSER AUF DIE FLÜSSE.- IN: SCHMIDTMANN (HRSG.): GUTACHTEN BETREFFEND FLUSSREINHALTUNG UND VERFAHREN FÜR ABWÄSSER-REINIGUNG. VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR GERICHTLICHE MEDIZIN UND ÖFFENTLICHES SANITÄTSWESEN (BERLIN), 3. FOLGE, 11. SUPPL.: 1-24.
- RUBNER, MAX & ADOLF.L. SCHMIDTMANN (1903)\*: GUTACHTEN DES REICHSGESUNDHEITSRATES ÜBER DIE EINLEITUNG DER MANNHEIMER KANALWÄSSER IN DEN RHEIN.- ARBEITEN AUS DEM KAISERLICHEN GESUNDHEITSAMTE (BERLIN) 20: 338- 386.
- RÜCKERT (1897): DIE ABORTEINRICHTUNGEN, BESONDERS DIE ANLAGE DES WASSERKLOSETTS VOM GESUNDHEITLICHEN STANDPUNKTE.- BIOLOGISCHES CENTRALBLATT 16: 231-248.
- RUDOLPH, K.U., TH. NELLE & CH. OBERG (1992)\*: STAND DER TECHNIK BEI DER DESINFIEKTION VON ABWASSER UND SCHWERPUNKTE DER FORSCHUNG.- IN: ATV - BUNDESTAGUNG; FACHVORTRÄGE BMFT-STATUS-SEMINAR; BERICHTE DER ABWASERTECHNISCHEN VEREINIGUNG 42: 333-357.
- RUDY, H. (1927): KORREKTION, REGULIERUNG, STAUANLAGEN UND ABWASSERFRAGE AM OBERRHEIN VON BASEL BIS STRASSBURG. EIN ÜBERBLICK.- VERH. INT. VEREIN. THEOR. ANGEW. LIMNOL. 3, TEIL 2: 372-386.
- RÜGEMER, WERNER (1995)\*: STAATSGEHEIMNIS ABWASSER.- ZEBULON VERLAG, DÜSSELDORF: 249 S.
- RÜGEMER, WERNER (1998)\*: PFLANZENKLÄRANLAGE ALS EXPO-Projekt. - WWT/AWT 6:13-14.
- RUSS, JOSEF (1902): KANALISATIONSWESEN UND ABWASSERREINIGUNG AUF DER PARISER WELTASUSTELLUNG 1900.- ZEITSCHRIFT DES OESTERREICHISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTENVEREINS, SELBSTVERLAG.
- SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (SRU) (1976)\*: UMWELTPROBLEME DES RHEINS.- VERLAG W. KOHLHAMMER, STUTTGART/MAINZ: 258 S.
- SALOMON, H. (1901): UEBER BAKTERIOLOGISCHE, CHEMISCHE UND PHYSIKALISCHE RHEINWASSER-UNTERSUCHUNGEN.- VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR GERICHTL. MED. U. ÖFF. SANITÄTSWESEN, SUPPL. 11:25-60 ((BERLIN), 3. FOLGE, 11.
- SALOMON, H. (1906,1911)\*: DIE STÄDTISCHE ABWASSERBESEITIGUNG IN DEUTSCHLAND.- 2 BDE. & ERG.-BD., JENA.
- SALVIATI, C., O. ROEDER & E. EICHHORN, (1865)\*: DIE ABFUHR UND VERWERTUNG VON DUNGSTOFFEN.- WIEGAND & HEMPEL, BERLIN, 114 S. + 4 Taf.
- SÄMANN, UDO (1994)\*: ÖKOLOGISCHE REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG UND IHRE ANWENDUNG IN BEBAUUNGSGEBIETEN: MULDEN-RINNEN-SYSTEME.- SCHRIFTENREIHE DER KOMUNALEN UMWELT-AKTION (U.A.N.) HEFT 16.
- SANDER, FR. (1873): BEMERKUNGEN ZU DEM AUFSATZ DR. OTTO EWICH'S: SCHWEMMKANÄLE ODER LIERNUR ?.- NIEDERRHEINISCHE CORRESPONDENZ-BLATT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 2:121.
- SANTAS, AKTIENGESELLSCHAFT IN HAMBURG-REIHERSTIEG BEI HAMBURG ( ): SPEZIALKATALOG ÜBER TORFMULLKLOSETTS (SYSTEM FISCHER).- ?.
- SASSE, L. & R. OTTERPOHL (1995)\*: STATUS REPORT ON DECENTRALISED LOW MAINTENANCE WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS (LOM-WATS).- COMMISSION OF THE EUROPEAN UNION, BORDA, BREMEN.
- SASSE, LUDWIG (1998)\*: DEWATS - DECENTRALISED WASTEWATER TREATMENT IN DEVELOPING COUNTRIES.- BORDA, BREMEN: 160 S.
- SEIBERT, HASSO (1996)\*: STÖRUNGEN DER ENTWICKLUNG UND FUNKTION DES MÄNNLICHEN REPRODUKTIONSSYSTEMS.- Z.UMWELTCHEM. ÖKOTOX.8 (5): 275-284.
- SCHAAL, HANS & FRITZ BÜRKLE (1993)\*: VOM WASSER- UND KULTURBAU ZUR WASSERWIRTSCHAFTSVERWALTUNG IN BADEN-WÜRTTEMBERG.- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG: 347 S.
- SCHÄFER, MARKUS & ERHARD HOFFMANN (1998)\*: RESTSTOFFMANAGEMENT AUF KOMMUNALEN KLÄRANLAGEN - TEIL 1: STOFFBILANZEN" IN GWF-WASSER /ABWASSER 9:586-591.
- SCHÄFER, MARKUS & ERHARD HOFFMANN (1998)\*: RESTSTOFFMANAGEMENT AUF KOMMUNALEN KLÄRANLAGEN - TEIL 2: INTEGRALES NÄHR-/SCHADSTOFFMANAGEMENT" IN GWF-WASSER / ABWASSER 10.
- SCHÄPERCLAUS, W. (1950): AUSWIRKUNG DER INSEKTENBEKÄMPFUNG MIT DDT UND BENZOLHEXACHLORID AUF FISCHGEWÄSSER.- ABHANDLUNGEN FISCHEREI U. HILFSSWISS. 3(1950).



- SCHARF, J. & K. BÄCHMANN (1993)\*: VERTEILUNG VON PFLANZENSCHUTZMITTELN IN DER ATMOSPHERE. NAH- UND FERNTRANSPORTMESSUNGEN.- IN: NACHRICHTENBL. DEUTSCH. PFLANZENSCHUTZD. 45 (4): 82-87.
- SCHENCK, FR. VON (1894): DER WASSERGESETZENTWURF: GUTACHTEN ERSTATTET IM AUFTR. U. AUF GRUND DER BESCHLÜSSE D. WASSERRECHTS-..- STEIN, ARNSBERG.
- SCHENK, H. (1893A)\*: UEBER DIE BEDEUTUNG DER RHEINVEGETATION FÜR DIE SELBSTREINIGUNG DES RHEINES.- CENTRALBLATT FÜR ALLGEMEINE GESUNDHEITSPFLEGE 12: 365-386.
- SCHENK, H. (1893B)\*: UEBER DIE BEDEUTUNG DER RHEINVEGETATION FÜR DIE SELBSTREINIGUNG DES RHEINES. (SCHLUSS).- CENTRALBLATT FÜR ALLGEMEINE GESUNDHEITSPFLEGE 12: 443-455.
- SCHENK, R. (1994)\*: VERTEILUNG UND DYNAMIK VON SCHWERMETALLEN IN SEDIMENTEN DER WUPPER.- INAUGURAL DISSERTATION UNIVERSITÄT DÜSSELDORF.
- SCHENKENHOFER, JULIUS (1877): DIE BESTIMMUNG DER FLÜSSE IN IHREM SICH EWIG ERNEUERNDEN LAUFE ... ODER SCHWEMMSYSTEM CONTRA WECHSELFÄSSER.- REICHEL, AUGSBURG.
- SCHERPF (1867): DIE KANALISIERUNG DER STADT WÜRZBURG.- WÜRTBURG.
- SCHERTENLEIB, R. (1991)\*: FLÜSSE ALS OBJEKTE VIELFÄLTIGER NUTZUNG IN ENTWICKLUNGSLÄNDERN.- MITTEILUNGEN D. EAWAG 32: 40-45.
- SCHIELE, A. (1909)\*: ABWASSERBESEITIGUNG VON GEWERBEN UND GEWERBLICHEN STÄDTEN UNTER HAUTSÄCHLICHER BERÜCKSICHTIGUNG ENGLANDS.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 11:932 S.
- SCHIELE, A. (1914): ENGLISCHE GARTENSTÄDTE, IHRE ABWASSERBESEITIGUNG UND WASSERVERSORGUNG.- MITTEILUNGEN DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERREINIGUNG 19:1-31.
- SCHIEMENZ, P. (1903): DAS AUSSTICKEN DER FISCHE IM WINTER DURCH DIE ABWÄSSER DER ZUCKER- UND STÄRKEFABRIKEN.- ZEITSCHRIFT FÜR FISCHEREI 11.
- SCHIRRMAYER, SIEGFRIED (1937)\*: DAS RIESELFELD DER STADT FREIBURG I.BR.- DISS. MED., A.L.-UNIVERSITÄT, FREIBURG.
- SCHLEGEL (1953): DIE GESAMTVERSCHMUTZUNG DES BODENSEES DURCH ABWASSER.- IN: SÜDWESTDEUTSCHER WASSERWIRTSCHAFTSVERBAND (HRSG.): DER BODENSEE. EINE DENKSCHRIFT. FREIBURG/KARLSRUHE: 53-59.
- SCHLEH, EUGEN (O.J.): FÄCAL-RESERVOIR MIT ABSORPTIONS-VORRICHTUNG UND FESTER ENTLERUNGSLAUF.- .
- SCHLICK, WILLY (O.J.): DIE FESTSITZENDEN ORGANISMEN ALS MITTEL ZUR KENNZEICHNUNG DER VORGÄNGE IN EINER KLÄRANLAGE.- DISS., LEIPZIG.
- SCHLOZ, THOMAS [RED.] (1990): GUTACHTEN ZU ÖKOLOGIE UND UMWELTSCHUTZ.- INFORMATIONENZENTRUM RAUM U. BAU D. FRAUNHOFER-GES., 2. AUFL., IRB-VERL., STUTTGART, 128 S.
- SCHLUFF, REINHOLD (1990): UNTERDRUCKENTWÄSSERUNG (ANWEISUNG FÜR PLANUNG, FINANZIERUNG, BAU UND BETRIEB.- EIGENVERLAG.
- SCHMIDT, H (1903): DER HEUTIGE STAND DER ABWASSERKLÄRUNGSFRAGE UND DIE REINERHALTUNG UNSERER VORFLUTER.- LEINWEBER, LEIPZIG.
- SCHMIDT, S. (1975): DIE FAUNENANALYSE IN TROPFKÖRPERN UND BELEBTSCHLAMMANLAGEN UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER CILIATEN ALS HILFSMITTEL ZUR BEURTEILUNG DER BIOLOGISCHEN LEISTUNG VON VOLLBIOLOGISCHEN KLÄRANLAGEN.- DIPL.-ARBEIT UNIV. WÜRZBURG, 94 S.
- SCHMIDT, W. [HRSG. FÜR DIE KÖRBER STIFTUNG] (1986)\*: VON 'ABWASSER' BIS 'WANDERN' - EIN WEGWEISER ZUR UMWELTGESCHICHTE.- KÖRBER STIFTUNG, HAMBURG: 224 S.
- SCHMIDTMANN & PROSKAUER (1897): DER STAND DER STÄDTEREINIGUNGSFRAGE.- HIRSCHWALD, BERLIN.
- SCHMIDTMANN (1901): GUTACHTEN BETREFFEND FLUSSREINHALTUNG UND VERFAHREN FÜR ABWÄSSER-REINIGUNG.- VIERTELJAHRSSCHRIFT FÜR GERICHTL. MED. U. ÖFF. SANITÄTSWESEN 11 (BERLIN), 3. FOLGE, 11. SUPPL. I-XLII.
- SCHMIDTMANN, A. & K. THUMM (1911): .- IN: RUBNER'S HANDBUCH DER HYGIENE II Bd. 2 ABTLG. WASSER UND ABWASSER: 162 U. 205.
- SCHMIDTMANN, A.L. (1898): GUTACHTEN BETREFFEND STÄDTEKANALISATION UND NEUE VERFAHREN FÜR ABWÄSSERREINIGUNG.- HIRSCHWALD, BERLIN.
- SCHMITT-BIEGEL, B. (1989)\*: ABHÄNGIGKEIT DER BIOLOGISCHEN SELBSTREINIGUNGSKRAFT IM RHEIN UND RHEINBEEINFLUSSTEN GRUNDWASSER VON DER WASSERFÜHRUNG.- ABSCHLUSSBERICHT, DVGW-FORSCHUNGSVORHABEN, STADTWERKE MAINZ AG, ABTEILUNG WASSERVERSORGUNG. MAINZ: 80 S.
- SCHNAPPAUF, JOHANN (1976): FRÜHE WASSERVERSORGUNG BESONDERS IN DEUTSCHLAND.- DISS. PHIL., BOCHUM.
- SCHNEIDER (O.J.): ENTWICKLUNG DER INDUSTRIELLEN VERARBEITUNG DER ABFUHRSTOFFE.- .
- SCHNEIDER, A. (1980): ABWASSERREINIGUNG MITTELS PFLANZEN. PROBLEMATIK DER KANALISATION.- GESUNDES WOHNEN 3, INSTITUT FÜR BAUBIOLOGIE, ROSENHEIM.
- SCHNEIDER, C. H (1886): ZUR LÖSUNG DER FÄKALFRAGE GRÖßERER STÄDTE. - .
- SCHNEIDER, C. H (O.J.): DIE VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE DURCH ABFALLWÄSSER GRÖßERER STÄDTE UND IHRE VERHÜTUNG.- .
- SCHNEIDER, C. H. (O.J.): ZUR ENTWICKLUNG DER INDUSTRIELLEN VERARBEITUNG DER ABFUHRSTOFFE.- .
- SCHNEIDMADL, J., T. HILLENBRAND, E. BÖHM & J. LANGE (1999)\*: VERGLEICH DER STOFFFLÜSSE VON ABWASSERKONZEPTEN MIT UND OHNE TEILSTROMBEHANDLUNG.- WASSER & BODEN 11:14-20.
- SCHNETTER, M. (1952): DIE VOGELWELT DES FREIBURGER RIESELGUTES.- MITTEILUNGEN DES BADISCHEN LANDESVEREINS FÜR NATURKUNDE UND NATURSCHUTZ 6: 290-309.
- SCHÖBERL, P., BOCK, K.J. & HUBER, L. (1988)\*: ÖKOLOGISCH RELEVANTE DATEN VON TENSIDEN IN WASCH- UND REINIGUNGSMITTELN. SACHSTANDSBERICHT DER ARBEITSGRUPPEN „ABBAU/ELIMINATION“ UND „BIOTESTE“ IM HAUPTAUSSCHUSS DETERGENTEN UNTER DER LEITUNG VON DR. K. J. BOCK, DR. L. HUBER UND DR. P. SCHÖBERL.- TENSIDE, DETERGENTS 25 (3/4): 86-107.
- SCHÖNBERGER, HARALD (1994)\*: REDUKTION DER ABWASSERBELASTUNG IN DER TEXTILINDUSTRIE.- UBA TEXTE 3/94 (FORSCHUNGSBERICHT 102 06 511, UBA-FB 93-143): 528 S. (+ANHANG).
- SCHÖNBORN, ANDREAS & BRIGITTA ZÜST (1994)\*: LANGZEITERFAHRUNGEN MIT DEM SAND-PFLANZEN-FILTER SCHATTEWEID - ZWISCHENBER. DER BETRIEBSJAHRE 5-7 (1990-1992). - ZENTRUM FÜR ANGEWANDTE ÖKOLOGIE SCHATTEWEID 1/94.
- SCHORLER, B. (1893)\*: DIE BEDEUTUNG DER VEGETATION FÜR DIE SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE.- GES. ISIS I. DRESDEN 5.
- SCHORLER, B. (1895)\*: DIE BEDEUTUNG DER VEGETATION FÜR DIE SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE.- GES. ISIS I. DRESDEN 7.
- SCHRAMM, ENGELBERT (1991): UNSER MÜLLNOTSTAND WURZELT IN DER GESCHICHTE.- IN: UNIVERSITAS 2: 119-128.
- SCHRAMM, ENGELBERT (1994): DAS GEWÄSSERPOLITISCHE DILEMMA - SIND UNSERE WASSERPROBLEME MIT NACHSORGENDER TECHNOLOGIE AUF DAUER LÖSBAR ?.- IN: POLITISCHE ÖKOLOGIE - NATURTRÜB ODER GLASKLAR? SONDERHEFT 5: 8-11.

- SCHRAMM, ENGLEBERT (1984): SODA-INDUSTRIE UMD UMWELT IM 19. JAHRHUNDERT.- TECHNIKGESCHICHTE 51(3):190-214.
- SCHRAMM, ENGLEBERT (1997)\*: IM NAMEN DES KREISLAUFS, IDEENGESCHICHTE DER MODELLE VOM ÖKOLOGISCHEN KREISLAUF.- VERLAG FÜR INTERKULTURELLE KOMMUNIKATION, FRANKFURT: 338 S.
- SCHREIER, K. (1941)\*: STAND UND ZUKUNFT DER ABWASSERREINIGUNG IN DEUTSCHLAND.- DIE STÄDTEREINIGUNG 33: 111FF.
- SCHRÖDER & LORENT (1872): BERICHT ÜBER DIE VON CAPITÄN LIERNUR IN AMSTERDAM AUSGEFÜHRTEN EINRICHTUNGEN ZUR ENTFERNUNG DER FÄCALSTOFFE.- VIERTELJAHRSSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 4:486.
- SCHRÖDER, R. (1993): DER EINSATZ PHENOLISCHER DESINFIZIENSMITTEL IM KRANKENHAUS.- HYG. MED. 18: 575.
- SCHUA, L. & R. SCHUA (1981)\*: WASSER - LEBENSELEMENT UND UMWELT. DIE GESCHICHTE DES GEWÄSSERSCHUTZES IN IHREM ENTWICKLUNGSGANG DARGESTELLT UND DOKUMENTIERT.- ORBIS ACADEMICUS, ALBER-VERLAG, FREIBURG, MÜNCHEN, 358 S.
- SCHUBARTH, E V (1883): BERLIER'S PNEUMATISCHES SYSTEM.- SEYDEL, BERLIN.
- SCHÜLE, EVA-MARIA & KATRIN SCHWINEKÖRPER (1988)\*: KULTURHISTORISCHE UNTERSUCHUNG DER WIESENBEWÄSSERUNG IN FREIBURG IM BR.- DIPLOMARBEIT, INST. FÜR LANDSCHAFTS- UND PFLANZENÖKOLOGIE DER UNI HOHENHEIM: 196 S.
- SCHULTE, ARNOLD (1924): DIE ABWÄSSERBESEITIGUNG IN FREIBURG I.BR.- DISS. MED., A.L.-UNIVERSITÄT, FREIBURG I.BRS.G.
- SCHULTZ, A (1886): ZUR STÄDTEREINIGUNGS-FRAGE: EINE STUDIE MIT BESONDERER RÜCKSICHT AUF VERHÄLTNISS VON BERLIN.- DECKER, BERLIN.
- SCHULTZ, P. (1890): DIE WISSENSCHAFTLICHE BEGRÜNDUNG DER SCHWEMMKANALISATION.- ARCHIV FÜR RATIONELLE STÄDTEENTWÄSSERUNG 3(1890) 302FF.
- SCHULTZE-NAUMBURG, PAUL (1904)\*: DIE LAUFENBURGER STROMSCHNELLEN.- DER KUNSTWART 18/1:19-22.
- SCHULZ, HEINZ (1996)\*: BIOGAS-PRAXIS - GRUNDLAGEN, PLANUNG, ANLAGENBAU, BEISPIELE.- ÖKOBUCH, STAUFEN BEI FREIBURG, 187 S.
- SCHULZE-BERNDT, M. (1914): DIE GESCHICHTE DER CHEM. INDUSTRIE IN DEUTSCHLAND SEIT DEM JAHRE 1875 - EINE VOLKSWIRTSCHAFTLICHE STUDIE.- HALLE.
- SCHURY (1905): DIE BIOLOGISCHE VERSUCHSKLÄRANLAGE DER STADT STUTTGART AUF DER PRAG.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 5:1-59.
- SCHUSTER, GOTTFRIED (1892): DAS ERD-CLOSET-SYSTEM.- CHRISTEN, AARAU.
- SCHWARZ, O. (1992): GRUNDWASSERANREICHERUNG IM MOOSWALD BEI FREIBURG.- BERICHT ÜBER DIE ERGEBNISSE IN DEN ERSTEN DREI HYDROLOGISCHEN JAHREN 1987-1989.- MITTEILUNGEN DER FORSTLICHEN VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT BADEN WÜRTTEMBERG, FREIBURG I.BR., HEFT 169: 43 S.
- SCHWEDER (1899): DIE GROSSLICHTERFELDER VERSUCHSANLAGE ZUR REINIGUNG STÄDTISCHER ABWÄSSER, IHR SCHLUSSEERGEBNIS UND NUTZANWENDUNG.- LEINWEBER, LEIPZIG.
- SCHWEDER, B (1875): DIE SPÜLJAUCHENRIESELUNG BEI DANZIG.- WIEGANDT, HEMPE & PAREY, BERLIN.
- SCHWEINFURTH, H.; R. LÄNGE & P.W. SCHNEIDER (1996)\*: ENVIRONMENTAL RISK ASSESMENT IN THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY 3RD EUROLAB SYMPOSIUM. TESTING AND ANALYSIS FOR INDUSTRIAL COMPETITIVENESS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT. PROCEEDINGS 5.-7. JUNE 1996, BERLIN
- SCHWINEKÖRPER, KATRIN, EVA MARIA SCHÜLE & WERNER KONOLD (1996): ZUR GESCHICHTE DER WÄSSERUNGSGENOSSENSCHAFTEN AM BEISPIEL DER STADT FREIBURG.- ALEMANNISCHES JAHRBUCH 1995/96, KONKORDIA VERLAG BÜHL/BADEN:257-292.
- SCOTT, ADAM (1874): DAS LIERNUR'SCHE SYSTEM.- PUBLIC HEALTH 2:350,374.
- SCOTT, ADAM (1874): DIE CANALISATIONSFRAGE UND DAS LIERNUR'SCHE SYSTEM ZUR STÄDTEREINIGUNG.- SANITARY RECORD 1:353-394.
- SCOTT, ADAM (1876): DAS LIERNUR'SCHE SYSTEM IN HOLLAND.- PUBLIC HEALTH 4: 495.
- SEIDEL, K. & R. KICKUTH (1970)\*: PHYSIOLOGISCHE LEISTUNGEN HÖHERER PFLANZEN IN IHRER ÖKOLOGISCHEN BEDEUTUNG.- WASSER U. BODEN 2: 38-40.
- SEIDEL, K. (1963)\*: ÜBER PHENOLSPICHERUNG UND PHENOLABBAU IN WASSERPFLANZEN.- NATURWISSENSCHAFTEN 50(1963) 452FF.
- SEIDEL, K. (1964)\*: ABBAU VON BACTERIUM COLI DURCH HÖHERE WASSERPFLANZEN.- NATURWISSENSCHAFTEN 51: 395.
- SEIDEL, K. (1965)\*: WASSERPFLANZEN ALS AKKUMULATOREN UND IHRE ANATOMISCH-PHYSIOLOGISCHE ANPASSUNG.- GEWÄSSER UND ABWÄSSER 14: 42-51.
- SEIDEL, K. (1966A)\*: REINIGUNG VON GEWÄSSERN DURCH HÖHERE PFLANZEN.- DIE NATURWISSENSCHAFTEN 53: 289-297.
- SEIDEL, K. (1966B)\*: BIOLOGISCHER SCHUTZ UNSERER SEEN DURCH PFLANZEN.- ÖSTERR. FISCHEREI 20.
- SEIDEL, K. (1967)\*: ÜBER DIE SELBSTREINIGUNG NATÜRLICHER GEWÄSSER.- NATURWISSENSCHAFTEN 63: 286-291.
- SEIDEL, K. (1978)\*: GEWÄSSERREINIGUNG DURCH HÖHERE PFLANZEN.- GARTEN UND LANDSCHAFT 1:9-17.
- SEIDEL, K. (1983)\*: KLEINE PFLANZENKLÄRANLAGEN, LIMNOLOGIE IN STICHWORTEN.- WASSERKALENDER: 119-141.
- SEIDEL, K. [HRSG.] (1987)\*: LEGIONELLEN - BEITR. ZUR BEWERTUNG E. HYGIEN. PROBLEMS.- FISCHER, STUTTGART; NEW YORK: 170 S.
- SEIDEL, L. (1866): VERGLEICHUNG DER SCHWANKUNGEN DER REGENMENGEN MIT DEN SCHWANKUNGEN IN DER HÄUFIGKEIT DES TYPHUS IN MÜNCHEN.- ZEITSCHRIFT FÜR BIOLOGIE 2: 145FF.
- SEILER, H. (1976): DIE GEWÄSSERBENUTZUNGEN UND IHRE RECHTSGRUNDLAGEN IM VERLAUF DER GESCHICHTE DES WASSERRECHTS. EIN VERGLEICHENDER ÜBERBLICK.- DISS. JUR., UNIVERSITÄT, BONN.
- SELIGO, A. (1897): OPFERSTRECKEN.- DEUTSCHE FISCHEREI-ZEITUNG.
- SENATSWERKSTÄTTEN F. BAU- UND WOHNUNGSWESEN (1995)\*: MERKBLATT „BETRIEBSWASSERNUTZUNG IN GEBÄUDEN“ - AUSWERTUNG DER BERLINER MODELLVORHABEN UND DER BETRIEBSWASSERTAGUNG VOM 9.2.1995.- REFERAT ÖKOLOGISCHER STÄDTEBAU, WÜRTEMBERGISCHE STRASSE 6-10, 10707 BERLIN.
- SIEDAMGROTZKY (O.J.): BEITRAG ZUR LÖSUNG DER FRAGE DER ZWECKMÄSSIGSTEN UND BILLIGSTEN KANALISATION IN MITTLEREN UND KLEINEN STÄDTEN.- (SEPARATUM).
- SIEFERLE, ROLF PETER (1984)\*: FORTSCHRITTSFEINDE ? OPPOSITION GEGEN TECHNIK UND INDUSTRIE VON DER ROMANTIK BIS ZUR GEGENWART.- BECK, MÜNCHEN, 310 S.
- SIEKER, F. (1993A)\*: EIN NEUER WEG DER REGENWASSERENTSORGUNG.- IN: KOMMUNALE UMWELT-AKTION [HRSG.] SCHRIFTENREIHE DER KOMMUNALEN UMWELT-AKTION HEFT 16, HANNOVER 60-65.
- SIEKER, F. (1993B)\*: PLÄDOYER FÜR DIE ALLGEMEINE ANWENDBARKEIT DES VERSICKERUNGSPRINZIPI.- SUG NR. 23, S. 3 FF.
- SIEKER, F. (1996)\*: DEZENTRALE REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG ALS BEITRAG DER SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT ZUR HOCHWASSERDÄMPFUNG.- SUG 34: 21-35.
- SIEMEN, BIRGIT (1993): ÖKOLOGISCHE ASPEKTE DER SULFIZELLSTOFF-

- HERSTELLUNG IN DEUTSCHLAND UM DIE JAHRHUNDERTWENDE.- DISS. UNI HAMBURG.
- SIMSON, J.V. (1978)\*: DIE FLUSSVERUNREINIGUNGSFRAGE IM 19. JAHRHUNDERT.- VIERTELJAHRSSCHRIFT FÜR SOZIAL- UND WIRTSCHAFTSGESCHICHTE 65 (3)\*:370-390.
- SIMSON, J.V. (1983)\*: KANALISATION UND STÄDTEHYGIENE IM 19. JAHRHUNDERT.- TECHNIKGESCHICHTE IN EINZELDARSTELLUNGEN Bd. 39, VDI-VERLAG, DÜSSELDORF: 203 S.
- SINGER, CARL (1895): DIE ABMINDERUNG DER STERBLICHKEITZIFFER MÜNCHENS. EIN BEITRAG ZUR FRAGE DER EINWIRKUNG HYGIENISCHER UND SOZIALPOLITISCHER MASSNAHMEN AUF DIE GESUNDHEIT DER STÄDTE.- MÜNCHEN.
- SINGER, CARL (1902): DIE ABMINDERUNG DER STERBLICHKEITZIFFER MÜNCHENS.- IN: FESTSCHRIFT DER 27. VERSAMMLUNG DES DEUTSCHEN VEREINS FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE, GEWIDMET DER STADT MÜNCHEN: 22-35, MÜNCHEN.
- SLATER, J.- W (1888): SEWAGE TREATMENT, PURIFICATION, AND UTILIZATION.- WHITTAKER, LONDON.
- SMITH, NORMAN (1976): MENSCH UND WASSER- GESCHICHTE UND TECHNIK DER BEWÄSSERUNG UND TRINKWASSERVERSORGUNG VOM MITTELALTER BIS HEUTE.- PFRIEMER (BAUVERLAG GmbH), WIESBADEN, BERLIN, 239 S.
- SMITH, R.A. (1872): AIR AND RAIN: THE BEGINNINGS OF CHEMICAL CLIMATOLOGY.- LONGMANS, GREEN, LONDON:600 S.
- SOMMARUGA, HUGO FRH. V. (1874): DIE STÄDTEREINIGUNGS-SYSTEME IN IHRER LAND- UND VOLKSWIRTSCHAFTLICHEN BEDEUTUNG.- BUCHHDLG.D.WAISENHA., HALLE, 180 S.
- SONTHEIMER, HEINRICH & ERICH VÖLKER (1987)\*: CHARAKTERISIERUNG VON ABWASSEREINLEITUNGEN AUS DER SICHT DER TRINKWASSERVERSORGUNG (ABSCHLUSSBERICHT ZUM FORSCHUNGSVORHABEN 02-WT 101).- VERÖFFENTLICHUNGEN DES BEREICHS UND DES LEHRSTUHL FÜR WASSERCHEMIE UND DER DVGW-FORSCHUNGSSTELLE AM ENGLER-BUNTE-INSTITUT DER UNIVERSITÄT KARLSRUHE 31: 138 + 44S.
- SOTO, ANA M., KERRIE L. CHUNG & CARLOS SONNENSCHNEIN (1994)\*: THE PESTICIDES ENDOSULFAN, TOXAPHENE AND DIELDRIN HAVE ESTROGENIC EFFECTS ON HUMAN ESTROGEN-SENSITIVE CELLS.- ENVIRONMENTAL HEALTH PERSPECTIVES 102(4): 380-383.
- SOYKA, J (1880): KRITIK DER GEGEN DIE SCHWEMMKANALISATION ERHOBENEN EINWÄNDE. VORWORT MAX VON PETTENKOFER.- RIEGER, MÜNCHEN.
- SOYKA, J (1885): UNTERSUCHUNGEN ZUR KANALISATION.- OLDENBOURG, MÜNCHEN.
- SOYKA, J (1889): ZUR THEORIE UND PRAXIS DER DESINFECTION.- KORNFELD, BERLIN.
- SPELTHAHN, SABINE (1994)\*: PRIVATISIERUNG NATÜRLICHER MONOPOLE - THEORIE UND INTERNATIONALE PRAXIS AM BEISPIEL WASSER UND ABWASSER.- GABLER, WIESBADEN: XIV + 244 S.
- SPEZLER, O (1885): DIE WASSERVERSORGUNG DER WOHNGEBÄUDE, DIE BESEITIGUNG DER SCHMUTZWASSER UND DER ABFALLSTOFFE ..- BIELEFELD, KARLSRUHE.
- SPIEGEL, LEOPOLD (1903): DER STICKSTOFF UND SEINE WICHTIGSTEN VERBINDUNGEN.- VIEWEG, BRAUNSCHWEIG.
- SPIESS, ALEXANDER (1871): UEBER DAS MOULE'SCHE ERDCLOSETT VON DR. BUCHANAN.- DEUTSCHE VIERTELJAHRSSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 3(1): 80-104.
- SPINDLER, HEINRICH (1896): DIE UNSCHÄDLICHMACHUNG DER ABWASSER IN WÜRTTEMBERG.- ENKE, STUTTGART.
- SPITTA, O. & WELDERT, R. (1906): INDIKATOREN FÜR DIE BEURTEILUNG BIOLOGISCH GEREINIGTER ABWÄSSER.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 6:160-.
- SPITTA, O. (1900A)\*: UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE VERUNREINIGUNG UND SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE. TEIL I.- ARCHIV FÜR HYGIENE 38: 160-213.
- SPITTA, O. (1900B)\*: UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE VERUNREINIGUNG UND SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE. TEIL II: OXYDATIVE VORGÄNGE IM FLUSSWASSER.- ARCHIV FÜR HYGIENE 38: 215-265.
- SPITTA, O. (1900C)\*: UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE VERUNREINIGUNG UND SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE. TEIL III.- ARCHIV FÜR HYGIENE 38: 266-293.
- SPLITTGERBER, A. (1917A)\*: DIE IN LITERATUR UND PRAXIS GEMACHTEN FORTSCHRITTE AUF DEM GEBIETE DER UEBERWACHUNG DER FLÜSSE.- WASSER U. GAS 7 (13/14): 165-176.
- SPLITTGERBER, A. (1917B)\*: ÜBER BIOLOGISCHE FLUSSUNTERSUCHUNGEN MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES RHEINS UND NECKARS IN DER GEGEND VON MANNHEIM.- WASSER U. GAS 8 (5/6): 49-64.
- SPLITTGERBER, A. (1919A)\*: GEDANKEN ZUR DURCHFÜHRUNG DER REGELMÄSSIGEN UEBERWACHUNG DER DEUTSCHEN STRÖME.- WASSER U. GAS 10 (6): 220-221.
- SPLITTGERBER, A. (1919B)\*: ZUR UEBERWACHUNG DER DEUTSCHEN STRÖME.- WASSER U. GAS 9: 55-58.
- SPLITTGERBER, A. (1920)\*: WEITERE BEITRÄGE ZUR UEBERWACHUNG DER FLÜSSE UND STRÖME.- WASSER U. GAS 10 (10): 371-384.
- SPREE, REINHARD (1981)\*: SOZIALE UNGLEICHHEIT VOR KRANKHEIT UND TOD. ZUR SOZIALGESCHICHTE DES GESUNDHEITSBEREICHS IM DEUTSCHEN KAISERREICH.- GÖTTINGEN.
- SPREE, REINHARD (1986)\*: VERÄNDERUNGEN DES TODESURSACHEN-PANORAMAS UND SOZIOÖKONOMISCHER WANDEL - EINE FALLSTUDIE ZUM "EPIDEMOLOGISCHEN ÜBERGANG".- IN: GERAD GÄFGEN [HRSG.]: ÖKONOMIE DES GESUNDHEITSWESEN: 73-100 (= SCHRIFTEN DES VEREINS FÜR SOCIALPOLITIK, GESELLSCHAFT FÜR WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN, NF Bd.1 59).
- SPREE, REINHARD (1991)\*: HISTORISCHE STATISTIK DES GESUNDHEITSWESEN.- IN: DIETRICH, N. ET.AL.: HISTORISCHE STATISTIK IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND, STUTTGART: 107-126.
- SPREE, REINHARD (1992)\*: DER RÜCKZUG DES TODES - DER EPIDEMIOLOGISCHE ÜBERGANG IN DEUTSCHLAND WÄHREND DES 19. UND 20. JAHRHUNDERTS.- KONSTANZ 1992.
- STACHE, H. & H. GROSSMANN (1992)\*: WASCHMITTEL - AUFGABEN IN HYGIENE UND UMWELT.- SPRINGER, BERLIN ETC.
- STADT FREIBURG [HG.] (1898)\*: DIE KANALISATION, DIE RIESELFELDER UND DEREN BETRIEB.- FREIBURG I. BR.
- STADTRATH DER STADT FREIBURG (1889): VORTRAG DES STADTRATHS DER STADT FREIBURG AN DEN BÜRGERAUSSCHUSS ÜBER DEN AUSBAU DER KANALISATION UND DIE ANLAGE VON RIESELFELDERN ZUR REINIGUNG UND VERWERTHUNG DER SÄMTLICHEN STÄDTISCHEN ABWÄSSER.- FREIBURG.
- STAMMER, KARL (1885): DIE REINIGUNG DER STÄDTISCHEN ABWÄSSER UND DIE REINHALTUNG DER ÖFFENTLICHEN WASSERLÄUFE.- NESSEL & SCHWEITZER, Breslau.
- STAN, HANS-JÜRGEN, THOMAS HEBERER & MANFRED LINKERHÄGNER (1994)\*: VORKOMMEN VON CLOFIBRINSÄURE IM AQUATISCHEN SYSTEM - FÜHRT DIE THERAPEUTISCHE ANWENDUNG ZU EINER BELASTUNG VON OBERFLÄCHEN-, GRUND- UND TRINKWASSER?.- VOM WASSER 83: 57-68.
- STAUDENMANN, JÜRIG (1994)\*: ABWASSERREINIGUNG IN AQUAKULTURANLAGEN - EIN BEITRAG ZU EINEM NACHHALTIGEN RESSOURCENHAUSHALT?.- DIPLOMARBEIT AN DER ETH ZÜRICH: 57S.



- STAUDENMANN, JÜRIG, ANDREAS SCHÖNBORN & CARL ETNIER [HRSG.] (1996)\*: RECYCLING THE RESOURCE - ECOLOGICAL ENGINEERING FOR WASTEWATER TREATMENT (PROCEEDING OF THE SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON ECOLOGICAL ENGINEERING FOR WASTEWATER TREATMENT 1995 WÄDENSWIL, ZÜRICH).- TRANSTEC PUBLICATIONS, ZÜRICH (ENVIRONMENTAL RESEARCH FORUM 5-6): 479 S.
- STEBER, J., GUHL, W. & GODE, P. (1988)\*: FETTALKOHOLSULFATE - DIE ÖKOLOGISCHE ABSICHERUNG EINER WICHTIGEN GRUPPE VON WASCHMITTELTENSIDEN.- FAT SCIENCE AND TECHNOLOGY 90 (1): 32- 38.
- STECKER, ARMIN; HUHN, VOLKER (1993)\*: BMFT-VERBUNDPROJEKT - MÖGLICHKEITEN EINER NATURNAHEN REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG IN SIEDLUNGSGEBIETEN.- IN: KOMMUNALE UMWELT-AKTION [HRSG.] SCHRIFTENREIHE DER KOMMUNALEN UMWELT-AKTION HEFT 16, HANNOVER: 79-82.
- STEGE-HARTMANN, T. (1996)\*: ANALYTIK UND ÖKOTOXIKOLOGIE KLINIKSPEZIFISCHER ABWASSERINHALTSSTOFFE MIT SCHWERPUNKT AUF DIE ZYTOSTATIKA CYCLOPHOSPHAMID UND IFOSFAMID.- DISSERTATION BIOLOGIE, A.L.-UNIVERSITÄT FREIBURG I.Br., 176 S.
- STEGE-HARTMANN, T., H. DÜRHOFT, J. EICH & E. WAGNER (1995)\*: DER LEITFÄHIGKEITSTEST - EIN TESTSYSTEM ZUR ERMITTLUNG DER MEMBRANTOXISCHEN EIGENSCHAFTEN VON SUBSTANZEN.- IN: 3. STATUSKOLLOQUIUM PROJEKT „ANGEWANDTE ÖKOLOGIE“, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BAD.-WÜRTTEMBERG., BAND 12: 331-343.
- STEGE-HARTMANN, T., KÜMMERER, K., HARTMANN, A. (1996)\*: BIOLOGICAL DEGRADATION OF CYCLOPHOSPHAMIDE AND ITS OCCURRENCE IN SEWAGE WATER. ECOTOXICOL. ENVIRON. SAF. 36, 174-179.
- STEGE-HARTMANN, T., LÄNGE, R., SCHWEINFURTH, H. (1998)\*: UMWELTVERHALTEN UND ÖKOTOXIKOLOGISCHE BEWERTUNG VON IODHALTIGEN RÖNTGENKONTRASTMITTELN. VOM WASSER 91, 185-194.
- STEGE-HARTMANN, T., LÄNGE, R., SCHWEINFURTH, H. (1999)\*: ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT FOR THE WIDELY USED IODINATED X-RAY CONTRAST AGENT IOPROMIDE (ULTRAVIST). ECOTOX. ENVIRON. SAF. (IM DRUCK).
- STEGE-HARTMANN, KLAUS KÜMMERER & JÖRN SCHECKER (1996)\*: TRACE ANALYSIS OF THE ANTINEOPLASTICS IFOSFAMIDE AND CYCLOPHOSPHAMIDE IN SEWAGE WATER BY TWO-STEP SOLID-PHASE EXTRACTION AND GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY.- JOURNAL OF CHROMATOGRAPHY A, 726:179-184
- STEGE-HARTMANN, KLAUS KÜMMERER & A. HARTMANN (1997)\*: BIOLOGICAL DEGRADATION OF CYCLOPHOSPHAMIDE AND ITS OCCURRENCE IN SEWAGE WATER.- ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY 36: 174-179.
- STEPHANOU, EURIPIDES & WALTER GIGER (1982)\*: PERSISTENT ORGANIC CHEMICALS IN SEWAGE EFFLUENTS.- 2. QUANTITATIVE DETERMINATIONS OF NONYLPHENOLS AND NONYLPHENOL ETHOXYLATES BY GLASS CAPILLARY GAS CHROMATOGRAPHY.- ENVIRONMENTAL SCIENCE TECHNOLOGY 16: 800-805.
- STEUERNAGEL, C. & GROSSE-BOHLE, H. (1907): UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS DER NIEDERSCHLÄGE UND DER ABWÄSSER AUF DIE ZUSAMMENSETZUNG DES RHEINWASSERS BEI KÖLN.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 8: 58-99.
- STEUERNAGEL, C. & GROSSE-BOHLE, H. (1908): UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE MECHANISCHE REINIGUNG DES CÖLNER KANALWASSERS IM FLACHBECKEN SOWIE ÜBER DEN EINFLUSS DER EINLEITUNG DER KANALWÄSSER IN DEN RHEIN.- Festschrift zur 80. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte. CÖLN: 126-131.
- STEUERNAGEL, C. (1888)\*: DIE ENTWÄSSERUNGSANLAGEN DER STADT KÖLN.- Festschrift für die Mitglieder und Teilnehmer der 61. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte. KÖLN: 187- 212 (KÖLN).
- STEUERNAGEL, C. (1893)\*: UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE VERUNREINIGUNG DES RHEINS DURCH DIE KÖLNER KANALWÄSSER, SOWIE DIE SELBSTREINIGUNG DESSELBEN.- GESUNDHEITS-INGENIEUR 15: 474-486.
- STEUERNAGEL, C. (1904)\*: DIE PROBEKLÄRANLAGE ZU CÖLN-NIETL UND DIE DASELBST ANGESTELLTEN UNTERSUCHUNGEN UND ERZIELTEN ERGEBNISSE.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 4: 1-124.
- STEUERNAGEL, C. (1905): NACHTRAG ZUR ARBEIT DES HERRN STADTBAURATS STEUERNAGEL "DIE PROBE-KLÄRANLAGE ZU CÖLN-NIEHL UND DIE DASELBST ANGESTELLTEN UNTERSUCHUNGEN UND ERZIELTEN ERGEBNISSE" IN HEFT 4.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 5:175 ff.
- STEUERNAGEL, CARL (1906): DIE ENTWÄSSERUNG DER STADT CÖLN UND DIE UNTERBRINGUNG DER KANALWASSER.- IN: WEYL (1906): DIE ASSANIERUNG DER STÄDTE 1.
- STODDART, F. WALLIES (1900): STODDART'S IMPROVED SEWAGE FILTER: WITH A DESCRIPTION OF THE KNOWLE INSTALLATION.- 2. ED., HODGETTS, LONDON.
- STOKVIS, C.S. (1909): PROTOZOEN UND SELBSTREINIGUNG.- ARCHIV FÜR HYGIENE 71.
- STRELL, MARTIN (1913)\*: DIE ABWASSERFRAGE IN IHRER GESCHICHTLICHEN ENTWICKLUNG VON DEN ÄLTESTEN ZEITEN BIS ZUR GEGENWART.- LEINWEBER, LEIPZIG 1913.
- STRELL, MARTIN (1915)\*: ABWASSER-KLÄRANLAGEN DEUTSCHER STÄDTE. BERICHT ÜBER EINE IM HERBST 1915 AUSGEFÜHRTE AMTLICHE STUDIENREISE.- VERLAG "DIE STÄDTEREINIGUNG", GÖTTINGEN.
- STRELL, MARTIN (1917)\*: ABWÄSSERKLÄRANLAGEN DEUTSCHER STÄDTE.- DIE STÄDTEREINIGUNG (GÖTTINGEN) (1917).
- STRELL, MARTIN (1918): DIE BESEITIGUNG DER ABWÄSSER DER STADT MÜNCHEN, HYGIENISCHE UND WIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG.- DIE STÄDTEREINIGUNG (GÖTTINGEN) (1918).
- STRELL, MARTIN (1933): GRUNDSÄTZLICHES ÜBER HAUSKLÄRANLAGEN MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES SIEDLUNGSWESENS.- ZEITSCHRIFT FÜR GESUNDHEITSTECHNIK 25.
- STRELL, MARTIN (1939): ÜBER HERKUNFT, EIGENSCHAFTEN, SCHÄDLICHKEIT, GIFTIGKEIT, NACHWEIS, BESTIMMUNG UND UNSCHÄDLICHMACHUNG DER ZYANVERBINDUNGEN IM WASSER UND ABWASSER.- GESUNDHEITS-INGENIEUR 62.
- STÜBBEN, J. (1883): EIN NEUES SYSTEM DER BESEITIGUNG DER MENSCHLICHEN ABFALLSTOFFE AUS DEN STÄDTEN (SYSTEM BERLIER).- STRAUSS, BONN.
- STÜBBEN, J. (1894): VORBEUGUNGSMASSREGELN GEGEN WASSERVERGEGUNG.- DEUTSCHER VEREIN FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE (XVIII. VERSAMMLUNG ZU WÜRZBURG): 26: 94-109.
- STÜBIN-LOHRI, MARTIN (1954): VON UNSERER VORVÄTER SORGEN UM DAS WASSER.- CIBA BLÄTTER 123/124.
- STUEWER, U. (1959): SYNTHETISCHE WASCHMITTEL UND IHRE AUSWIRKUNGEN AUF KLÄRANLAGEN UND VORFLUTER.- STÄDTEHYGIENE 5: 85ff.
- STUTZER, A. & KNUBLAUCH, O. (1894A)\*: UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN BAKTERIENGEHALT DES RHEINWASSERS OBERHALB UND UNTERHALB DER STADT KÖLN.- CENTRALBLATT FÜR ALLGEMEINE GESUNDHEITSPFLEGE 13: 123-133.
- STUTZER, A. & KNUBLAUCH, O. (1894B)\*: UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN BAKTERIENGEHALT DES RHEINWASSERS OBERHALB UND UNTERHALB

- DER STADT KÖLN. (SCHLUSS).- CENTRALBLATT FÜR ALLGEMEINE GESUNDHEITSPFLEGE 13: 165-179.
- SÜHNEL, KLAUS & FRANK BAUMANN (1994): DIE ENTWICKLUNG DER ENTPHENOLUNGSTECHNOLOGIE IN DEN LEUNAWERKEN - EIN BEITRAG ZUR UMWELTGESCHICHTE IN MITTELDEUTSCHLAND.- JAHRESTAGUNG DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER, TAGUNGSBEITRAG.
- SYDOW, JÜRGEN [HRSG.] (1981): STÄDTISCHE VERSORGUNG UND ENTSORGUNG IM WANDEL DER GESCHICHTE. STADT IN DER GESCHICHTE Bd. 8.- SIGMARINGEN.
- TALMAGE, SYLVIA S. (1994)\*: ENVIRONMENTAL AND HUMAN SAFETY OF MAJOR SURFACTANTS - ALCOHOL ETHOXYLATES AND ALKYLPHENOL ETHOXYLATES.- LEWIS PUBLISHERS, LONDON: 368 S.
- TARR, J.A. & McMICHAEL, F.C. (1977)\*: THE EVOLUTION OF WASTEWATER TECHNOLOGY AND THE DEVELOPMENT OF STATE REGULATION - A RETROSPECTIVE ANALYSIS.- IN: TARR, J.A. [HRSG.]: RETROSPECTIVE TECHNOLOGY ASSESSMENT, SAN FRANCISCO: 165-190.
- TARR, J.A. (1979)\*: THE SEPARATE VERSUS COMBINED SEWER PROBLEM - A CASE STUDY IN URBAN TECHNOLOGY DESIGN CHOICE.- JOURNAL OF URBAN HISTORY 5: 308-339.
- TARR, J.A. (1985)\*: THE SEARCH FOR THE ULTIMATE SINK - URBAN AIR, LAND AND WATER POLLUTION IN HISTORICAL PERSPECTIVE.- IN: BAILES, K.E. (HRSG.); ENVIRONMENTAL HISTORY: 516-552.
- TARR, J.A. (1988)\*: SEWERAGE AND THE DEVELOPMENT OF THE NETWORKED CITY IN THE UNITED STATES.- IN: TARR, JOEL.A. & DUPUY, GABRIEL: TECHNOLOGY AND THE RISE OF THE NETWORKED CITY IN EUROPE AND AMERICA, PHILADELPHIA: 159-185.
- TARR, J.A., J. McCURLEY, F. McMICHAEL & T.F. YOSIE (1984)\*: WATER AND WASTES: A RETROSPECTIVE ASSESSMENT OF WASTEWATER TECHNOLOGY IN THE UNITED STATES, 1800-1932.- TECHNOLOGY AND CULTURE 25(2):226-263.
- TARR, JOEL.A. & DUPUY, GABRIEL [HRSG.] (1988)\*: TECHNOLOGY AND THE RISE OF THE NETWORKED CITY IN EUROPE AND AMERICA.- PHILADELPHIA.
- TEALE, T PRIDGIN - M.A. (LEEDS) (1888): LEBENSGEFAHR IM EIGENEN HAUSE - EIN ILLUSTRIRTER FÜHRER ZUR ERKENNUNG GESUNDHEITLICHER MÄNGEL IM WOHNHAUSE, FÜR DEUTSCHE VERHÄLTNISS BEARBEITET VON WANDSLEBEN, H.- LIPSUS & FISCHER, KIEL & LEIPZIG.
- TERNES, T.A. (1998)\*: ARZNEIMITTLRÜCKSTÄNDE IN GEWÄSSERN UND KLÄRANLAGEN; IN: ARZNEIMITTEL IN GEWÄSSERN - RISIKO FÜR MENSCH, TIER UND UMWELT? TAGUNGSBAND (HRSG. HESS. LANDESANSTALT FÜR UMWELT), TAGUNG AM 4. JUNI 1998, LANDESMUSEUM WIESBADEN.
- TEUTEBERG, H.J. & C. WISCHERMANN [HRSG.] (1985): WOHNALLTAG IN DEUTSCHLAND 1850-1914 - BILDER, DATEN, DOKUMENTE.- STUDIEN ZUR GESCHICHTE DES ALLTAGS 3, MÜNSTER.
- TEUTEBERG, HANS-JÜRGEN [HRSG.] (1985): GESCHICHTE DER URBANISIERUNG IN DEUTSCHLAND.- SUHRKAMP.
- TEUTEBERG, HANS-JÜRGEN [HRSG.] (1986): STADTWACHSTUM, INDUSTRIALISIERUNG, SOZIALER WANDEL. BEITRÄGE ZUR ERFORSCHUNG DER URBANISIERUNG IM 19. UND 20. JAHRHUNDERT.- BERLIN (=SCHRIFTEN DES VERINS FÜR SOCIALPOLITIK, NF Bd. 156).
- THIENEMANN, AUGUST (1912): ARISTOTELES UND DIE ABWASSERBIOLOGIE.- FESTSCHRIFT D. MED. NATURWISS. GESELLSCH. MÜNSTER (1912): 175-181.
- THIENEMANN, AUGUST (1914): ZUR GESCHICHTE DER BIOLOGISCHEN WASSERANALYSE.- ARCHIV FÜR HYDROBIOLOGIE UND PLANKTONKUNDE 9: 147-149.
- THIENEMANN, AUGUST (1920): DIE WIRKUNG ORGANISCHER VERUNREINIGUNGEN.- ARCHIV FÜR HYDROBIOLOGIE 12: 837 FF.
- THIENEMANN, AUGUST (1925A): PFISTERS MÜHLE, EIN KAPITEL AUS DER BIOLOGISCHEN WASSERANALYSE.- VERH. NATURHISTORISCHEN VER. PREUSSISCHEN RHEINLANDE U. WESTFALENS BONN 82: 317FF.
- THIENEMANN, AUGUST (1925B): WILHELM RAABE UND DIE ABWASSERBIOLOGIE.- MITTEILUNGEN D. GES. D. FREUNDE WILH. RAABE'S, WOLFENBÜTTEL 15: 124FF.
- THOFERN, EDGAR (1981)\*: WASSERVERSORGUNG UND INFEKTIONSKRANKHEITEN - DARGESTELLT AN BEISPIELENE DES 18. UND 19. JAHRHUNDERTS.- SCHRIFTENREIHE DER FRONTINUS-GESELLSCHAFT 4:87-109.
- THOFERN, UNDINE (1994A)\*: REINIGUNG VON INDUSTRIEABWÄSSERN IN PFLANZENKLÄRANLAGEN BEI DER KLÖCKNER-ATAHL, BREMEN.- IN: WASSERREINIGUNG DURCH PFLANZEN, ZENTRALVERBAND GARTENBAU.
- THOFERN, UNDINE (1994B)\*: PFLANZENKLÄRANLAGEN, PRINZIPIEN - VERFAHRENSVARIANTEN - EINSATZMÖGLICHKEITEN.- ZENTRALBLATT FÜR HYGIENE 196: 197-226.
- THOMA, EMIL (1900)\*: DIE RECHTSVERHÄLTNISS DES FREIBURGER GEBIRGSKANALS AUCH MÜHLEBACH ODER ALTER RUNZ GENANNT - GESCHICHTLICH DARGESTELLT IM AUFTRAG DES STADTRATHS.- FREIBURG.
- THOMANN, J. (1900)\*: UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN GEGENWÄRTIGEN STAND DER FRAGE DER VERUNREINIGUNG DER LIMMAT DURCH DIE ABWÄSSER DER STADT ZÜRICH.- ZEITSCHRIFT FÜR HYGIENE 33.
- THOMAS, CARMEN (1993): EIN GANZ BESONDERER SAFT - URIN.- VGS VERLAGSGESELLSCHAFT, KÖLN: 159 S.
- THUMM, K. & A. SCHIELE (1907): DAS FERROCHLOR-VERFAHREN DUYK, SYSTEM HOWATSON.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 8: 1-19.
- THUMM, K. & C. REICHLER (1914): FESTSTELLUNGEN UND ERFABRUNGEN BEI EMSCHERBRUNNEN UND VERWANDTEN ABWASSERBESEITIGUNGSVERFAHREN.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN LANDESANSTALT FÜR WASSERHYGIENE 18:33-47.
- THUMM, K. (1905): AUGENBLICKLICHER STAND DER ABWÄSSERREINIGUNG NACH DEM SOGENANTEN BIOLOGISCHEN VERFAHREN.- MITTEILUNGEN D. DTSCH. LANDWIRTSCH. GES. 23: 157FF.
- THUMM, K. (1911): UEBER ANSTALTS- UND HAUSKLÄRANLAGEN. EIN BEITRAG ZUR ABWÄSSERBESEITIGUNGSFRAGE.- VIERTELJAHRSSCHRIFT FÜR GERICHTLICHE MEDIZIN UND ÖFFENTLICHES SANITÄTSWESEN 11(2).
- TIEDE, H. (1875): SCHWEMMCANALISATION UND BERIESELUNGSSYSTEM ODER PNEUMATISCHE CANALISATION UND DÜNGERFABRIKEN ?.- BERLIN.
- TIEMANN, F & GÄRTNER, A (1889)\*: DIE CHEMISCHE UND MIKROSKOPISCH-BAKTERIOLOGISCHE UNTERSUCHUNG DES WASSERS.- 3.AUFL., VIEWEG, BRAUNSCHWEIG.
- TIEMANN, F & GÄRTNER, A (1895)\*: TIEMANN-GÄRTNER'S HANDBUCH DER UNTERSUCHUNG UND BEURTEILUNG DER WÄSSER.- 4. AUFLAGE, VIEWEG, BRAUNSCHWEIG.
- TRALLS, L (1898): REINIGUNG UND DESINFECTION STÄDTISCHER UND ANDERER ABWÄSSER UND NUTZBARMACHUNG DER FÄKALSTOFFE VOM HYGIENISCHEN UND VOLKSWIRTSCH. STANDPUNKTE AUS.- BERLIN.
- TRAUTNER, JÜRGEN (1998)\*: SIEDLUNGSENTWÄSSERUNG UND ABWASSERBEHANDLUNG - ASPEKTE DES ARTEN- UND BIOTOPSCHUTZES - EIN ÜBERBLICK.- NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPLANUNG 30 (5):147-153.
- U.A.N (KOMMUNALE UMWELT-AKTION) [HRSG.] (1990)\*: ABWASSERKLÄRTEICHE UNBELÜFTET - BELÜFTET.- IN: KOMMUNALE UMWELT-AKTION U.A.N. [HRSG.] SCHRIFTENREIHE DER KOMMUNALEN UMWELT-AKTION U.A.N. HEFT 4, HANNOVER: 98S.
- U.N.A (KOMMUNALE UMWELT-AKTION) [HRSG.] (1993)\*: PRIVATISIERUNG ÖFFENTLICHER AUFGABEN? INFORMATIONEN ZU



- EINEM AKTUELLEN THEMA AM BEISPIEL ABWASSERBESEITIGUNG.- IN: KOMMUNALE UMWELT-AKTION U.A.N. [HRSG.] SCHRIFTENREIHE DER KOMMUNALEN UMWELT-AKTION U.A.N. HEFT 2, HANNOVER: 121 S.
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) [HRSG.] (1994)\*: UNTERSUCHUNGEN ZUR UMWELT- UND SEUCHENHYGIENISCHEN BEWERTUNG NATURNAHER ABWASSERBEHANDLUNGSSYSTEME, DOKUMENTATION, BEWERTUNG UND ANFORDERUNGEN.- UBA TEXTE 60/94, 91 S.
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) [HRSG.] (1994A)\*: STOFFLICHE BELASTUNG DER GEWÄSSER DURCH DIE LANDWIRTSCHAFT UND MASSNAHMEN ZU IHRER VERRINGERUNG.- ERICH SCHMIDT, BERLIN: 208 S.
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) [HRSG.] (1994B)\*: DATEN ZUR UMWELT.- E. SCHMIDT, BERLIN: 688 S.
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) [HRSG.] (1995)\*: REGENWASSERNUTZUNG IM HAUSHALT.- DOKUMENTATION DES FACHGESPRÄCHS AM 14. 2.1995 IN BERLIN.
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) [HRSG.] (1998)\*: TECHNISCHE, ANALYTISCHE, ORGANISATORISCHE UND RECHTLICHE MASSNAHMEN ZUR VERMINDERUNG DER KLÄRSCHLAMMBELASTUNG MIT RELEVANTEN ORGANISCHEN SCHADSTOFFEN UBA-TEXTE NR.35/98.
- UFFELMANN, J. (1891)\*: DIE SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG AUF STÄDTEREINIGUNG.- INAUGURAL-DISSERTATION, SCHWERIN.
- UFFELMANN, J. (1892)\*: DIE SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG AUF STÄDTEREINIGUNG.- BERLINER KLINISCHE WOHENSCHRIFT (1892): 423-427(OD.223-227).
- UHL, M. (1993)\*: AUSWIRKUNGEN DER REGENWASSERVERSICKERUNG AUF KANALNETZ, KLÄRANLAGE UND GEWÄSSER.- IN: KOMMUNALE UMWELT-AKTION [HRSG.] SCHRIFTENREIHE DER KOMMUNALEN UMWELT-AKTION HEFT 16: 20-36, HANNOVER.
- UHLFELDER & J. TILLMANS (1908)\*: DIE FRANKFURTER KLÄRANLAGE.- MITTEILUNGEN AUS DER KÖNIGLICHEN PRÜFUNGSANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG 10:211 FF.
- VAN HASSELT, A.W.M. (1875): DE STRIJD DER GENEESKUNDIGEN TEGEN HET RIOLEN-, LATRINEN- EN MOERAS-VERGIJFT EN BUITEN DE RESIDENTIE.- 'S GRAVENHAGE, GEBR. VAN CLEEF, 58 S.
- VARONA, ADOLFO DE (1882): SEWER GASES: THEIR NATURE & ORIGIN, AND HOW TO PROTECT OUR DWELLINGS.- 2. ED., VAN NOSTRAND, NEW YORK.
- VARRENTRAPP, FRANZ (1869): UEBER BENUTZUNG DES THEMSEWASSERS ALS TRINKWASSER.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 1:443-453.
- VARRENTRAPP, FRANZ (1871): DAS ERD-, GRUBEN-, EIMER- UND MODIFIZIERTE WASSER-CLOSET IN ENGLAND.- VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 3:552.
- VARRENTRAPP, GEORG (1868)\*: UEBER ENTWÄSSERUNG DER STÄDTE, ÜBER WERTH ODER UNWERTH DER WASSERCLOSETTE, ÜBER DEREN ANGEBLICHE FOLGEN - VERLUST WERTHVOLLEN DÜNGERS, VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE, BENACHTHEILIGUNG DER GESUNDHEIT - MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG AUF FRANKFURT A.M.- HIRSCHWALD, BERLIN.
- VARRENTRAPP, GEORG (1872): DIE DIRECTEN UND INDIRECTEN HYGIENISCHEN AUFGABEN EINER SYSTEMATISCHEN STÄDTEENTWÄSSERUNG.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 4:521-526.
- VARRENTRAPP, GEORG (1876): DIE VERUNREINIGUNG DER SEINE BEI PARIS UND DIE MITTEL ZU DEREN BESEITIGUNG.- VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 8:500.
- VARRENTRAPP, GEORG (1877): DAS LIERNUR'SCHE SYSTEM UND SEINE NEUEREN OFFICIELLEN BEURTHEILER.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 9:593-623.
- VARRENTRAPP, GUSTAV (1880): MÜNCHENS CANALISATION.- DEUTSCHE VIERTELJAHRESSCHRIFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE 12: 303-311.
- VATER, W. (1988): 40 JAHRE ATV - ERFAHRUNG UND WISSEN IM DIENSTE DER UMWELT.- WASSER/ABWASSER 129 (12): 776-772 (GWF, DAS GAS- UND WASSERFACH).
- VIBRANS, O (1899): DIE BESEITIGUNG UND REINIGUNG VON ABFALLWÄSSERN UNTER BESONDERER BERÜCKSICHT. DERJENIGEN VON ZUCKERFABRIKEN.- RATHKE, MAGDEBURG.
- VIEHL, K. (1937): UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS WESEN DER SELBSTREINIGUNG UND DER KÜNSTLICHEN BIOLOGISCHEN REINIGUNG DES ABWASSERS.- ZEITSCHRIFT FÜR HYGIENE UND INFektionsKRANKHEITEN 119.
- VIEHL, K. (1939): DER EINFLUSS DER TEMPERATUR AUF DIE SELBSTREINIGUNG DES WASSERS UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER BAKTERIELLEN VERHÄLTNISSE.- ZEITSCHRIFT FÜR HYGIENE UND INFektionsKRANKHEITEN 122.
- VIEHL, K. (1943): ÜBER DEN EINFLUSS DER TEMPERATUR UND DER JAHRESZEIT AUF DIE BIOLOGISCHE ABWASSERREINIGUNG.- ZENTRALBLATT FÜR BAKT. II,ABT. 91(1943) 14FF.
- VIEHL, K. (1950): ÜBER DEN EINFLUSS DER TEMPERATUR AUF DIE BIOLOGISCHEN UMSETZUNGEN IM WASSER UND SCHLAMM UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER WIRKUNG VON WARMWASSEREINLEITUNGEN AUF VORFLUTER.- GESUNDHEITSPFLEGE 71 (21/22): 349-352.
- VIERLING, H.J.G. (1891)\*: DIE FRAGE DER EINLEITUNG DER FÄKALIEN DER STADT MAINZ IN DEN RHEIN.- GUTACHTEN, VORGETRAGEN IN DER SITZUNG DES ORTSGESUNDHEITSRATHES VOM 22. APRIL 1891. ALS MANUSKRIP T GEDRUCKT. DRUCK VON FLORIAN KUPFERBERG, MAINZ: 27 S.
- VIGARELLO, GEORGES (1992)\*: WASSER UND SEIFE, PUDER UND PARFÜM - GESCHICHTE DER KÖRPERHYGIENE SEIT DEM MITTELALTER.- CAMPUS-VERL., FRANKFURT/MAIN; NEW YORK: 326 S.
- VIRCHOW, RUDOLF (1869)\*: CANALISATION ODER ABFUHR ? EINE HYGIENISCHE STUDIE.- REIMER, BERLIN, 70 S.
- VIRCHOW, RUDOLF (1873): REINIGUNG UND ENTWÄSSERUNG BERLINS.- HIRSCHWALD, BERLIN.
- VIRCHOW, RUDOLF (1873B): GENERALBERICHT (AN DIE BERLINER STADTVERORDNETENVERSAMMLUNG) ÜBER DIE ARBEITEN DER STÄDTISCHEN GEMISCHTEN DEPUTATION FÜR DIE UNTERSUCHUNG DER AUF DIE CANALISATION UND ABFUHR BEZÜGLICHEN FRAGEN.- FOL., BERLIN, 61 S.
- VIRCHOW, RUDOLF (1879): GESAMMELTE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER ÖFFENTLICHEN MEDIZIN UND DER SEUCHENLEHRE.- BERLIN.
- VISSER, J.-E (1876): DIE REINLICHKEIT IN DEN STÄDTE ODER DIE ABORTFRAGE UND DAS ABFUHRWESEN.- SCHOLTZE, LEIPZIG.
- VOGEL, J.H. (1893): SCHUTZ GEGEN SEUCHEN, EIN WECK- UND MAHNRUF FÜR STADT UND LAND.- 2. AUFL., NEUMANN, NEUDAMM.
- VOGEL, J.H. (1896): DIE VERWANDLUNG DER FÄCES IN POUDETTE.- VORTRAG IN DER VERHANDLUNG DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ÖFFENTLICHE GESUNDHEITSPFLEGE IN BERLIN VOM 23. NOVEMBER 1896 (ORIGINAL IN HYG. RUNDSCHAU 1897).
- VOGEL, J.H. (1896): DIE VERWERTUNG DER STÄDTISCHEN ABFALLSTOFFE. - PAREY, BERLIN (IM AUFTRAG DER DEUTSCHEN LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT).
- VOGEL, J.H. (1899): DAS KOHLEBREIVERFAHREN ZUR KLÄRUNG VON ABWÄSSERN: VON DEM STANDPUNKTE AUF GRUND PRAKTISCHER ERF. KRI.- NATURWISS.VERLAGSANS, BERLIN.
- VÖGELE, JÖRG (1991)\*: DIE ENTWICKLUNG DER (GROSS)STÄDTISCHEN GESUNDHEITSV ERHÄLTNISSE IN DER EPOCHE DES

- DEMOGRAPHISCHEN UND EPIDEMIOLOGISCHEN ÜBERGANGS.- IN: REULECKE, J & A. v. CASTELL [HRSG.]: STADT UND GESUNDHEIT, STUTTGART 1991:21-36.
- VÖGELE, JÖRG (1993)\*: SANITÄRE REFORMEN UND DER STERBLICHKEITSRÜCKGANG IN DEUTSCHEN STÄDTEN, 1877-1913.- VIERTELJAHRSSCHRIFT FÜR SOZIAL- UND WIRTSCHAFTSGESCHICHTE 80(3):345-365.
- VÖGELE, JÖRG (1994)\*: URBAN INFANT MORTALITY IN IMPERIAL GERMANY.- SOCIAL HISTORY OF MEDICINE 7(3): 401-425.
- VOHL, H. (1871): UEBER DIE BESTANDTHEILE DES RHEINWASSERS BEI CÖLN UND SEINE VERWENDBARKEIT ZU TECHNISCHEN UND HAUSHALTUNGS-ZWECKEN.- DINGLER'S POLYTECHNISCHES JOURNAL 199: 311-323.
- VOSS, W. (1963): DER BEITRAG DES WASCHMITTEL-PHOSPHORS ZUR EUTROPHIERUNG DES BODENSEES. EINE ANALYSE, DURCHGEFÜHRT IM FLUSSGEBIET DER SCHUSSEN.- WASSER/ABWASSER 104 (14): 397-399 (GWf, DAS GAS- UND WASSERFACH).
- VSA [HRSG.] (1991)\*: REGENWASSER- UND GRAUWASSERNUTZUNG SOWIE WÄRMERÜCKGEWINNUNG AUS ABWASSER - VOM 2.7.1991 IN ZÜRICH. - VSA, ZÜRICH: 62 S.
- WAGNER, A. (1866): BEOBACHTUNGEN ÜBER DEN SCHWANKENDEN GEHALT DES WASSERS AN FESTEN BESTANDTHEILEN AUS VERSCHIEDENEN BRUNNEN IN MÜNCHEN.- ZEITSCHRIFT FÜR BIOLOGIE 2: 289 ff.
- WAHL, KARL (1936): ENTWICKLUNG DER WASSERVERSORGUNG SEIT EINFÜHRUNG DER DAMPFMASCHINE.- TECHNIKGESCHICHTE 25:27-65.
- WALTHER-MAURUSCHAT, A. & B. WALZ (1992)\*: ZWISCHEN HYGIENE UND UMWELTSCHUTZ - UMWELTORIENTIERTE DESINFEKTION UND REINIGUNG IM KRANKENHAUS.- KRANKENHAUS-TECHNIK 3: 33-36.
- WARDLE, THOMAS (1893)\*: ON SEWAGE TREATMENT AND DISPOSAL.- HEYWOOD, MANCHESTER.
- WARING, G E (1894): MODERN METHODS OF SEWAGE DISPOSAL.- VAN NOSTRAND, LONDON.
- WEBSKY, M. VON (1988)\*: HALBIERUNG DER SCHADSTOFFEINTRÄGE IN DIE AQUATISCHE UMWELT BIS 1995. VERWIRKLICHUNG DER MINISTERBESCHLÜSSE ZUM SCHUTZ VON NORD- UND OSTSEE SOWIE ZUR LANGFRISTIGEN VERBESSERUNG DER WASSERQUALITÄT DES RHEINS.- KORRESPONDENZ ABWASSER 35 (6): 544-546, 551-552.
- WEIDENHAMMER (1896): DIE ABFÜHRUNG DER FÄKALIEN AUS DER STADT WORMS MITTELS DER KANÄLE IN DEN RHEIN.- GESUNDHEITS-INGENIEUR 19:403.
- WEIGELT, C., SAARE, O. & SCHWAB, L. (1885)\*: DIE SCHÄDIGUNG VON FISCHEREI UND FISCHZUCHT DURCH INDUSTRIE- UND HAUS-ABWÄSSER. EINE EXPERIMENTELLE STUDIE.- ARCHIV FÜR HYGIENE 3(1): 39-117 (AUCH ALS SONDERDRUCK BEI R. OLDENBOURG. MÜNCHEN, 81 S.).
- WEIGELT, CURT (1900): VORSCHRIFTEN FÜR DIE ENTNAHME UND UNTERSUCHUNG VON ABWÄSSERN AND FISCHWÄSSERN AUFGESTELLT VON EINER WISSENSCHAFTLICHEN KOMMISSION DES DEUTSCHEN FISCHEREI-VEREINS NEBST BEITRÄGEN ZUR BEURTEILUNG UNSERER NATÜRLICHEN FISCHGEWÄSSER.- 72 Abb., EINIGE Lit., SACHVERZ.-VI, 287 S. (VERL. Dt. FISCH. VER.) BERLIN.
- WEIGELT, CURT (1901A): DIE INDUSTRIE UND DIE PREUSS. MINISTERIALVERFÜGUNG VOM 20. FEBRUAR 1901. "FÜRSORGE FÜR REINHALTUNG DER GEWÄSSER IN PREUSSEN".- BERLIN.
- WEIGELT, CURT (1901B): FÜRSORGE FÜR REINHALTUNG DER GEWÄSSER IN PREUSSEN.- ALLG. FISCHEREI-ZEITUNG 26.
- WEIGELT, CURT (1903): BEITRÄGE ZUR CHEMISCHEN SELBSTREINIGUNG DER GEWÄSSER.- BERICHT DER 5. INT. KONGR. F. ANGEW. CHEM. SEKT. II,2, BERLIN.
- WEIGELT, CURT (1904): DAS REICH SCHÜTZTE DIE DEUTSCHEN GEWÄSSER. DENKSCHRIFT VERFASST AUF ERSUCHEN DES BUNDES DER INDUSTRIELLEN.- BERLIN.
- WEIGELT, CURT (1906): INDUSTRIE- SOWIE HAUSABWÄSSER UND DER RHEIN.- DIE CHEMISCHE INDUSTRIE (BERLIN) 29 (23): 614-619.
- WEIGELT, CURT (1907)\*: BEITRÄGE ZUR CHEMISCHEN SELBSTGESUNDUNG DER GEWÄSSER.- ARCHIV FÜR HYDROBIOLOGIE UND PLANKTONKUNDE 2: 325 ff.
- WEILING, F. (1972): ÜBER DIE VON MAX V. PETTENKOFER ANGEREGTEN UNTERSUCHUNGEN DES ZUSAMMENHANGES VON CHOLERA UND TYPHUSMASSENERKRANKUNGEN MIT DEM GRUNDWASSERSTAND, IM HINBLICK AUF DIE LANGJÄHRIGEN GRUNDWASSERSTANDSBEOBSACHTUNGEN.- KOLLOQUIUM DER DTSCH. REG. D. INTERNAT. BIOMETR. GES. BAD NAUHEIM.
- WEIMANN, R. (1958): VERSCHMUTZTE WASSERLÄUFE: VERSEUCHUNG, VERSCHMUTZUNG, VERGIFTUNG UND VERÖDUNG DER GEWÄSSER DARGESTELLT VON EINEM BIOLOGEN. 50 Abb., I BEIL., GLOSSAR-126 S., (FRANCKH) STUTTGART.
- WEIZÄCKER, E.U. A.B.LOVINS & L.H.LOVINS (1995)\*: FAKTOR VIER.- DROEMER KNAUR, MÜNCHEN: 352 S.
- WELDELT, R. (1934)\*: DIE PLANBEWIRTSCHAFTUNG DER SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE.- IN: BRIX, J., K. IMHOFF, R. WELDELT (1934)\*: DIE STADTENTWÄSSERUNG IN DEUTSCHLAND. 2. BAND, VERLAG VON GUSTAV FISCHER. JENA: 520-530.
- WEX, G. v. (1873): ÜBER DIE WASSERABNAHME IN DEN QUELLEN, FLÜSSEN UND STRÖMEN.- ZEITSCHRIFT DER ÖSTERR. INGENIEUR- U. ARCHITECTENVEREINS 25: 23-30, 63-76 101-120.
- WEX, G. v. (1879): ÜBER DIE WASSERABNAHME IN DEN QUELLEN, FLÜSSEN UND STRÖMEN.- ZEITSCHRIFT DER ÖSTERR. INGENIEUR- U. ARCHITECTENVEREINS 31: 93-99,125-145.
- WEY, KLAUS GEORG (1982): UMWELTPOLITIK IN DEUTSCHLAND - KURZE GESCHICHTE DES UMWELTSCHUTZES IN DEUTSCHLAND SEIT 1900.- OPLADEN.
- WEYL, THEODOR (1893): DIE EINWIRKUNG HYGIENISCHER WERKE AUF DIE GESUNDHEIT DER STÄDTE M. BES. RÜCKSICHT AUF BERLIN (STUDIE ZUR STRASSENHYGIENE).- G. FISCHER, JENA: 70 S.
- WEYL, THEODOR (1897): FLUSSVERUNREINIGUNG, KLÄRUNG DER ABWÄSSER, SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE.- FISCHER, JENA.
- WEYL, THEODOR (1912): ÜBERBLICK ÜBER DIE HISTORISCHE ENTWICKLUNG DER STÄDTEREINIGUNG BIS ZUR MITTE DES 19. JAHRHUNDERTS.- IN: T. WEYL: HANDBUCH DER HYGIENE Bd. 2, I. 2. AUFL. LEIPZIG.
- WEYL, THEODOR [HRSG.] (1900): DIE ASSANIERUNG DER STÄDTE IN EINZELDARSTELLUNGEN.- LEIPZIG.
- WHITE, R., S. JOBLING, S.A. SUMPTER & M.G. PARKER (1994)\*: ENVIRONMENTALLY PERSISTENT ALKYLPHENOLIC COMPOUNDS ARE ESTROGENIC.- ENDOCRINOLOGY 135: 175-182.
- WICHT, H. & M. BEIER (1995)\*: N<sub>2</sub>O-EMISSIONEN AUS NITRIFIZIERENDEN UND DENITRIFIZIERENDEN KLÄRANLAGEN.- KORRESPONDENZ ABWASSER 3: 404-413.
- WIENBECK, U. (1976): ÜBER DIE GESCHICHTE DER ABFALLBESEITIGUNG. - WASSER UND BODEN 28 (1976) 97 ff.
- WIENER (1900): DAS BADISCHE WASSERGESETZ VOM 26. JUNI 1899.- BRAUN, KARLSRUHE.
- WIENINGER, KARL (1987): MAX VON PETTENKOFER. DAS LEBEN EINES WOHLTÄTERS, 1818-1901.- MÜNCHEN.
- WIESELSBERGER, FRIEDRICH (1983): DER MÜNCHNER ARCHITECTEN- UND INGENIEUR-VEREIN ALS WIDERSACHER DER SCHWEMMKANALISATION IN MÜNCHEN, EINE EPISODE.- IN: GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG DER WASSERWIRTSCHAFT UND DES WASSERBAUS IN BAYERN, MÜNCHEN: 153-191, INFORMATIONENBERICHT 4/83 DES BAYERISCHEN LANDESAMTS FÜR WASSERWIRTSCHAFT, TEIL 2.

- WIJK-SIJESMA, CHRISTINE VAN (1985): PARTICIPATION OF WOMEN IN WATER SUPPLY AND SANITATION - ROLES AND REALITIES.- INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE FOR COMMUNITY, WATER SUPPLY AND SANITATION, THE HAGUE, THE NETHERLANDS: 191 S.
- WILL, GERHARD (1986): DER WANDEL IN DER ABWASSER- UND TRINKWASSERHYGIENE DER STADT ERLANGEN VON DEN ANFÄNGEN IM 19. JAHRHUNDERT BIS ZUR GEGENWART.- MED. DISS. ERLANGEN-NÜRNBERG.
- WILLEMER, H. (1892): DER EINFLUSS DER MÜNCHNER SCHWEMMKANALISATION AUF DEN REINHEITZUSTAND DER ISAR-LANDSHUT.
- WILLEMER, H. (1895): UNTERSUCHUNGEN DES WASSERS DER ISAR UND EINIGER IHRER NEBENFLÜSSE.- LANDSHUT.
- WILSON, R.S. & MC GILL, J.D. (1979)\*: THE USE OF CHIRONOMID PUPAL EXUVIAE FOR BIOLOGICAL SURVEILLANCE OF WATER QUALITY.- TECH. MEMO. 18, DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, WATER DATA UNIT, READING.
- WIMMER, E (1906): DIE VERSCHIEDENEN VERFAHREN ZUR SCHMUTZWASSER-REINIGUNG UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES KOSTEN.- BAENSCH, DRESDEN.
- WINBLAD, UNO & WEN KILAMA (1985)\*: SANITATION WITHOUT WATER.- MACMILLAN EDUCATION LTD., LONDON: 161 S.
- WINBLAD, UNO (1996)\*: RECENT DEVELOPMENT IN SANITATION.- ENVIRONMENTAL RESEARCH FORUM, VOLS. 3-4, PP. 329-334, TRANSTEC PUBLICATIONS, ZÜRICH, SWITZERLAND, ISBN 0-87849-736-6.
- WINKLER, H.D. (1996)\*: NACHWEIS ALLERGENER TEXTILFARBSTOFFE MITTELS MINIBORE-HPLC.- GIT FACHZ. LAB. 5: 485-490.
- WINKLER, L.W. (1888)\*: DIE BESTIMMUNG DES IM WASSER GELÖSTEN SAUERSTOFFS UND DIE LÖSLICHKEIT DES SAUERSTOFFS IM WASSER.- BERICHTE DER DEUTSCHEN CHEMISCHEN GESELLSCHAFT 21:2843.
- WINKLER, L.W. (1889)\*: DIE BESTIMMUNG DES IM WASSER GELÖSTEN SAUERSTOFFS UND DIE LÖSLICHKEIT DES SAUERSTOFFS IM WASSER.- BERICHTE DER DEUTSCHEN CHEMISCHEN GESELLSCHAFT 22:1764.
- WINKLER, L.W. (1915)\*: ÜBER DIE BESTIMMUNG DES IM WASSER GELÖSTEN SAUERSTOFFS IN VERUNREINIGTEN WÄSSERN.- ZEITSCHRIFT ZUR UNTERSUCHUNG VON NAHRUNGS- UND GENUSSMITTELM 29:121.
- WINOGRADSKY, SERGIUS (1887): ÜBER SCHWEFELBAKTERIEN.- BREITKOPF & HÄRTEL, LEIPZIG.
- WINTER, LUDWIG (1977): PNEUMATISCHE MÜLLENTSORGUNGSANLAGE IN DER ALTSTADT KARLSRUHE.- FORUM STÄDTEHYGIENE 28: 167-169.
- WINTERHALTER, L. (1890)\*: SCHWEMMSYSTEMISCHE TAKTIK.- IN: ARCHIV FÜR RATIONELLE STÄDTEENTWÄSSERUNG 6:40-59.
- WISSING, FRIEDRICH (1995)\*: WASSERREINIGUNG MIT PFLANZEN.- ULMER, STUTTGART: 207 S.
- WITTE, HARTMUT & MARTIN KEDING (1998)\*: "SOLARE TROCKNUNG - VERGANGENHEIT ODER ZUKUNFT".- KORRESPONDENZ ABWASSER 6:1139-1146.
- WITTE, W., TSCHÄPE, H., KLARE, I., WERNER, G. (1998)\*: AUSBREITUNG VON RESISTENZGENEN ZWISCHEN BAKTERIEN VON MASTTIEREN UND VON MENSCHEN; IN: CHRONISCHE BELASTUNG DER UMWELT MIT ANTIBIOTIKA - ENTWICKLUNG VON ANTIBIOTIKA-RESISTENZEN. (HRSG.: EUREGIO ÖKOTOXIKOLOGIE SERVICE LABOR, UNIVERSITÄT KONSTANZ) 3. STATUSKOLLOQUIUM "ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG IN DER EUREGIO BODENSEE" (3.-4. DEZEMBER 1998), MEERSBURG.
- WODICZKA, WILHELM (1892): DIE MARSCHFELDBEWÄSSERUNG UND VERWERTHUNG DER WIENER ABFALLWÄSSER.- FRICK, WIEN.
- WOHLGEMATH, R. (1917): NEUE WEGE FÜR DIE VERWERTBARKEIT VON ABWASSERKLÄRSCHLAMM ALS DÜNGEMITTEL.- DIE LANDW. VERSUCHSSTATIONEN 90.
- WOLF, GERHART (1970): DIE BASF.VOM WERDEN EINES WELTUNTERNEHMEN.- LUDWIGSHAFEN 1970:18.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (1993)\*: GUIDLINES FOR DRINKING-WATER QUALITY - I. RECOMMENDATIONS (2ND ED.).- WORLD HEALTH ORGANIZATION, GENÈVE: 188 S.
- WUHRMANN, K. (1969): SELBSTREINIGUNG IN FLIESSGEWÄSSERN.- BERICHTE DER ABWASSERTECHNISCHEN VEREINIGUNG 23: 15FF.
- WUHRMANN, K., EICHENBERGER, E., KRÄHENBÜHL, H. R. & RUCHTI, J. (1966): MODELLUNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE SELBSTREINIGUNG IN FLIESSGEWÄSSERN.- VERH. INT. VEREIN. THEOR. ANGEW. LIMNOL. 16: 897FF.
- WULSCH, A. (1903): DIE LANDWIRTSCHAFTLICHE VERWERTUNG DER STÄDTISCHEN KANALWÄSSER NACH DEM VORBILDE VON EDUARDSFELDE BEI POSEN.- SELBSTVERLAG.
- WULSCH, A. (1916): UEBER DAS FLIESSEN UND DIE SELBSTREINIGUNG DER FLÜSSE.- ZEITSCHRIFT FÜR TRANSPORTWESEN 33 (25): 460-464.
- WUNSCH, ADOLF (1903): DIE LANDWIRTSCHAFTLICHE VERWERTUNG DER STÄDTISCHEN KANALWÄSSER NACH DEM VORBILDE VON EDUARDSFELDE BEI POSEN.- SELBSTVERL., POSEN.
- WURM, H.J. (1982): FÜNFZIG JAHRE ENTPHENOLUNG DER KOKEREIABWÄSSER IM RHEINISCH-WESTFÄLISCHEN INDUSTRIEGEBIET.- GEWÄSSERSCHUTZ, WASSER, ABWASSER (AACHEN) 60: 429-441.
- WÜSTHOFF, P. (1956): KANALISATION UND WASSERRECHT.- BERICHTE DER ABWASSERTECHNISCHEN VEREINIGUNG 7: 1055FF.
- WUTTKE, ROBERT [HRSG.] (1904): DIE DEUTSCHEN STÄDTE. GESCHILDERT NACH DEN ERGEBNISSEN DER ERSTEN DEUTSCHEN STÄDTEAUSSTELLUNG ZU DRESDEN, 2 Bd.- LEIPZIG.
- WYSOCKI, JOSEF (1983): KOMMUNALE INVESTITIONEN UND IHRE FINANZIERUNG IN DEUTSCHLAND 1850-1914.- IN: WILHELM RAUSCH [HRSG.]: STÄDTE MITTELEuropAS IM 19. JAHRHUNDERT, LINZ: 165-180 (=SOZIALDEMOKRATISCHE GEMEINDEPOLITIK HEFT 9).
- XANTOPOULOS, C. (1992)\*: NIEDERSCHLAGSBEDINGTER SCHMUTZSTOFFEINTRAG IN DIE KANALISATION.- IN: „SCHADSTOFFE IM REGENABFLUSS“ II. SCHRIFTENREIHE DES INST. F. SIEDLUNGSW., UNIVERSITÄT KARLSRUHE 64: 147-166 (VORTRAG IM RAHMEN DER PRÄSENTATION DES BMFT-VERBUNDPROJEKTES NIEDERSCHLAG AN DER UNIVERSITÄT KARLSRUHE).
- ZAHN, RUDOLF K. (1992)\*: ERBGUTVERÄNDERNDE UND KREBSERREGENDE STOFFE IM WASSER - ANALYTIK, BEWERTUNG, GEGENMASSNAHMEN; SYMPOSIUM AM 27. MÄRZ 1990 IN DEN RÄUMEN DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN UND DER LITERATUR, MAINZ.- G. FISCHER, STUTTGART, JENA, NEW YORK, 136 S.
- ZEHNDER, ALEXANDER J.B., ROLAND SCHERTENLEIB & CARLO C. JAEGER (1998)\*: HERAUSFORDERUNG WASSER.- IN: EAWAG-JAHRESBERICHT 1997:6-12.
- ZELLNER, HEINRICH (1914): DIE VERUNREINIGUNG DER DEUTSCHEN FLÜSSE DURCH ABWÄSSER DER STÄDTE UND INDUSTRIEN.- BERLIN.
- ZENTRALVERBAND GARTENBAU (1994)\*: WASSERREINIGUNG DURCH PFLANZEN.- (DOKUMENTATION DES PLANTEC-SCHWERPUNKTES '93, INTERN. FACHMESSE FÜR GARTENBAU, FRANKFURT, 30.9.-3.10.1993), 167 S.
- ZERONI, H. (1868): ÜBER DIE CHOLERAVORGÄNGE IM JAHRE 1867 IN MANNHEIM.- ZEITSCHRIFT FÜR BIOLOGIE 4: 495 FF.
- ZON, HENK VAN (1986)\*: EEN ZEER OMFRISSIE GESCHIEDENIS - STUDIES OVER NIET - INDUSTRIËLE VERVUILING IN NEDERLAND, 1850 - 1920.- DISSERTATION, RIJKSUNIVERSITEIT TE GRONINGEN: 344 S.
- ZULLEI-SEIBERT, NINETTE (1987)\*: DIE AUSWIRKUNGEN DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN ANWENDUNG VON KLÄRSCHLAMM AUF DIE GRUNDWASSERBESCHAFFENHEIT.- VERÖFFENTLICHUNGEN DES INSTITUTS FÜR WASSERFORSCHUNG GMBH DORTMUND U.D. HYDROL. ABT. D. DORTMUNDER STADTWERKE AG 36: 202 S.

# Abkürzungen & Stichwortverzeichnis

## Abkürzungen/ Einheiten

E	Einwohner		
a	anno = Jahr		
p.a.	Pro Jahr		
h	Stunde		
ha	Hektar = 10 000 m <sup>2</sup>		
t	Tonne		
J	Joule (1 Joule = 1Ws=Wattsekunde)		
kJ	Kilo-Joule=1 000 Joule		
MJ	Mega-Joule=1 Million Joule		
GJ	Giga-Joule=1 Milliarde Joule		
TJ	Tera-Joule=1 Trillion Joule		
kW	Kilowatt (1 kW=1000 J/s)		
kWh	Kilowattstunde = 3,6 Mio. J		
g	Gramm		
kg	Kilo=1000 g (10 <sup>3</sup> )		
Mg	Megagramm=1 Tonne=1000 kg=1 Million g=1 000 000g=10 <sup>6</sup> g		
mg	1 Milligramm=1 Tausendstel Gramm=10 <sup>-3</sup> Gramm		
µg	1 Mikrogramm=1 Millionstel Gramm = 10 <sup>-6</sup> Gramm		
ng	1 Nanogramm= 1 Milliardstel Gramm=10 <sup>-9</sup> Gramm		
M	Mega=1 Million (10 <sup>6</sup> )		
G	Giga=1000 Millionen (10 <sup>9</sup> )=1 Milliarde		
T	Tera=1000 Milliarden (10 <sup>12</sup> )=1 Billion		
P	Peta=1000 Billionen (10 <sup>15</sup> )= 1Trillion		
Mio.	Million	10 <sup>6</sup>	
Mrd.	Milliarde	10 <sup>9</sup>	
ppm	parts per million	10 <sup>-6</sup>	1 Milligramm pro Liter mg/l
ppb	parts per billion	10 <sup>-9</sup>	1 Mikrogramm pro Liter µg/l
ppt	parts per trillion	10 <sup>-12</sup>	1 Nanogramm pro Liter ng/l



# Stichwortverzeichnis

- § 149 NWG 102  
 § 18 b (1) WHG 97  
 § 18a WHG 100  
 § 19 g des WHG 106  
 § 2 WHG 96  
 § 324 StGB 96  
 § 324 Strafgesetzbuch 96  
 § 326 Strafgesetzbuch 96  
 § 33 (2), Zi. 3 WHG 107  
 § 35 BauGB 103, 162  
 § 45 WHG 162  
 § 7a WHG 106  
 15-fache Verdünnung 33  
 6-l Spültoilette 230  
 6-l-Spülvolumen 133  
 9-l-Spülvolumen 133
- ## A
- Abfall 14, 16, 228  
 Abfallproblem 17  
 Abfiltrierbare Stoffe 139  
 Abflussbeiwert 143, 144  
 Abflusslosen Sammelgruben 103  
 Abflussminderung 150  
 Abfuhr 17  
 Abgabesatz 106  
 Abklinganlagen 218  
 Ablaufqualitäten 186  
 Aborte 22  
 Abortgruben 22, 36  
 Absaugurinale 124  
 Abschreibung 111  
 Absetzbare Stoffe 186  
 Absetzteiche 167, 175  
 Abtritte 228  
 Abtsküche 35  
 Abwasser 41, 215  
 Abwasser- und  
   Gebührensatzungen 98  
 Abwasserabgabe 105  
 Abwasserabgabengesetz 105, 109,  
   138  
 Abwasserbeseitigungsplan 162  
 Abwasserbewirtschaftung 231  
 Abwassereinleiter 96  
 abwasserfrei 102  
 Abwassergebühren 23, 49, 111,  
   112, 114, 115, 161  
 Abwassergebühren- und beitragsat-  
   zungen 98  
 Abwassergesetzgebung 93  
 Abwasserherkunftsverordnung 107  
 Abwasserkanäle 204  
 Abwasserkosten 114  
 Abwasserkrise 116  
 Abwasserlandbehandlung 35  
 abwasserloses Grundstück 102  
 Abwassermenge 43  
 Abwasserpreis 23  
 Abwasserreinigungsverfahren 163,  
   169  
 Abwassersanierung 49  
 Abwassersatzung 98, 100, 103  
 Abwassertechnische Vereinigung  
   (ATV) 69, 97  
 abwassertechnisches Regelwerk 97  
 Abwasserteiche 103, 175  
 Abwasserteilströme 39, 193, 206  
 Abwasser vermeiden 203  
 Abwasserverordnung 94, 107  
 Abwasserverwaltungsvorschrift 185  
 Abwasserwirtschaft 208  
 Abwasserzweckverbände 113  
 Adressenverzeichnis 246  
 Adsorbierbare Organische Halogen-  
   verbindungen (AOX) 42, 95  
 Adsorbierbare organische Schwefel-  
   verbindungen (AOS) 42  
 Adsorption 191  
 aerob 54  
 Aerober 55  
 Aerosole 76  
 AGENDA 21 243  
 Agrikulturchemie 31  
 Aktinolith 106  
 Akwasser des BBU 230  
 Akzeptanzproblem 215, 230  
 Aldehyd 70  
 Aldrin 106  
 Alexander Müller 32  
 Algen 59, 227  
 Alkanolamide 86  
 Alkansulfonate 86  
 Alkoholethoxylate 86  
 Alkylbenzolsulfonat 83  
 Alkylphenol-Ethoxylate (APnEO)  
   63  
 Alkylpolyglykosid 83  
 Allergien 72  
 Allergiker 65  
 allgemein anerkannten Regeln der  
   Technik 97  
 Altstoffe 61  
 Aluminium 56  
 Ammoniak 22, 76, 77, 214  
 Ammoniakverluste 76  
 Ammonium 76, 214, 227  
 Ammonium-Stickstoff (NH<sub>4</sub>-N)  
   95  
 Ammoniumsulfat 76  
 Amortisationszeit 118, 119  
 Amosit 106  
 Amphotenside 82  
 Amphotere Tenside 86  
 Amsterdam 20  
 anaerob 54, 55  
 anaerober Abbau 74  
 Analogien 208  
 Anbieterverzeichnis 246  
 Anilinfabrik 32  
 Anionische Tenside 82, 86  
 anoxisch 54  
 ANS=Urin 213, 214, 215  
 Anschluss- und Benutzungspflicht  
   29  
 Anschluss- und Benutzungszwang  
   31, 100, 102  
 Anschlussgrad 162, 199  
 Anschlusskosten 112  
 Anschlusspflicht 100  
 Anschlusszwang 100  
 Antarktis 51  
 Anthophyllit 106  
 Anthropogenic Nutrient Solutions  
   213  
 Anthroposophen 131  
 Antibiotika 71, 72, 73  
 Antibiotika-Abwasserfrachten 72  
 AOX 69, 73  
 AOX-Belastung 73  
 AOX-Messungen 87  
 AOX-Werte 70  
 Appreturstoffen 82  
 Aqua Stop-Systeme 123  
 Aquakultur 226, 227  
 aquatische Organismen 63  
 Arbeits-, Merk- und Hinweisblät-  
   tern 97  
 Arbeitsblatt A 138 138  
 Arbeitsgruppe "Krankenhausabwas-  
   ser" 73  
 Arche 229  
 Arden und Lochett 34  
 aromatische Amine 66  
 Arten- und Biotopschutz 161, 229,  
   230, 233  
 Arzneimittel 69, 82  
 Arzneimittelkonzentrationen 74  
 Arztpraxen 69  
 Asbest 106  
 Asthmatiker 65  
 asymbiotische N-Fixierung 76  
 Atmosphäre 79  
 Atmung 54  
 ATP (Adenosintriphosphat) 221  
 ATV 29  
 ATV 138 142  
 ATV A 118 142  
 ATV Arbeitsblatt A 138 144  
 ATV Arbeitsblattes 128 48  
 ATV Bemessungsvorschrift A 128  
   35  
 ATV-Arbeitsblatt 128 48  
 ATV-Arbeitsblatt 138 142  
 ATV-Arbeitsblatt 262 184  
 ATV-Arbeitsblatt A 115 98  
 Aufenthaltszeit 168, 185, 211  
 Aufkonzentrierung 224, 225  
 Auslegung 180, 192  
 Auslegungsparameter 170  
 Ausscheidungen 79  
 Autobahnen 138  
 autotrophe Bakterien 227  
 Autowaschwasser 197  
 AVBWasserV § 3 152  
 Awalan 83  
 Azofarbstoffen 66  
 Azo-Verbindungen 68
- ## B
- Bachmer Tal 237  
 Bade- und Duschwasser 193  
 Badequalität 205  
 Badewasserqualität 235  
 Badische Anilin- und Sodafabrik  
   (BASF) 31  
 Basel 25  
 Bau- und Betriebskosten 188  
 Bau- und Wartungskosten 168  
 bauaufsichtliche Zulassung 97  
 Baukastenwaschmittel 84  
 Baukosten 223  
 Baumwollfärbung 69  
 Baustoffe 81  
 Beetz 124  
 belebte Bodenschicht 138, 139,  
   184  
 Belebtschlamm 68, 196  
 Belebtschlammanlage 35  
 Belebtschlammverfahren 55  
 Belebungsanlage 103, 176, 177  
 Belebungsverfahren im Aufstaube-  
   trieb 34  
 Belüftete Abwasserteiche 167, 176  
 belüfteter Kiesfilter 222  
 Belüfteter Sandfilter 197, 212, 217  
 Bemessung 168, 170, 184, 195  
 Bemessungsniederschlag 140  
 Bemessungsregeln 172  
 Bemessungsregen 153  
 Benutzerakzeptanz 132  
 Benutzungen 92  
 Benutzungszwang 100, 103  
 Bequemlichkeiten 228  
 Bergianska Stockholm 236  
 Berlin 27, 33  
 Berlin - Potsdamer Platz 236  
 Berlin-Kreuzberg 229, 236  
 Beschickung 185  
 Beseitigungspflicht 162  
 beste Umweltpaxis 110  
 Betriebswasser 119, 41, 88, 153,  
   159, 193, 195, 199, 231,  
   236  
 Betriebswasseranlagen 194  
 Betriebswassernutzung 34, 205  
 bewachsene Bodenfilter 103  
 Bewertungskriterien 207  
 BGA 71  
 BHKW 220, 224, 237  
 Bielefeld 231  
 Biguanide 70  
 Bioabfall 211  
 Bioabfälle 208  
 Biochemischem Sauerstoffbedarf  
   44  
 Biochemischer Sauerstoffbedarf  
   (BSB<sub>5</sub>) 42  
 Biochemischer Sauerstoffbedarf in  
   fünf Tagen (BSB<sub>5</sub>) 95  
 Biofilm 168  
 Biofilmverfahren 183  
 Biogas 50, 216, 218, 219, 220,  
   221, 222, 224  
 Biogasanlage 55, 167, 168, 209,  
   211, 223, 228, 232, 237,  
   238, 244  
 Biologie 170  
 biologische Behandlungsstufen 102  
 Biologische Bundesanstalt 78  
 biologische Oxidation 208  
 biologische Zersetzungstoiletten  
   128  
 Biologischen Bundesanstalt (BBA)  
   77, 87  
 Biotop 146  
 Biotop- und Artenschutz 147, 158,  
   159  
 Biotopverbundkonzepte 88  
 Biotopvernetzung 229, 233  
 Bleichmittel 84  
 Block 108 229  
 Blockheizkraftwerk 220  
 Blockheizkraftwerk (BHKW) 54,  
   218, 228  
 BMFT-Projekt Wasserkultur 15  
 Bodanrück 182  
 Boden 18, 54, 76, 77, 87, 223  
 Bodenfilter 143, 184, 196, 197  
 Bodenfilteranlage 75, 189  
 Boden-System 97  
 Bodentheoretiker 18  
 Bokorny 33  
 BORDA 242  
 Börkhauser Feld 236  
 Botanischer Garten 236  
 Brauchwasser 137, 235  
 Braunkohletagebaue 75



- Braunschweig 27, 33  
 Braunwasser 208, 211, 224  
 Brunnen 16  
 Brunnennachbarschaft 228  
 BSB 59, 70, 227  
 BSB<sub>5</sub> 43, 186  
 BSB<sub>7</sub> 195  
 Buhl & Keller 22  
 Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin 71  
 Bundesverband Interessengemeinschaft Dezentrale Abwasserbehandlung (IDA) 245  
 Bürgerinitiative für dezentrale Wassertersorgung (BDW) 245  
 Bürgerinitiativen 245
- C**  
 C/N- N/P-Verhältnis 56  
 C/N/P Verhältnis 225  
 Cadmium (Cd) 56, 106  
 Cadmiumgrenzwerte 204  
 Carboxylmethylcellulose 66  
 Carl Mittermaier 19  
 CE-Normen 97  
 CH<sub>4</sub> 79  
 CH<sub>4</sub> (Methangas) 168  
 Chadwick 18  
 Chadwick-Report 17  
 Chemikaliengesetz 61  
 chemische Phosphatfällung 178  
 Chemischem Sauerstoffbedarf (CSB) 42, 44, 95  
 Chemotherapie 73  
 Chilesalpeter 126  
 China 211  
 Chlor 106  
 Chloralkalielektrolyse 95  
 Chloroform 106  
 Chlororganika 70, 74  
 Chlorparaffine 60  
 Cholera 17, 18, 33  
 Choleraepidemie 31  
 Cholera-Epidemie 36  
 Chrysotil 106  
 Cladophora glomerata 63  
 Clivus-Multrum-Typ 236  
 Cloaca Maxima 13  
 Cloaca-Maxima-Staat 15  
 Clofibrinsäure 71  
 CMC (Carboxymethylcellulose) 86  
 CO<sub>2</sub> 51, 54, 79  
 CO<sub>2</sub>-Konzentration 51  
 CO<sub>2</sub>-Ausstoß 55  
 CO<sub>2</sub>-Bilanz 54  
 CO<sub>2</sub>-Emissionen 238  
 CO<sub>2</sub>-Gehalt 53  
 CO<sub>2</sub>-Konzentration 52  
 CO<sub>2</sub>-Messungen 51  
 CO<sub>2</sub>-Senke 225  
 Coliforme 70  
 Colour Index 67  
 Contracting 114  
 Corbett 33  
 Crenothrix polyspora 32  
 Crossflow-Filtration 191  
 CSB 59, 69, 70, 186, 189, 227  
 CSB-Gehalt 191  
 Cyclophosphamid 73
- D**  
 Dachabflüsse 81  
 Dachablaufwasser 138  
 Dachbegrünung 158  
 Dampfmaschine 31  
 Danzig 27, 31  
 Dapnia magna 67  
 Darby 31  
 Darmstadt 113  
 dauerhafte Sanitärkonzepte 204  
 DDR 115  
 DDT 106  
 Denitrifikation 58, 169, 170, 180, 183, 192, 214  
 Deponierung 190  
 Depositionsmengen 77  
 Desinfektion 199  
 Desinfektionsmittel 69, 70  
 Deutsche Gemeindeordnung 35  
 Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft (DLG) 34  
 Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) 34  
 Deutscher Verein für öffentliche Gesundheitspflege 32  
 developing countries 241  
 Dezentrale Abwasserbehandlung 161  
 dezentrale Entwässerungsstrategien 75  
 dezentrale Konzepte 161  
 dezentrale Verfahren 163  
 Dichlorethan 106  
 Dieldrin 106  
 Diethylentriaminpentaacetat (DTPA) 66  
 Dimensionierung 155, 172, 180  
 DIN 19542 118  
 DIN 19650 165  
 DIN 1986 142, 153, 194  
 DIN 1988 151, 152, 194  
 DIN 2000 35  
 DIN 2001 35  
 DIN 2403 194  
 DIN 4034 186  
 DIN 4045 41  
 DIN 4046 41, 193  
 DIN 4261 97, 164, 165, 166, 185  
 DIN-Normen 97  
 Dioxine 60  
 Direkteinleitende Industriebetriebe 40  
 Direkteinleiter 40  
 Dispergiermittel 66  
 Distickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O = Lachgas) 52  
 Dortmundbrunnen 33, 175  
 Dosierkugel 84  
 dreiviertel Luftleere 19  
 Druckspüler 123, 124  
 Düngemittelfabrik 32, 126  
 Düngemittelherstellung 87, 209  
 Dünger 221  
 Düngerstreupulver 22  
 Düngung 76  
 Durchflussbegrenzer 119, 133, 230  
 Durchflussreaktoren 81  
 Durchflussvolumen 119, 120  
 Durchflusszeit 176  
 durchlässiger Asphalt 143  
 Durchlässigkeit 140, 185  
 Durchlässigkeitsbeiwert 142, 187  
 Dusch- und Washwasser 39  
 Duschwasser 208  
 Duschwasserrecycling 194, 198
- E**  
 Edikt von 1539 14  
 EDTA = Ethylendiamintetraacetat 64, 70, 86  
 EG-Gewässerschutzrichtlinie 76/464 95  
 Eigenkontroll- Selbstüberwachungsverordnung 98  
 Einsparpotentiale 82, 114  
 Einwohnergleichwert (EGW) 43  
 Einwohnerwert 43  
 Einwohnerzahlen 17  
 Eisen 56  
 Elektrische Leitfähigkeit (LF) 42  
 Elektroflotation 191  
 Elektrolyse 191  
 Emissionen 53, 77, 220  
 Emissionskontrolle 110  
 Emissionskonzept 91  
 Emittenten 96  
 Emscher 34  
 Emscherbecken 164  
 Emscherbrunnen 34, 164  
 Emschergenossenschaft 34  
 EN 12 566 97  
 Endlager Meer 58  
 end-of-pipe 29, 39, 51, 88, 91, 204  
 endokrin 62  
 Endrin 106  
 Energiebedarf 197  
 Energiebilanz 156, 220  
 Energie-Einsparpotential 123  
 Energiesparen 121  
 Energieverbrauch 118, 156, 243  
 England 17, 31  
 Enthärter 84  
 Entkeimung 198  
 Entspannungsflotation 224  
 Enzyme 86  
 Erdabort 128  
 Erfolgshonorare 115, 162  
 Erlasse 98  
 Erlaubnis- und Bewilligungserfordernis 93  
 Erlaubnispflicht 107  
 Ernährungsgewohnheiten 44  
 Erntegut 76  
 Erste Biogasgewinnung 33  
 Erstes "biologisches" Klärbecken 33  
 Essen-Rellinghausen 35  
 Essigsäure 131  
 Ethylendiamintetraacetat (EDTA) 41, 66  
 Ethylester 71  
 Euphrat 31  
 EU-Richtlinie 67/548/EWG 61  
 EU-Richtlinie 91/271/EWG 109  
 EU-Richtlinie für Badegewässer 196  
 EU-Richtlinien 109  
 Europäischen Komitees für Normung (CEN) 61  
 Exeter (England) 33  
 Experimental Sewer System (ESS) 145, 146  
 EXPO 2000 189, 236  
 Extensivbegrünung 159  
 externe Kompostierung 129, 130, 131
- F**  
 Fa. Ernst 125  
 Fa. Separett 231  
 Fa. Volvo, Schweden 236  
 Fa. Waterless 125  
 Fäkal- (bzw. Faul-)schlamm-Entsorgung 103  
 Fäkalcoliforme 195  
 Fäkalien 14, 15, 16, 20, 22, 24, 25, 27, 29, 36, 37, 39, 45, 55, 79, 113, 114, 128, 133, 187, 204, 208, 211, 212, 216, 217, 221, 228, 233, 235, 238, 239, 242  
 Fäkalengruben 18, 19  
 Fäkalkompost 129  
 Fäkalschlammbehandlung 105  
 Fäkalstoffe 34  
 Faktor 15 26  
 Fällung 199  
 Farbebeschleuniger 66  
 Farben 82  
 Farbstoffe 66, 68  
 FAS 83  
 Faulgas 35  
 Faulgrube 97  
 Faulschlamm 79, 169  
 Faultürmen 55  
 FCKW = Fluorchlorkohlenwasserstoffe 64  
 Fe (Eisen) 195  
 Fehllanschlüss 41, 48, 151  
 Feinfilter 153  
 Feinwaschmittel 84  
 Ferdinand Cohn 31, 32  
 Fermentierung 208  
 Fest/Flüssig-Phasentrennung 209  
 Fest/Flüssig-Trennung 224  
 Festbetтанlagen 168  
 Festbettverfahren 183  
 fester Anteil Schwarzwasser 208  
 Fettsäureethersulfate 86  
 Fettsäureethersulfate (FAS) 86  
 feuchten Hygiene 243  
 Feuerlöschmittel 68  
 Filtergräben 102, 166  
 Filterplatten 153  
 Filtersammler 153  
 Filterschacht 166  
 Fischerei 21  
 Fischergesetz 32  
 Fischsterben 32  
 Flächen- und Volumenbedarf 169  
 Flächenbelastung 170  
 Flächenversickerung 145  
 Fleckensalz 84  
 Fleischkonsum 45  
 Flockung 199  
 Flockungshilfsmittel 191  
 Flüchtigkeit 64  
 Fluorchinolone 73, 74  
 Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKWs, Halonen) 52  
 Flüssigdünger 209  
 flüssiger Anteil Schwarzwasser 208  
 Flussverunreinigungsfrage 26, 27  
 Formaldehyd 66  
 Formulierungshilfsmittel 78  
 Forschungs- und Entwicklungslabor 69  
 Frankfurt 23  
 Frankfurt-Niederrad 33  
 Frankreich 17, 31  
 Freiburg 22, 23, 27, 189, 201, 216, 217, 222, 223, 230  
 Fremdwasser 41, 43, 79  
 Fremdwasseranteil 162  
 Friedrich Bayer & Co 31  
 Friedschuttmittel 82  
 Furane 60
- G**  
 Gallenfarbstoff 45  
 Galvanik 68  
 Gartenbau 215  
 Gärung 54

- Gebühren 112  
 Gefährliche Stoffe 95, 106  
 Gelbwasser 208, 211, 225  
 Gelöster organischer Kohlenstoff (Dissolved Organic Carbon, DOC) 42  
 Genehmigung einer Kleinkläranlage 99  
 genotoxisch 72  
 Gérardin 32  
 Geruchsabschluss 19  
 Geruchsbelästigungen 198  
 Gesamtkoliforme 195  
 Gesamt-Phosphor (P) 95  
 Gesamt-Stickstoff (N) 95, 213  
 Geschichte 82  
 Geschirrspüler 121  
 Geschlechtsumwandlung 63  
 Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte (GdNÄ) 31  
 gesetzliche Regelungen 101  
 Gespaltene Gebühr 149  
 Gesundheits-Ingenieur 32  
 Gewächshaus 227  
 Gewässerbenutzung 92  
 Gewässerschutz 23, 135  
 Gewässerverschmutzung 29  
 Gewässerverunreinigung 28  
 Gewerbeordnung 31  
 Globalerwärmung 219  
 Glührückstand GR 42  
 Glühverlust (GV) 42  
 Graue Energie 157  
 Grauwasser 39, 41, 44, 102, 168, 172, 184, 193, 197, 198, 199, 208, 212, 216, 217, 219, 222, 223, 225, 231, 235, 236, 237, 238, 239  
 Grauwasseranlage 196  
 Grauwasser-Pflanzenkläranlage 236  
 Grauwasserrecycling 196  
 Grauwassertank 193  
 Grauwasserversuchspark 236  
 Grenz- oder Schwellenwerte 69  
 Grenzkonzentration 64  
 Grenzwert 26, 34, 60, 77, 95, 96  
 Großkammertoilette "Clivus Multrum" 131  
 Großkammertoilette 130, 132, 230, 236  
 Gruben 164  
 Grubensystem 25  
 Gründächer 144, 145, 158, 159  
 Grundwasser 39, 60, 75, 76, 77, 87, 102, 137, 138  
 Grundwasseraktionsprogramm 110  
 Grundwasserbelastung  
 Grundwasserbelastung 77, 117  
 Grundwasserneubildung 138  
 Grundwasserriechtlinie (80/68/EWG) 109, 110  
 Grundwasserschutz 76, 145  
 Grundwasserstände 75  
 Grundwasser  
 Güllewirtschaft 76  
 Gütersloh 60
- H**  
 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Wasserstoffperoxid) 69  
 H<sub>2</sub>S 221  
 Halogenierte Kohlenwasserstoffe 95  
 halogenierten Kohlenwasserstoffen 87  
 Hamburg 27, 31, 33, 231  
 Hamburg Allermöhe 236  
 Hamburg-Alsterpavillon 236  
 Hamburg-Norderstedt 217, 230  
 Hammurabi 31  
 Hämoglobin 45  
 Hamsterzelltest 67  
 Handelsdünger 50, 243  
 Handelsdünger  
 Hannover 222  
 Hannover Hügewiesen 196, 197, 230, 236  
 Hannover Stadtteil Kronsberg, Bemerode Ost 236  
 Harn 14  
 Harnstoff 58, 168  
 Harte Chemie 64  
 Hasenhecke 237  
 Hausmüll 22, 216  
 Hebereffekt 123  
 Heidelberger Tonnensystem 19  
 Heimwerkerbereich 81  
 Heinrich der Niederlande 19  
 Hengsteysee 35  
 Henkel 82, 83  
 Herkunftsbereich 10b 69  
 Herzinfarktprophylaxe 71  
 Hessisches Ried 118  
 Hexachlorbenzol 106  
 Hexachlorbutadien 106  
 Hexachlorcyclohexan 106  
 HOAI 162  
 Hochwasser 141  
 hochwasserdämpfend 205  
 Hodenkrebs 62  
 Hoechst 32  
 Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) 114  
 horizontalen Siphon 125  
 hormon- bzw. östrogenähnliche Wirkungen 62  
 Hormonsystem 63  
 humantoxikologisch 74  
 Humus 211, 219, 243  
 Humusanteil 54  
 Hydraulische Verhältnisse 185  
 Hydrokultur 227  
 Hydroxidflocken 191  
 hydroxymethyl-dihydroxyethenarnstoff 66  
 Hygiene 18, 19, 21  
 Hygiene-Kongress 22  
 hygienische Bedenken 198  
 Hygienisierung 129  
 hyporheischen Interstitial 75
- I**  
 IDA 41  
 Ifosamid 73  
 IKSE 110  
 IKSO 110  
 IKSR 110  
 Imhoff 34  
 Imhofftank 34  
 Indien 211  
 Indirekte Versickerung 145  
 Indirekteinleiter 40, 69, 96, 98, 162  
 Indus 31  
 Industrieverband Agrar (IVA) 77  
 INK 110  
 Institutionen 245  
 Instrumenten-Flächendesinfektionsmitteln 70  
 Intensivbegrünung 158  
 Interessengemeinschaft Kommunale Trinkwasserversorgung (IKT) 245  
 International Association on Water Quality (IAWQ) 245  
 International Ecological Engineering Society (IEES) 245  
 Internationale Toilette 243  
 Internationaler Verein gegen die Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft 32  
 interne Kompostierung 129, 130  
 Internet 201, 230  
 Investitions- und Betriebskosten 111  
 Investitionsbedarf 49  
 Investitionskosten 172  
 Iopromid 74  
 Iserlohn 35  
 Isodrin 106
- J**  
 James Watt 31  
 Japan 33, 123, 199  
 Jetpumpen 154  
 Justus von Liebig 17, 27, 31
- K**  
 Kaliabwasserkommission 34  
 Kaliindustrie 31, 34  
 Kalium (K) 44, 50, 51, 58, 88, 219  
 Kaliumdünger 58  
 Kaliwerke 35  
 Kammerfilterpressen 190  
 Kanäle 46  
 Kanalisation 25  
 Kanalisationsprojekte 23  
 Kanallänge 241  
 Kanalnetz 47, 150, 176  
 Kanzerogen 73  
 Karlsruhe 27  
 Katalog wassergefährdender Stoffe 106  
 Kationische Tenside 82, 86  
 Kautschukparagraph 32  
 Kennzeichnung 194  
 Kennzeichnungspflicht 152  
 Kiel 230  
 Kiel-Hassee 237  
 Kiesbeläge 147  
 Kiesfilter 166  
 Kläranlage 30, 33, 35, 39, 46, 49, 113, 114, 116, 161, 207, 213  
 Kläranlagenbau 29  
 Kläranlagengröße 96  
 Klärschlamm 55, 87, 103, 190, 204, 235  
 Klärschlammbehandlung 59  
 Klärschlammwässerung 190  
 Klärschlammproduktion 59  
 Klärschlammrocknung 190  
 Klärschlammverbrennung 59  
 Klärschlammvererdung 162, 190  
 Klärschlammverordnung 61, 105  
 Klärstufen 171  
 Klebstoffe 82  
 Kleinbelebungsanlagen 167  
 Kleininleiter 105  
 Kleinkammertoilette 129, 130, 131, 133, 231  
 Kleinkläranlage 87, 99, 102, 103, 104, 161, 162, 171  
 Kleinbetriebe 40  
 Klimabündnis der Städte 52  
 Klimazonen 211  
 Klinikabwasser 69  
 Klopapier 211  
 Knappheitsdenken 233  
 Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) 53, 79, 221, 214  
 Kohlendioxid-Emission 221  
 Kohlenstoff (C) 50, 54, 55  
 Kohlenstoffbilanz 54, 55  
 Kohlenstoffdepot 54  
 Kohlenstofffluss 79  
 Kohlenstoffkreislauf 53  
 Kohlenstoffsenke 51  
 Kohlenstoffträger 80  
 Kolaapatit 56  
 Kolenati 31  
 koliforme 227  
 Kolkwitz & Marsson 34  
 Köln 26  
 kombinierte Vakuumentwässerung 216  
 Kombi-Vak 219  
 Kommunalabgabengesetz 98  
 kommunale Selbstverwaltung 115  
 Kompaktstationen 154  
 Kompakt-Tropfkörperanlage 182  
 Kompost 175  
 Komposthaufen 129  
 Kompostierung 74, 128, 129, 133, 208, 209, 231  
 Kompostierung von Arzneimittelrückständen 74  
 Kompostklo 133, 236, 239  
 Komposttoilette 128, 130, 131, 133, 236, 239  
 Komposttoilette mit Urinentrennung 242  
 Komposttoiletten 209, 211, 228, 230  
 König 33, 34  
 König Franz von Frankreich 14  
 Königliche Versuchs- und Prüfanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 33  
 Königliche Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 33  
 kontrollierte Lüftungsanlagen 212  
 Kopenhagen 237  
 Koplasttoilette 212  
 Korb-Filter 153  
 Korrosionsschutzmittel 82  
 Korruption 233  
 Kosten 103, 112, 172, 176  
 Kostenansätze 112  
 Kostenrechnung 111  
 Kostenvorteile 159  
 Krankenhäuser 69  
 Krebstherapie 73  
 Kreiselpumpen 154  
 Kreislauf 37  
 Kreislaufufführung 88, 100, 223  
 Kreislaufmodelle 203  
 Kreislaufwirtschaft 29, 208  
 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, KrW-/AbfG, §4 208  
 Krokydolith 106  
 Kryorit 145  
 Kupfer 60, 61, 81, 230
- L**  
 Laboratorien 69  
 Lachgas (N<sub>2</sub>O) 52  
 Lamberts-mühle 237  
 Länderabwasserabgabengesetze 106  
 Länderarbeitsgemeinschaft 48  
 Landesbauordnung 194  
 Landeswassergesetz 91, 162  
 Landschaftsverbrauch 162  
 Landwirtschaft 21, 55, 59, 75, 76, 87, 111, 211  
 Langsamfilter 32

- Laporte 14  
 LAS 83  
 latrinas 13  
 Latrinen 228  
 Lauterborn 34  
 LAWA 48  
 Least-Cost Planning 114  
 Lebensdauer 185  
 Leckagen 233  
 Lehmwände 126  
 Lehmwandverrieselung 126  
 Leitbilder 202  
 Leitungsverluste 23  
 Lemna sp. 176  
 Leuciscus idus 67  
 Lever 82  
 Lichtschrankensteuerungen 124  
 Liernur 19, 20, 31, 32  
 Liernursystem 19, 22, 232  
 Ligninsulfonate 66  
 Lindley 32  
 Linearen Alkylbenzolsulfonate (LAS) 66, 86  
 Lipidsenker 71, 72  
 London 17, 27, 31  
 Lösungsmittel 81  
 Lötmittel 82  
 Lotus-Blumen-Effekt 134  
 Löw 33  
 Lübeck 216, 217  
 Lübeck-Flintenbreite 237  
 Luft 76, 77, 87
- M**
- Magdeburg 27  
 Magerwiesen-Saatgutmischungen 147  
 Magnet 84  
 Magnetbehandlung 84  
 Makrofloken 191  
 Mannheim Wallstadt-Nord 238  
 Materialintensität 220  
 Max von Pettenkofer 18, 36  
 Medikamente 71  
 Medikamentenrückstände 74  
 Mehrkammerabsetzgruben 164  
 Mehrkammerausfallgruben 164  
 Mehrkammergrube 97  
 Meldepflicht 152  
 Membranbelebung 191  
 Membranbelüfter 179  
 Membranbiologie 191, 192  
 Menschenrechte 244  
 mesophil 221  
 Mesopotamien 31  
 Messgrößen 95  
 Metabolite 78  
 Metabolitgehalt 77  
 Metallhydroxidfloken 191  
 Metallver- und bearbeitung 95  
 Metapolis 79  
 Methan (CH<sub>4</sub>) 55  
 Methangas (CH<sub>4</sub>) 221  
 Methangas (CH<sub>4</sub>) 54  
 Methylnaphthalinderivate 66  
 Miasma 17, 18  
 Miasmentheorie 18, 36  
 Mikrofiltration 191  
 Mikroverunreinigungen 28, 59  
 Mindestanforderungen 91, 96, 106  
 Mineräldünger 223  
 Mineralisierung 129  
 Mineralölkohlenwasserstoffe 60  
 Mini-Flush-Toilette 124  
 MIPs-Studien 235  
 Misch- oder Regenwasserüberläufen 75
- Mischarmaturen 120  
 Mischsystem 46  
 Mischwasser 189  
 Mischwasserentlastungen 40  
 Mischwasserrückhaltebecken 48  
 Mischwasserüberläufe 47  
 missing sink 54  
 Mittlere Schmutzstoffgehalte 43  
 m-Nitrobenzolsulfonat 66  
 Modellkläranlage 68  
 Modellstadt 205  
 moderne Kanalisation 31  
 molekularen Stickstoff (N<sub>2</sub>) 58  
 MONO 182  
 Mortalitätsraten 21  
 Moules Erdklosett 31  
 Mulden 217, 222  
 Mulden-Rigolen-System 145  
 Muldensystem 137, 237  
 Muldenversickerung 140, 145, 236  
 Müllabfuhr 22  
 München-Haidhausen 238  
 Münster 27  
 mutagen 72, 73  
 Mutagenität 67, 68  
 Mutagenitätspotential 67
- N**
- N 59  
 N/P-Verhältnis 57, 59  
 N<sub>2</sub>O-Emissionen 53  
 Na-Al-Silikate 86  
 Nachhaltigkeit 91, 201  
 Nachklärung 170  
 Nachweisverfahren 78  
 Naherholung 88  
 Näherungselektronik 43, 120, 114, 179, 217  
 Nährstofffrachten 209  
 Nährstoffkreislauf 27  
 Nährstoffkreislauf 54  
 Nahrungsmittel 241  
 Nahrungsmittel 79  
 Nahrungsmittelproduktion 226  
 N-Alkylphthalimide 66  
 Nanofiltration 191  
 Nanooberfläche 134  
 nasser Anhygiene 211  
 (Natrium)Citrat 86  
 Natriumperborat 86  
 Natriumpercarbonat 86  
 Natriumsulfat 86  
 Naturfaser 82  
 Naturhuset 229  
 Naturklimakonzept 238  
 Naturschutzstrategie 229  
 Naturschutzstrategien 233  
 Naturstein- und Betonsteinpflaster 147  
 N-Düngung 76  
 neue Bundesländer 115, 116  
 Neurodermatiker 65  
 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 168  
 N-Hydroxymethyl 66  
 Nichtionische Tenside 82, 86  
 Niederrheinischer Verein für öffentliche Gesundheit 32  
 Niederschlagsgebühr 145  
 Niederschlagsintensität 142  
 Niederschlagswasser 109, 137, 138, 142  
 Niederschlagswasserversickerung 107  
 Niedrigenergiehaus 212, 229  
 night soil 199  
 Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 58, 117, 168
- Nitratatmung 183  
 Nitratgehalte 57  
 Nitratkonzentrationen 56  
 Nitratrichtlinie 109  
 Nitrifikation 52, 58, 169, 170, 180, 183, 192, 214, 220  
 Nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) 58  
 Nitrosaminen 58  
 Nitroverbindungen 74  
 N-Methoxymethyl 66  
 NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 169  
 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 169  
 No-Mix-Toiletten 211, 225, 238, 239  
 Nonylphenol 62, 63  
 NO-Radikale 53  
 Norderstedt 238  
 Nordsee 59, 60, 71  
 Norrköping, Schweden 238  
 NOx 169  
 NTA = Nitrioltriacetat 64, 86  
 Nürnberg-Gostenhof 238  
 Nutzwasser 41, 193
- O**
- Obere Wasserbehörden 94  
 Oberflächenbeschichtung 134  
 Offenbach, Hotel "Arabella" 238  
 öffentliche Gewässer 31  
 Ökobilanz 156, 223, 235  
 Ökohaus Corneliusstraße 236  
 Ökologische Sanitärkonzepte 88  
 ökologischer Stand der Technik 235  
 Ökotoxikologie 74  
 ökotoxikologisch 73  
 Ökozentrum Schattweid Schweiz 238  
 Ölsiphon 124, 125  
 o-Phenylphenolderivate 66  
 Optische Aufheller 86  
 Organohalogene (AOX) 60  
 Oslo, Norwegen 238  
 OSPAR 110  
 Östrogen 62  
 Östrogenoide Stoffe 62  
 Ozonanlage 34
- P**
- P 59  
 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-P 29  
 PAK = polycycl. aromatische Kohlenwasserstoffe 64  
 Palast von Knossos 31  
 PAN = Peroxyacetylnitrat (Smog-Substanz) 64  
 Paris 13  
 Passivhaus 212, 229, 238  
 Pasteur 31  
 Pathogene 222  
 pathogene Keime 69  
 PCB = polychlorierte Biphenyle 60, 64  
 PCDD = polychlorierte Dibenzodioxine 64  
 PCDF = tpolychlorierte Dibenzofurane 64  
 Pentachlorphenol 106  
 PER = Perchloräthylen 64  
 Perlatoren 119  
 Persil 83  
 Persil-Megaperls 83  
 Persistenz 73, 77, 78, 87, 117, 139  
 Pestizideinsatz 76  
 Pettenkofer 18, 26, 32
- Pflanzenkläranlage 212  
 Pflanzenbeet 193, 222  
 Pflanzenkläranlage 103, 165, 166, 168, 183, 186, 184, 196, 211, 217, 226, 232, 236, 237, 238, 239,  
 Pflanzenschutzmittel 77  
 Pflicht zur Abwasserbeseitigung 103  
 P-Fracht 29, 186  
 pH 69  
 Pharmazeutika 72  
 Phosphat 55, 86  
 Phosphateintrag 55  
 Phosphatelimination 59, 180  
 Phosphat-Ersatzstoffe 106  
 Phosphat-Fällung 35  
 Phosphatverbot 79  
 Phosphatvorräte 50  
 Phosphonate 66, 86  
 Phosphor  
 Phosphor 24, 44, 45, 50, 54, 55, 56, 57, 79, 88, 129, 130, 204, 205, 213, 219, 227  
 Phosphor (P) 27  
 Phosphor (P) 50, 58  
 Phosphoreinträge 56  
 Phosphorfluss 79, 206  
 Phosphorfracht 57  
 Phthalate (DEHP) 60  
 pH-Wert 42, 76  
 Pilotprojekten 207  
 planetare Grenzschicht 79  
 Plantaren 83  
 Polarität (Wasserlöslichkeit) 64  
 Polder 141  
 Polyacrylate 66  
 Polycarbonsäuren 86  
 Polycarboxylate 66, 106  
 Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) 60, 139  
 Polyester 66  
 Polyglykol 66  
 Polyvinylalkohole 66  
 Polyvinylpyrrolidon 86  
 Porengröße 191  
 Porenvolumen 187  
 poröser Straßenbelag 144  
 poröser Straßenkörper 144  
 potentia hydrogenii 42  
 Poudrette 19, 36  
 Poudrettefabrikation 22  
 Poudretteproduktion 20  
 Predicted Environmental Concentration, PEC 62  
 Predicted No-Effect Concentration, PNEC 62  
 prEN 13714 61  
 Preußische Allgemeine Landrecht 31  
 Preußische Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 33  
 Preußisches Gesetz zur Bildung von Wassergenossenschaften 32  
 Preußisches Wassergesetz 34  
 Primärenergie 220, 222, 224  
 Primärenergieäquivalente 2095  
 Primärenergieeinsatz 204  
 Primärschlamm 61, 175  
 prioritären Stoffen 62  
 Private Haushalte 27, 40, 79  
 Privatflüsse 31  
 Privatisierung 112  
 Procter & Gamble 82  
 propylenglykol 66  
 Pseudomonas aeruginosa 195  
 Psychosoziale Hemmnisse 232



- Pumpen 154  
 Pumpenergie 156  
 PVC 230
- Q**
- QAV = Quarternäre Ammoniumverbindungen 64, 70  
 QTW 47  
 Qualitätskontrolle 246  
 Qualitätsziele 195  
 Quaternäre Ammoniumverbindungen (QAV) 70  
 Quecksilber 106
- R**
- R. Lindström 131  
 Rahmen-Abwasser-Verwaltungsvorschrift 69, 95, 107  
 Raining 156  
 Rainsoft III 155  
 Ramshusene 229, 236  
 Rasengittersteine 147  
 Raumbelastung 170  
 Reaktivfarbstoffe 69  
 Rechtspraxis 234  
 Reduktion 58  
 Reformprojekte 232  
 refraktär 65, 70  
 refraktäre Stoffe 66  
 refraktärem CSB 68  
 refraktärer CSB TOC 66  
 Regeln der Technik 106  
 Regelwerk der ATV 171  
 Regen 76, 77  
 Regenspende 142  
 Regenüberlauf 47  
 Regenüberlaufbecken (RÜB) 47, 48  
 Regenwasser 39, 41, 46, 114, 121, 138, 189, 193, 199, 208, 236  
 Regenwasserbewirtschaftung 137, 141, 142, 231, 236  
 Regenwassernutzung 150, 156, 157, 159  
 Regenwassernutzung 162, 231, 234, 236, 238  
 Regenwassernutzungsanlagen 151  
 Regenwasserversickerung 140, 146, 162, 232, 234, 238  
 Rehfelde 179  
 Reichministerium für Ernährung und Landwirtschaft 34  
 Reichsuechengesetz 33  
 Reinigen 82  
 Reinigungsmittel 79, 80, 82, 83, 84  
 Reinluftgebiet 77  
 Resistenzen 72  
 Respiration 58  
 Ressourcenkontrolle 205  
 Rest-CSB 68  
 Restmüll 208  
 Retention 205, 231  
 Rhein 27, 28  
 Rheinfltrat 75  
 Richtlinie über Badegewässer 110  
 Richtlinie über Badegewässer (76/160/EWG) 109  
 Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG) 109  
 Richtlinie über Fischgewässer (78/659/EWG) 109  
 Richtlinie über gefährliche Stoffe (76/464/EWG) 109
- Richtlinie über Muschelgewässer (79/923/EWG) 109  
 Richtlinie über Oberflächenwasser (75/440/EWG) 109  
 Rieselfeld 22, 23, 31, 33, 35, 138, 189,  
 Rinkwasserverbrauch 193  
 Risikobewertung 62  
 Robert Koch 18, 33  
 Robert-Koch-Institut 72  
 Roemer Visscheustraat Amsterdam 21  
 Rohhumus 129  
 Rohr- oder Rigolenversickerung 145  
 Rohrmaterial 230  
 Röntgeninstituten 69  
 Röntgenkontrastmittel 73, 74  
 Rotations-Tauchtropfkörper 197  
 Rottebehälter 164  
 Rotteprozess 130, 209  
 Rotterdamer Hafen 60  
 Rottevorgang 129  
 Royal Commission on Rivers Pollution 31  
 Rückblickende Technikfolgenabschätzungen (retrospe) 232  
 Rückhaltemaßnahmen 158  
 Rückhaltevolumen 150  
 Ruhr 34  
 Ruhrverband 35
- S**
- Salford 34  
 Salpetergewinnung 132  
 Sammelkläranlage 35  
 Samuel Taylor Coleridge 26  
 Sandfilter 166, 168  
 Sandfiltergräben 166  
 Sanfte Chemie 64  
 Sanitärkonzepte 74, 210, 231  
 Saprobienstadium 34  
 Satzung 162  
 Sauerstoff 54  
 Sauerstoffbedarf 43  
 Sauerstoffsättigung 195  
 SBR-Anlage 176, 179  
 SBR-Verfahren 34, 168, 179, 180  
 SBR-Zyklus 178  
 Schacht- und Beckenversickerung 145  
 Schadeinheit 105  
 Scheibentauchkörper 181, 217  
 Scheibentauchtropfkörperanlage 238  
 Scheibentropfkörper 181  
 Scheitelniedrigung 137  
 Schiettinger- oder New Yorker Pumpe 18  
 Schlamm 60  
 Schlammalter 170  
 Schlammbelastung 170  
 Schlauchmembranbelüfter 179  
 Schluckbrunnen 145  
 Schmerzmittel 71, 72  
 Schnellfiltration 199  
 Schönungsteiche 167, 176  
 Schotterrasen 147  
 Schurtannen 188  
 Schwallbeschickung 185  
 Schwalleinrichtung 185  
 Schwallentleerung 185  
 Schwallvorrichtung 187  
 Schwarzwasser 39, 55, 208, 211  
 Schweden 124  
 Schwefel 51, 219  
 schwefelatmender Bakterien 227
- Schwefeldioxid 76  
 Schwefelwasserstoff 58  
 Schwemmkanal 241  
 Schwemmkanalisation 18, 22, 24, 27, 29, 36, 161  
 Schwemmkanalisation 214, 217  
 schwer abbaubar (=persistent) 64  
 schwer abbaubare Komplexbildner 95  
 Schwerin 27  
 Schwermetalle 76  
 Schwimm-Ansaug-Filter 153  
 Seegrasereffekt 192  
 Seife 86  
 Seine 32  
 Sektion öffentliche Gesundheitspflege 31  
 Selbstreinigung 26, 27, 32, 33, 37, 181  
 Selbstreinigungstheorie 27  
 Selbstschlußarmatur 120  
 Selbstschlußventilen 124  
 Separate Teilstrombehandlung 213  
 Separationstoiletten 230  
 separierende Toiletten 238  
 Sequencing Batch Reactor (SBR) 167, 177  
 Seuchen 199  
 Sevesogift 42  
 Sickergraben 165  
 Sickerleistung 142  
 Sickerschächte 165  
 Sickerspenden 142  
 Sickerteich 165  
 Sicospeicher 150  
 Silicate 86  
 Simultanfällung 79  
 Siphon 19  
 Skatologie 45  
 Sluffter 60  
 Smou Stadions 199  
 Sodasan 83  
 Softwareprogramme 155  
 soil-systems 97  
 Solaranlage 121  
 Solare Klärschlamm-trocknung 190  
 solarerwärmte Trocknungstoilette 211  
 Sommerhochwasser 141  
 Sonnenkollektoranlage 120  
 Sonnenkollektoren 122, 130  
 Spararmaturen 230  
 Spartaste 123, 135  
 Spartechnologien 119  
 Sparverhalten 157  
 Spermiengehalt 62  
 Spermienproduktion 62  
 Spülkanal 207  
 Spülkästen 123  
 Spülkreislauf 225  
 Spültoilette 241  
 Spülvolumen 118  
 ß-Blocker 71  
 ß-Naphthalinsulfonsäuren 66  
 Stadtklima 88  
 Stadtrökologie 229  
 Stadtplanung 232  
 Stadtreinigungsfrage 26  
 Stand der Technik 94, 106, 110  
 Staub 76  
 Stensund 227  
 Stercobilin 45  
 Steuerung 180  
 Stickoxide 76  
 Stickstoff 27, 28, 44, 45, 50, 54, 56, 58, 59, 76, 79, 87, 111, 129, 130, 204, 205, 219, 227
- Stickstoff (N<sub>2</sub>) 169  
 Stickstoffbilanzierung 76  
 Stickstoffeintrag 56, 76  
 Stickstoff-Elimination 169  
 Stickstoffeliminierung 45  
 Stickstofffluss 206  
 Stickstofffracht 87  
 Stickstoffkreislauf 56, 57  
 Stickstoffüberschuss 87, 128  
 Stickstoffumwandlungen 58  
 Stickstoffverbindungen 57  
 Stoffdurchfluss 201  
 Stoffdurchfluss 58  
 Stoffdurchflusswirtschaft 29  
 Stoffeinträge 87  
 Stoffkreislauf 201, 203, 204, 210  
 Stoffflussanalyse 79  
 Stoffströme 55  
 Stoffumsätze 79, 80  
 Stoßentleerung 187  
 Straßengesetzgebung 96  
 Straßen 138  
 Straßenablaufwasser 138  
 Straßenverkehr 59  
 Streifendarm 102  
 Strombedarf 218  
 Stromverbrauch 191, 122, 157, 217  
 Stubbekøbing, Kreis Storstrøm, Dänemark 238  
 Stückzahlen 234  
 sublethal 64  
 Sulfiden 227  
 Summenparameter 41, 42, 44  
 Süßwasser 241  
 Sustainability 201  
 symbiotische N-Fixierung 76  
 Synthesefasern 82  
 synthetische Hormone 71  
 Synthetische Schlichtemittel 66  
 System Gustavsberg-Toiletten 123
- T**
- TA Siedlungsabfall TAsi 59  
 Tabuthema 233  
 TAED (Tetraacetyldiamin) 86  
 Tagungen 245  
 Tanum, Schweden 238  
 Tauchpumpen 154  
 Tauchtropfkörper 181, 196, 197  
 Tauchtropfkörperanlage 103, 196, 236  
 TBT = Tributylzinn 64  
 Technical Guidance Documents 62  
 Technikgeschichte 24  
 Teerfarbenindustrie 31  
 Teichanlagen 211  
 Teilstrombehandlung 51, 69, 88, 114, 206, 207, 223, 228  
 Teilstromorientierte Sanitärkonzept 203, 208  
 Tenside = oberflächenaktive, waschaktive Substanzen 64  
 Tenside 69, 82  
 Tenside (LAS) 60  
 Tetrachlorethen 106  
 Tetrachlormethan 106  
 Textilabwässer 66  
 Textilhilfsmittel 66  
 Textilhilfsmittelkatalog 66  
 Textilien 85  
 Textilindustrie 68, 69  
 Textilproduktion 67  
 Textilveredelung 59, 66  
 Thales von Milet 31  
 Themse 17, 32  
 thermophil 221

- thermosiphonische Schichtung 122  
thermostatischen Mischbatterien 133  
Tiefspülklosett 15  
Tierarzneimittel 72  
Toilettentypen 128  
Tonnensystem 22  
Toronto, Kanada, "Healthy House" 237  
Toxine 59  
Toxizität 68  
Toxizitätsdaten 67  
TransparencyInternational (TI) 242  
Treibhaus 227  
Treibhauseffekt 52, 211  
Treibhausgase 52  
Tremolit 106  
Trennkanalisation 48  
Trennsystem 23, 46, 48  
Trenntoilette 127, 129, 213, 237, 238  
Treuhandgesetz 115  
Tri = Trichlorethylen 64  
Trichlorbenzol 106  
Trichlorethen 106  
Trichlormethan 106  
Trichter klosett 15  
Trichtertoilette 15  
Trinkwasser 41, 193, 223, 241  
Trinkwasseraufbereitung 203  
Trinkwasserbedarf 193  
Trinkwasserinstallation 194  
Trinkwassernachspeisung 151, 152, 154  
Trinkwasserrichtlinie 110  
Trinkwasserrichtlinie (80/778/EWG) 109  
Trinkwasserverbrauch 46  
Trinkwasserverordnung 77  
Trinkwasserversorgung 75, 78  
TrinkwV § 17 (1) 152  
trockene Hygiene 211, 243  
trockener Abfuhr 21  
Trockenklos 128  
Trockensubstanz (TS) 45  
Trockensubstanzgehalt 129, 190, 209  
Trockentoiletten 209, 211  
Trockenwetter-Spitzenabfluss 47  
Trocknung 208  
Trocknungstoiletten mit Solarerwärmung 243  
Tropfkörper 33, 35, 166, 168, 176, 181, 183, 217  
Tropfkörperanlagen 103
- U**  
Überschussschlamm 175  
Überwachungswerte 95  
Uferfiltrat 75  
Uferfiltration 35  
Ultrafiltration 74  
Umkehrosmembranfiltration 69  
Umweltbundesamt (UBA) 60  
Umweltgeschichte 232  
Umweltinformationsgesetz (UIG) 61  
unbefugte Gewässerbenutzung 96  
Unbelüftete Abwasserteiche 176  
Understenshöjden, Schweden 239  
undichte Kanäle 75  
Universitätsklinikum Freiburg 70  
Untere Wasserbehörden 94  
untergesetzliches Regelwerk 99  
Untergrundverrieselung 165  
Untergrundverrieselung 103, 236
- Unterirdische Bewässerung 165  
Urease 214  
Urin 14, 24, 36, 37, 39, 45, 55, 79, 114, 124, 127, 129, 130, 131, 187, 204, 208, 211, 212, 215, 216, 217, 224, 231, 233, 235, 238, 239, 242  
Urin- Trenntoiletten 230  
Urinablauf 131  
Urinableitung 126, 132  
Urinale 124, 125  
Urinette 126, 230  
Urinseparation 133, 205  
urinseparierende Toiletten 124, 127  
Urinseparierenden Komposttoilette 236  
Urinseparierung 127, 231  
Urintrennung 132  
UV-Desinfektion 196, 239  
UV-Desinfektionsanlage 196  
UV-Hygenisierung 199  
UV-Lampe 198  
UV-Strahler 196
- V**  
Vakuumtoiletten 222  
Vakuum 21, 124, 222  
Vakuumanlage 217, 237  
Vakuumentwässerung 19  
Vakuumsystem 219  
Vakuumentchnik 223  
Vakuumtoilette (VC) 126, 205, 216, 217, 224, 228, 230, 234, 236, 237, 238  
Vauban 201, 216, 222  
Vaubangelände 145  
Vegetarier 45, 241  
Veratmung 221  
Verbraucherverhalten 234  
Verbrauchswerte 120  
Verbrennungsenergie 221  
Verdünnungsfaktor 26  
Verdunstungsrate 190  
Veredelungswirtschaft 45  
Vergärung 167  
Vergärung die Behandlungszeit 74  
Verhaltensänderungen 135  
Verregnung 164  
Verrieselung 27, 126, 165  
Versickerung 75, 97, 103, 114, 137, 138, 139, 142, 143, 157, 189, 205, 231, 236  
Versickerungsbewert 142  
Versickerungsanlagen 140, 147  
Versickerungsbewerte 142  
Versickerungseinrichtungen 142, 148  
Versickerungsfähigkeit 147  
Versickerungsgräben 147  
Versiegelungsfaktoren 143  
Vertikal durchflossener Bodenfilter 184  
vertikalen Siphon 125  
Vertikalsumpf 236  
Verursacherprinzip 91, 110, 111  
Verwaltungsvorschrift 98, 99, 104  
Viren 70  
Vitellogenin 63  
VOC = flüchtige org. Verbind. 64  
volatile solids 225  
Volksentscheid 25  
Vollwaschmittel 84  
Volumenstrom 120  
Vorfilterung 153  
Vorklärschlamm 61
- Vorklärun 170  
Vorrötte 129, 172, 174  
Vorsorgeprinzip 91, 110
- W**  
W. Lindley 31  
Waldquellesiedlung 236  
Wärmedämmung 121  
Wärmerückgewinnung 198, 228  
Wärmerückgewinnungsanlage 212  
Warmwasseranschluss 84, 120, 121  
Wartungsaufwand 195  
Wartungskosten 172  
Wasch- und Reinigungsmittel 59, 63  
Wasch- und Spülmaschinen 120  
Waschen 82  
Wäschewaschen 82  
Waschmaschinen 121  
Waschmaschinentechnik 120  
Waschmethoden 85  
Waschmittel 55, 79, 82, 85, 118  
Waschmittelgesetz 70  
Waschmittelhersteller 83  
Waschmittelkonzentraten 84  
Waschmittelverbrauch 82  
Wasserbedarf 241  
Wasserdargebot 41  
wasserfreie Geruchsverschlüsse 127  
Wasserfreie Urinale 126, 211, 230, 236  
wassergebundene Decken 147  
wassergefährdenden Stoffe 106  
Wasserhärte 84, 121  
Wasserhaushaltsgesetz (WHG) 91, 92, 94  
Wasserklosett 13, 28, 36, 37  
Wasserknappheit 241  
Wasserkraftanlage 93  
Wasserkultur 202, 203  
Wasserleitungen 60  
Wasserlinsen 176  
Wassermangel 243  
Wassernutzung 241  
Wasserrahmenrichtlinie 110  
Wasserrecht 91  
Wasserrechtliche Freistellung 103  
Wasserrechtsbehörde 93  
Wasserschutzgebiete 77  
Wassersparen 117, 135  
Wassersparen 203  
Wassersparende Armaturen 119, 134, 234  
wassersparende WCs 123  
Wassersparmaßnahmen 234  
Wassersparpaket 117, 119  
Wassersparpotential 120  
Wasserspartechniken 117  
Wasserspartechnologien 118  
Wasserspartoiletten 209  
Wasserspülmenge 123  
Wasserspülung 22  
Wasserverbrauch 117, 217  
Wasserversorgung 15, 21, 22, 32, 36, 199  
Wasserwerke 32  
Wasserwirtschaftsverwaltung 99  
Wasserzählertarife 133  
Wattenmeer 58  
Wattsterben 58  
WC-Unterbrechertaste 118, 123  
Weichspülen 84  
Weißwasser 193  
Werra 35  
WHG 92, 234  
WHG-Novelle 95  
Wiederbeschaffung 111
- Wiederbeschaffungswert 23  
Wien-Gänslerndorf 239  
Winterhochwasser 141  
Winterniederschlägen 75  
Wirbel-Feinfilter 153  
Wirbelschicht 183  
Wirkstoffeintrag 78  
Wirksstoffklassen 71  
Wissenschaftliche Deputation für das Medizinalwesen 23  
Wohnen & Arbeiten 223  
Wohnen & Arbeiten, Freiburg 238  
Wohnnebenkosten 111  
Wohnungswasserzähler 134  
Wringpressen 190  
Wurzelaumanlagen 166
- X**  
Xenobiotika 64, 74
- Z**  
Zellstoffindustrie 59  
Zentrifugen 190  
Zink  
Zink 61, 81, 230  
zinnorganische Verbindungen 60  
Zisternen 154  
Zooplankton 227  
Zuckerfabriken 34  
zukunftsfähig 201  
zukunftsfähige Sanitärstrategien 37  
Zweckverband 98  
Zweigriffmischarmatur 120  
Zweite Miete 111  
Zytostatika 73  
Zytostatikum 73