

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT
- Wassergefährdende Stoffe -

Forschungsbericht 297 28 528
UBA-FB 000210



**Gefährdungspotenzial von undichten
Kanälen bei industriellen und
gewerblichen Grundstücks-
entwässerungsleitungen und die
Ableitung von Empfehlungen zur
Revitalisierung defekter
Entwässerungsleitungen**

von

Dr. Eckart Bütow
Dr. Hartmut Krafft
Dipl.-Ing. Michael Rüger
Dipl.-Ing. Jens Lüdecke

HPC Harres Pickel Consult GmbH, Merseburg
ingenieurbüro dr. bütow, Berlin
SKB/Dr. Krafft, Bad Elster

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese TEXTE-Veröffentlichung kann bezogen werden bei
Vorauszahlung von DM 20,-- (10,26 Euro)
durch Post- bzw. Banküberweisung,
Verrechnungsscheck oder Zahlkarte auf das

Konto Nummer 4327 65 - 104 bei der
Postbank Berlin (BLZ 10010010)
Fa. Werbung und Vertrieb,
Ahornstraße 1-2,
10787 Berlin

Parallel zur Überweisung richten Sie bitte
eine schriftliche Bestellung mit Nennung
der **Texte-Nummer** sowie des **Namens**
und der **Anschrift des Bestellers** an die
Firma Werbung und Vertrieb.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr
für die Richtigkeit, die Genauigkeit und
Vollständigkeit der Angaben sowie für
die Beachtung privater Rechte Dritter.
Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 33 00 22
14191 Berlin
Tel.: 030/8903-0
Telex: 183 756
Telefax: 030/8903 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiete III 3.5
Dr. Ulrich Hagendorf

Berlin, November 2001

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Aufgabenstellung	7
2	Rechtliche und technische Rahmenbedingungen beim Bau und Betrieb von Grundstücksentwässerungsleitungen	10
2.1	Wasserrecht	11
2.2	Landesbauordnungen	12
2.3	Satzungsrecht	12
2.4	Eigenkontrollverordnungen bzw. Selbstüberwachungsverordnungen	13
2.5	Technische Regeln	20
2.6	Fazit zu den rechtlichen Rahmenbedingungen	21
3	Methodische Vorgehensweise	23
3.1	Branche	24
3.2	Kanalsystem	26
3.3	Schäden	26
3.4	Untergrund	27
3.5	Grundwasser	28
3.6	Fazit zur Vorgehensweise	28
4	Abwasseraufkommen bei Industrie und Gewerbe	29
4.1	Übersicht zum Abwasseraufkommen	30
4.2	Berücksichtigte Wirtschaftszweige	31
4.3	Ableitung von Abwassermengenklassen	35
4.4	Fazit zum Abwasseraufkommen	37
5	Branchentypische Abwasserbeschaffenheit	39
5.1	Relevante Branchen	39
5.1.1	Auswahlkriterium Mindestanforderungen	40
5.1.2	Auswahlkriterium Kanal	40
5.1.3	Auswahlkriterium Abwassermengen	42
5.2	Recherchen	
5.2.1	Datenlage	43
5.2.2	Bewertung	44
5.3	Abwasserbeschaffenheitsklassen	48
5.4	Leitparameter	52
5.5	Fazit zur Abwasserbeschaffenheit	53
6	Bautechnik von Grundstücksentwässerungsleitungen	55
6.1	Branchenbezogene Kanalnetzlängen	55
6.2	Kanalnetzlänge und Betriebsfläche	58
6.3	Alter	59
6.4	Rohrwerkstoffe	60
6.4.1	Abriss zur historischen Entwicklung des Kanalbaus in Deutschland	60
6.4.2	Eingesetzte Werkstoffe	62
6.5	Fazit zur Bautechnik	68

7	Schäden bei Grundstücksentwässerungsleitungen	69
7.1	Umweltrelevante Schadensarten	71
7.2	Umweltrelevante Schadensgröße	74
7.3	Schadensstatistik	78
7.3.1	Erhebungen zur Schadensverteilung	79
7.3.2	Literaturbeispiele der Schadensstatistik.....	81
7.3.3	Auswertung der Schadensstatistiken	87
7.4	Abschätzung der Sanierungskosten.....	88
7.5	Fazit zu den Schäden	89
8	Abschätzung des Schadstoffeintrages undichter Kanäle in Boden und Grundwasser	91
8.1	Exfiltrationsraten	91
8.2	Abwasserbelastung.....	93
8.3	Sorption von Schadstoffen im Untergrund	94
8.4	Abschätzung Schadstoffanreicherung im Untergrund.....	96
8.5	Abschätzung Grundwasserbelastung durch Schadstofffreisetzungen	100
8.6	Fazit der Belastungsabschätzung	103
9	Fallbeispiele	105
9.1	Recherchen.....	106
9.2	Dokumentation	109
9.2.1	Fallbeispiel 1 - Lager- und Umschlagfläche für Kraftstoffe (Anhang 49).....	109
9.2.2	Fallbeispiel 2 - Kfz-Reparaturwerkstatt (Anhang 49).....	111
9.2.3	Fallbeispiel 3 - Preßwerk, Metallformung (Anhang 40, Teil 10).....	112
9.2.4	Fallbeispiel 4 - Kfz-Waschplatz (Anhang 49)	114
9.2.5	Fallbeispiel 5 - Tankstelle, Faßlager (Anhang 49).....	115
9.2.6	Fallbeispiel 6 - Raffinerie (Anhänge 36, 45).....	117
9.2.7	Fallbeispiel 7 - Textilveredelung (Anhang 38).....	119
9.2.8	Fallbeispiel 8 - Fuhrparkhalle / Kfz-Reparaturwerkstatt (Anhang 49)....	121
9.2.9	Fallbeispiel 9 - Kühlsysteme, Dampferzeugung (Anhang 31)	122
9.2.10	Fallbeispiel 10 - Kryolith-, Holzschutzmittelproduktion (Anhang 22)	124
9.3	Auswertung	126
9.3.1	Exfiltrationsnachweise.....	126
9.3.2	Leitparameter.....	130
9.3.3	Umweltrelevanz	131
9.4	Fazit der Fallbeispieluntersuchungen.....	133
10	Bewertungsmodell zur Ermittlung des Untersuchungsbedarfs bei betrieblichen Grundstücksentwässerungsleitungen	135
10.1	Ermittlung des Handlungsbedarf für betriebliche Standorte	135
10.2	Grundbewertung eines Standortes	136
10.3	Betriebscharakteristik	136
10.4	Umweltcharakteristik	141
10.5	Anwendung der Fallbeispiele für die Grundbewertung	142
10.6	Empfehlungen zur Bewertung des baulichen Zustandes.....	144
10.7	Fazit zur Bewertung.....	146
11	Zusammenfassung	147
12	Literatur	151

Abbildungsverzeichnis

(Die Gliederung von Abbildungs-, Tabellen- und Anlagenverzeichnis entspricht der Kapitelnummerierung)

Abbildung 3.1:	Randbedingungen bei undichten industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen	23
Abbildung 4.1:	Abwasserherkunftsbereiche / Wirtschaftszweige - Anzahl der Betriebe mit einem Wasseraufkommen von > 10.000 m³/a	33
Abbildung 4.2:	Abwasserherkunftsbereiche / Wirtschaftszweige - durchschnittliche behandelte Abwassermengen pro Betriebsstandort	35
Abbildung 6.1:	Übersicht der verwendeten Rohrwerkstoffe [ST-92]	63
Abbildung 7.1:	Häufigkeitsverteilung der Kanalschadensbilder [DY-98]	86
Abbildung 8.1:	Prinzipskizze Schadstofffreisetzung und Schadstoffanreicherung	98
Abbildung 8.2:	Schematische Darstellung Schadstoffausbreitung	100

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Verordnungen zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen und Kanalisationen	14
Tabelle 2-2:	Anforderungen an die Eigenüberwachung von Abwasserkanälen und -leitungen	16
Tabelle 3-1:	Relevante Einflußgrößen auf die Umwelt bei industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen	25
Tabelle 4-1:	Vergleich Bundesstatistiken Wasserversorgung, Abwasseraufkommen, [STB-91, STB-95]	30
Tabelle 4-2:	Abwasser - Aufkommen, Behandlung, Einleitung [STB-95]	31
Tabelle 4-3:	Abwassermengen pro Wirtschaftszweig / Branche [STB-95]	32
Tabelle 4-4:	Anzahl der Betriebe pro Wirtschaftszweig / Branche [STB-95]	34
Tabelle 4-5:	Menge des behandelten Abwassers pro Betrieb und Wirtschaftszweig / Branche [STB-95]	36
Tabelle 4-6:	Abwassermengenklassen - Wirtschaftszweige / Branchen klassifiziert entsprechend der Menge des pro Betrieb behandelten Abwassers	37
Tabelle 5-1:	Vergleich Wirtschaftszweige, Abwasserherkunftsbereiche, Umweltrelevanz	41
Tabelle 5-2:	Zuordnung zu Abwasserbeschaffenheitsklasse 3 und 2, Leitparameter für Boden- und Grundwasseruntersuchungen	49
Tabelle 5-3:	Zuordnung zu Abwasserbeschaffenheitsklasse 1, Leitparameter für Boden- und Grundwasseruntersuchungen	50
Tabelle 5-4:	Leitparameter - Einstufung	51
Tabelle 5-5:	Abwasserbeschaffenheitsklassen - Bewertung	52
Tabelle 5-6:	Branchenübergeordnete Leitparameter für Boden- und Grundwasseruntersuchungen	52
Tabelle 6-1:	Recherchierte Kanalnetzlängen und Vergleichsdaten öffentlicher Liegenschaften	56
Tabelle 6-2:	Anteile der Entwässerungssysteme am Gesamtnetz	56
Tabelle 6-3:	Länge des Kanalnetzes der 1991 erfassten Betriebe	57
Tabelle 6-4:	Standortgrößenklassen	58
Tabelle 6-5:	Alter der Bundeswehrkasernen in Bayern [UL-94]	59
Tabelle 6-6:	Kanalnetzarten und Werkstoffverteilung	65
Tabelle 6-7:	Werkstoffverteilung im Werk Höchst/Frankfurt [TA-92]	66

Tabelle 7-1:	Zusammenstellung umweltrelevanter Schäden	76
Tabelle 7-2:	Schadensverteilung an Grundstücksentwässerungsleitungen (Misch-, Schmutz-, Produktionsabwassernetz)	79
Tabelle 7-3:	Standortbeispiel aus Maschinenbaubranche – Anzahl der Einzelschäden, klassifiziert nach Schadensgröße	82
Tabelle 7-4:	Verteilung von punktuellen Schäden BW-Kaserne Balthasar-Neumann [UL-94]	83
Tabelle 7-5:	Längsrisse in Abhängigkeit von Rissart und Rissbreite [UL-94]	84
Tabelle 7-6:	Art und Häufigkeit von Schäden an optisch inspizierten Hausanschlußleitungen [KM-92]	85
Tabelle 7-7:	Art und Häufigkeit von Schäden an 200 repräsentativ ausgewählten Grundstücksentwässerungsleitungen einer Großstadt (Decker in LE-95)	85
Tabelle 7-8:	Übersicht zur Schadensdichte im Vergleich mit öffentlichem Kanalnetz	87
Tabelle 7-9:	Schadensdichte der punktuellen Schäden in Abhängigkeit vom Alter der Kanäle in der BN-Kaserne [UL-94]	88
Tabelle 8-1:	Exfiltrationsraten bei Riß- und Scherbenbildung [DO-99]	92
Tabelle 8-2:	Mittlere Wasserverluste aufgrund von Dichtheitsprüfungen [UL-94]	93
Tabelle 8-3:	Belastungen von Abwasser mit Schwermetallen	94
Tabelle 8-4:	Sorptionsverteilungskoeffizienten K_d für anorganische Verbindungen	95
Tabelle 8-5:	Sorptionsverteilungskoeffizienten K_d für organische Verbindungen	96
Tabelle 8-6:	Abschätzung der maximalen Bodenbelastung für ausgewählte Metalle	99
Tabelle 8-7:	Grundwasserbelastungen in Abhängigkeit von der Sorption (im Abstand 100 m von Freisetzungsstelle)	102
Tabelle 8-8:	Grundwasserbelastungen in Abhängigkeit von der Sorption und vom Schadstoffabbau (im Abstand 100 m von Freisetzungsstelle)	102
Tabelle 9-1:	Fallbeispiele - Rahmendaten	105
Tabelle 9-2:	Fallbeispiel 1 - Stammdaten	109
Tabelle 9-3:	Fallbeispiel 1 - Nachweise	110
Tabelle 9-4:	Fallbeispiel 2 - Stammdaten	111
Tabelle 9-5:	Fallbeispiel 2 - Nachweise	112
Tabelle 9-6:	Fallbeispiel 3 - Stammdaten	113
Tabelle 9-7:	Fallbeispiel 3 - Nachweise	113
Tabelle 9-8:	Fallbeispiel 4 - Stammdaten	114
Tabelle 9-9:	Fallbeispiel 4 - Nachweise	115
Tabelle 9-10:	Fallbeispiel 5 - Stammdaten	116
Tabelle 9-11:	Fallbeispiel 5 - Nachweise	116
Tabelle 9-12:	Fallbeispiel 6 - Stammdaten	118
Tabelle 9-13:	Fallbeispiel 6 - Nachweise	119
Tabelle 9-14:	Fallbeispiel 7 - Stammdaten	119
Tabelle 9-15:	Fallbeispiel 7 - Meßwerte der relevanten Parameter (0- 10 cm unter Rohrsohle)	120
Tabelle 9-16:	Fallbeispiel 7 - Nachweise	121
Tabelle 9-17:	Fallbeispiel 8 - Stammdaten	122
Tabelle 9-18:	Fallbeispiel 8 - Nachweise	122
Tabelle 9-19:	Fallbeispiel 9 - Stammdaten	123

Tabelle 9-20:	Fallbeispiel 9 - Nachweise	123
Tabelle 9-21:	Fallbeispiel 10 - Stammdaten	124
Tabelle 9-22:	Fallbeispiel 10 - maximale Meßwerte der relevanten Parameter (0-20 cm und 20 - 40 cm unter Rohrsohle)	125
Tabelle 9-23:	Fallbeispiel 10 - Nachweise	125
Tabelle 9-24:	Kanalschäden - Exfiltrationsnachweise im Bodenfeststoff	128
Tabelle 9-25:	Kombinationsmöglichkeiten von Abwassermenge und Schadstoffgehalten im Abwasser	130
Tabelle 9-26:	Fallbeispiele - Leitparameter	131
Tabelle 9-27:	Fallbeispiele - Streuung abwasserbeeinflußter Meßwerte im Bodenfeststoff	133
Tabelle 10-1:	Abwasserherkunftsbereiche - Verknüpfung von Abwasserbeschaffenheits- und Abwassermengenklassen	138
Tabelle 10-2:	Gesamtbewertung Betriebscharakteristik	141
Tabelle 10-3:	Bewertung der Umweltcharakteristik	142
Tabelle 10-4:	Bewertung der Fallbeispiele – Teil 1	143
Tabelle 10-5:	Bewertung der Fallbeispiele –Teil 2	143

Anlagenverzeichnis

Anlage 5	Meßwerte im Rohabwasser	
Anlage 5.1	II Chemische Industrie, Kokerei	217
Anlage 5.2	III Keramik, Glasgewerbe, Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden	223
Anlage 5.3	IV Metallerzeugung, Metallbe- und –verarbeitung, Herstellung von elektronischen Bauelementen	225
Anlage 5.4	V Holz-,Papier- und Druckgewerbe	228
Anlage 5.5	VI Textil- und Ledergewerbe	231
Anlage 5.6	VIII Dienstleistungen	235
Anlage 5.7	IX Sonstige	238
Anlage 6.1	Werkstoffverteilung an untersuchten Standortbeispielen	240
Anlage 6.2	Beispiele der Nennweitenverteilung	241
Anlage 7	Schadensverteilung an untersuchten Entwässerungsnetzen	244
Anlage 9	Dokumentation Fallbeispiele (separater Anlagenband) (Anforderung bei Umweltbundesamt, Referat III 3.5-H)	

1 Einführung und Aufgabenstellung

Bei Abwasserkanälen wird grundsätzlich unterschieden zwischen der öffentlichen Kanalisation und privaten Grundstücksentwässerungsleitungen. Grundstücksentwässerungsleitungen führen das auf dem jeweiligen Grundstück anfallende häusliche oder industriell-gewerbliche Schmutz- und Regenwasser als Indirekteinleiter dem öffentlichen Kanalnetz oder als Direkteinleiter einem Vorfluter zu. Die Anforderungen an die Abwassereinleitung als Indirekteinleiter oder Direkteinleiter sind ebenso wie der Bau und Betrieb von Grundstücksentwässerungsleitungen in rechtlichen Vorgaben und technischen Regeln festgelegt.

Undichte Grundstücksentwässerungsleitungen können bei industriellen und gewerblichen Standorten ein hohes Gefährdungspotential darstellen, da bei vielen Branchen mit gefährlichen Stoffen umgegangen wird und diese Stoffe über Leckagen des betriebsinternen Kanalnetzes in den Untergrund gelangen können. Systematische Erhebungen zum bautechnischen Zustand und zur Belastungssituation im Untergrund fehlen, da in den Ländern und Kommunen unterschiedliche Regelungen zur Eigenkontrolle bzw. Selbstüberwachung von Grundstücksentwässerungsleitungen eingeführt sind. Die Eigenkontrolle beinhaltet im allgemeinen eine regelmäßige Überwachung des Kanalnetzes, die Dokumentation der Untersuchungsergebnisse und erfordert ein betriebseigenes Kanalkataster.

Das private Kanalnetz erfährt im allgemeinen vom Eigentümer eines Bauwerks keine besondere Aufmerksamkeit. Während ein defektes Dach noch als sanierungsnotwendig angesehen wird, ist ein undichtes Kanalnetz zum einen nicht sichtbar und verursacht dem Eigentümer zunächst keinen unmittelbar nachweisbaren Schaden. Das öffentliche Kanalnetz wird in den meisten Fällen von einem Eigenbetrieb unterhalten, der auch die angeschlossene Kläranlage betreibt. Ein Betrieb der gesamten Entwässerungsanlage kann nur dann wirtschaftlich erfolgen, wenn die notwendigen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten kontinuierlich durchgeführt werden und die Anlage nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik ausgelegt ist. Die anfallenden Kosten werden über das Erheben einer Abwassergebühr abgedeckt und unterliegen damit einer kontinuierlichen öffentlichen Kontrolle. Unabhängig von den rechtlichen Rahmenbedingungen unterliegen Grundstücksentwässerungsleitungen daher einer geringeren Aufmerksamkeit als das öffentliche Kanalnetz.

Im Rahmen des Vorhabens sollte vor allem geklärt werden, warum generell Angaben zum bautechnischen Zustand von Grundstücksentwässerungsleitungen fehlen, welches Gefährdungspotential von diesen Leitungen ausgeht und wie die Überwachung von Grundstücksentwässerungsleitungen verbessert werden kann. Dazu müssen die rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen betrachtet werden, das branchenbezogene Gefährdungspotential muß quantifiziert werden und die Schäden von industriellen Kanalnetzen und ihre jeweiligen Umweltauswirkungen müssen bestimmt werden.

Informationen über die rechtlichen Rahmenbedingungen und ihre Umsetzung bieten Behörden, die zur Genehmigung und Überwachung von betrieblichen Kanalnetzen zuständig sind. Basisdaten zum betriebseigenen Kanalnetz und zu den jeweiligen Schäden können Industriebetriebe bereitstellen. Es wurden daher in einzelnen Bun-

desländern zuständige Kommunal- und Landesbehörden angesprochen. Unter Vermittlung der Behörden war an Betriebe heranzutreten, die Kanal-TV-Untersuchungen durchgeführt haben und Unterlagen für das Vorhaben zur Verfügung stellen können. Die Kontaktaufnahme zu den Betrieben erfolgte auch direkt über die zuständige Umweltschutzabteilung.

Zunächst wurden im Vorhaben zusammenfassend Daten über die abwasserrelevanten Branchen in Deutschland aus den öffentlich zugänglichen Statistiken zum Abwasseraufkommen ermittelt. Aus dieser Übersicht wurden die Branchen näher betrachtet, die hinsichtlich Abwasseraufkommen und branchentypischem Stoffumgang auf ein hohes Gefährdungspotential bei undichten Kanälen schließen lassen. Diese Erhebung dient als Grundlage für die Vorauswahl von Branchen und gewerblichen/industriellen Standorten, an denen Standortuntersuchungen durchgeführt bzw. Standortdaten recherchiert werden sollen.

Parallel wurden Angaben zur Abwasserbeschaffenheit an ausgewählten Branchen bzw. Standorten zusammengestellt und Vorschläge für branchenspezifische Leitparameter bzw. Untersuchungsparameter unterbreitet. Erste Angaben dazu geben die Vorgaben der Anhänge aus der Abwasserverordnung (AbwV). Diese Informationen sind Grundlage für Aussagen, ob durch Undichtigkeiten des Kanalnetzes eine Umweltbelastung von Wasser und Boden gegeben sein kann.

Ergänzend werden Angaben zum Umfang der betrieblichen Grundstücksentwässerungsleitungen an den zuvor ausgewählten Branchen und an einzelnen ausgewählten Betrieben zusammengestellt. Diese Untersuchungen sollen die aus statistischen Erhebungen gewonnenen Informationen für ausgewählte Branchen absichern. Sie umfassen Angaben zum Umfang von Abwasser- und Produktleitungen, verfügbare Angaben zum bautechnischen Zustand der Leitungen (Baujahr, Materialien, Wartung, Überwachung) und Angaben zum spezifischen Abwasseraufkommen.

Über Untersuchungen an Fallbeispielen wurden die branchenbezogenen Aussagen ergänzt und die Auswirkung von Schadstofffreisetzungen aus undichten Kanälen auf den Untergrund ermittelt. Über einfache Modellrechnungen wurde dabei abgeschätzt, ob durch Exfiltrationen Umweltbelastungen von Wasser und Boden zu besorgen sind. Die Ergebnisse aller Untersuchungen wurden zu einem Bewertungsansatz verknüpft, der über ein Punktsystem die Betriebscharakteristik und die Umweltcharakteristik für einen Standort quantifiziert. Damit können Empfehlungen zur Revitalisierung von Grundstücksentwässerungsleitungen gegeben werden.

Die in regelmäßigen Abständen ausgeführten ATV-Umfragen (u.a. 1990 und 1997) ermöglichen eine relativ gesicherte Beurteilung des baulichen Zustands des öffentlichen Kanalnetzes, dessen Gesamtlänge in Deutschland mit 399.201 km (Stand 1997) angegeben wird [DY-98]. Statistische Erhebungen zur Länge und zum Zustand von privaten Grundstücksentwässerungsleitungen sind für Deutschland nicht verfügbar. Die Gesamtlänge von Grundstücksentwässerungsleitungen wird auf mindestens 800.000 km abgeschätzt [DI-96, HM-95]. Ausgangspunkt ist die Annahme, daß das Grundstücksentwässerungsnetz zwei- bis dreimal so lang ist wie das öffentliche kommunale Kanalnetz. Dabei wird nicht unterschieden, ob es sich um Hausanschlüsse oder um industrielle bzw. gewerbliche Abwasserleitungen handelt. Andere

Angaben schätzen die Länge des privaten Kanalnetzes unter Berücksichtigung von Wohnbauten auf etwa 1,55 Mio. km [DO-97].

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollte der bundesweite Bestand an industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen abgeschätzt und der Anteil des Kanalnetzes ermittelt werden, bei dem aufgrund der Abwasserbelastung ein erhöhtes Umweltrisiko bei Schadstofffreisetzungen zu erwarten ist. Umweltschäden können die Folge sein, die nach den gesetzlichen Rahmenbedingungen zu minimieren oder ganz zu vermeiden sind, so daß die Notwendigkeit für eine Kanalsanierung besteht. Ein anderer Grund für die Instandsetzung von Grundstücksentwässerungsleitungen ist der Erhalt der Funktionsfähigkeit, da eine Verringerung dieser sich indirekt auf die Betriebskosten des Entwässerungssystems auswirkt.

Da die Aufwendungen für die Sanierung des Kanalnetzes sehr hoch sein können, war auch die Frage zu beantworten, ob bei jedem Schaden auch eine kostenintensive Sanierung gerechtfertigt ist. Untersuchungen an kommunalen Entwässerungsnetzen haben gezeigt, daß nur in Ausnahmefällen bei einer Exfiltration von Abwasser auch eine Belastung des Untergrundes festzustellen ist. Die Notwendigkeit einer Kanalnetzinstandsetzung ergibt sich für das kommunale Kanalnetz somit vor allem zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit. Für Grundstücksentwässerungsleitungen ergibt sich dann die Notwendigkeit einer Sanierung aus Umweltaspekten, wenn die betreffende Branche, die Standortbedingungen und die Schutzgutsituation eine Umweltbelastung besorgen lassen.

2 Rechtliche und technische Rahmenbedingungen beim Bau und Betrieb von Grundstücksentwässerungsleitungen

Nach § 324 Abs. 1 Strafgesetzbuch (StGB) wird mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldbuße bestraft, wer ein Gewässer verunreinigt oder dessen Eigenschaften sonst nachteilig verändert. Grundsätzlich kann der Tatbestand der Gewässerverunreinigung durch Unterlassen vorliegen, wenn es durch eine undichte Kanalisation zu einer Infiltration von Abwasser ins Grundwasser kommt, deren Fortbestehen durch eine rechtzeitige Instandsetzung des Kanals vermeidbar gewesen wäre.

Die strafrechtliche Haftung für das Unterlassen kommt jedoch nur dann in Betracht, wenn dadurch auch eine verwaltungsrechtliche Pflicht verletzt wurde. Insofern kommt der Formulierung und der Einhaltung der jeweils gültigen rechtlichen Vorgaben für den Betreiber einer Abwasseranlage eine besondere Bedeutung zu. Des weiteren obliegt den zuständigen Wasserbehörden eine besondere Funktion bei der Vermeidung eines Straftatbestandes.

Ob tatsächlich eine Gewässerverunreinigung durch Abwasserexfiltrationen bei einer undichten Kanalisation erfolgt, ist in der Regel nur schwer nachweisbar. Untersuchungen im Umfeld von kommunalen Abwasserleitungen zeigen, daß nur in Ausnahmefällen eine Gewässerverunreinigung zu besorgen ist [DO-99].

In Deutschland gibt es für Bau, Betrieb, Instandhaltung und Überwachung von Grundstücksentwässerungsleitungen unterschiedliche rechtliche Vorgaben. Ausgangspunkt ist im allgemeinen das Wasserhaushaltsgesetz bzw. das betreffende Landeswassergesetz. In Abhängigkeit vom jeweiligen Bundesland oder auch von der Kommune regeln unterschiedliche Gesetze, Verordnungen oder Entwässerungssatzungen die Pflichten eines Betreibers [BE-98].

Im Rahmen der Recherchen wurde etwa zu 70 Behörden und 100 Betrieben Kontakt aufgenommen. Die angesprochenen Behörden und Betriebe lehnten in der Regel Auskünfte zum engeren oder weiteren Themenkreis ab. Die Behörden begründeten dies mit Arbeitsüberlastung und bezogen auf die zu überwachenden Betriebe mit der Problematik des Datenschutzes. Noch höher war die Ablehnung bei den befragten Betrieben. Auch unter Zusicherung der Vertraulichkeit lehnten $\frac{3}{4}$ eine direkte oder indirekte Zuarbeit zu dem Forschungsvorhaben ab. Daraus kann geschlossen werden, daß der Umsetzung der gültigen rechtlichen Rahmenbedingungen sowohl durch die zuständigen Behörden als auch bei den betroffenen Betrieben nicht ausreichend nachgegangen wird.

Die Regelungen sind umfangreich und erschweren den zuständigen Ordnungsbehörden die Prüfung, ob die rechtlichen Vorgaben von einem Betreiber eingehalten werden. Hinzu kommt, daß durch die Vielzahl privater Betreiber die vollständige Erfassung und die Bewertung der relevanten industriellen oder gewerblichen Kanalisationen schwierig sind. Begründet wird die Notwendigkeit von Untersuchung, Wartung und Instandsetzung von Abwasserleitungen mit der möglichen Umweltbelastung von Wasser und Boden durch Schadstofffreisetzen oder durch Fremdwasserzutritte. Bei einer kostenintensiven Untersuchung des Kanalnetzes muß auch berücksichtigt werden, ob jeweils die Verhältnismäßigkeit gewahrt ist. Es sollte sich aus der

Inspektion und Sanierung also ein nachweisbarer Nutzen für die Umwelt und für die Funktionsfähigkeit des Kanalbauwerks ergeben.

Bei den rechtlichen Vorgaben sind vordringlich Landeswassergesetze, Landesbauordnungen, kommunale Satzungen, sowie Eigenkontroll- und Selbstüberwachungsverordnungen zu unterscheiden. Alle diese Gesetze oder Verordnungen können für Planung, Bau, Betrieb, Wartung, Inspektion und Sanierung der Grundstücksentwässerungsleitungen in Betracht kommen. Darüber hinaus sind bei Schäden an der Kanalisation ggf. das Umweltstrafrecht, das Wasserhaushaltsgesetz und das Bundesbodenschutzgesetz betroffen.

Ergänzend zu diesen Vorgaben wird in technischen Regeln der Bau, der Betrieb und die Sanierung von Entwässerungsanlagen beschrieben. Es handelt sich vornehmlich um Regeln des DIN und der ATV, die die allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.) konkretisieren.

Im Folgenden wird zusammenfassend auf einzelne gesetzliche Rahmenbedingungen und technische Regeln eingegangen.

2.1 Wasserrecht

Das **Wasserhaushaltsgesetz (WHG)** dient dem Schutz der Gewässer. Alle Benutzungen der Gewässer, sei es durch Einleitungen in Gewässer oder Entnahmen von Wasser, sei es mittelbar oder unmittelbar, sind so durchzuführen, daß die Gewässer nicht wesentlich beeinträchtigt werden. Die §§ 1a, 2, 3 und 7a WHG regeln die Einleitungen in ein Gewässer und das Einwirken auf ein Gewässer. Zum Schutz der Gewässer ist in § 18 a und b WHG die Abwasserbeseitigung in Bezug auf Planung, Bau und Betrieb geregelt. Dabei wird auf die weitergehenden Regelungen der zuständigen Länder und die Gültigkeit der allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.) hingewiesen. Enthält Abwasser Stoffe, die als gefährlich einzustufen sind, so sollten die weitergehenden Regelungen dem Stand der Technik entsprechen.

Die einzelnen **Landeswassergesetze der Bundesländer** enthalten Begriffsbestimmungen für Abwasser, die Abwasserbeseitigungspflicht, Anforderungen an den Bau und den Betrieb von Abwasseranlagen und die Genehmigungspflicht von Abwasseranlagen. Allgemein sind die Landeswassergesetze unterschiedlich ausformuliert. Hinsichtlich der Abwasserbeseitigungspflicht gilt in der Regel die Zuständigkeit der Städte und Gemeinden, die in kommunalen Abwassersatzungen festgelegt sind. Der Geltungsbereich der Satzungen kann unterschiedlich sein.

Nach dem Landeswassergesetz Nordrhein-Westfalen sind zum Beispiel nur Planung, Änderung und Betrieb von privaten Kanalisationsnetzen von befestigten Flächen größer 3 ha der zuständigen Behörde anzuzeigen. Diese kann innerhalb von 3 Monaten nach Eingang der Anzeige Regelungen treffen, um nachteilige Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit zu verhüten oder auszugleichen. Beispielsweise wurden Vorschläge erarbeitet, welche Unterlagen bei der Anzeige von Kanalisationsnetzen einzureichen sind (u.a. Bezirksregierung Detmold).

2.2 Landesbauordnungen

Die Landesbauordnungen enthalten u. a. Bestimmungen zum Bau von Grundstücksentwässerungsanlagen, die hierfür notwendigen Genehmigungsanforderungen, Abnahmen, Zustandsbesichtigungen und Überwachungen. In den Bundesländern haben sich unterschiedliche Regelungen entwickelt, so daß der Geltungsbereich in den Ländern unterschiedlich geregelt sein kann. Beispielsweise gilt in Bayern die Bauordnung nicht für Grundstücksentwässerungsleitungen außerhalb von Gebäuden, in Nordrhein-Westfalen dagegen regelt die Bauordnung Grundstücksentwässerungsanlagen ab der Grundstücksgrenze.

Für Nordrhein-Westfalen gelten Grundstücksentwässerungsanlagen nach Bauordnung als bauliche Anlagen, die jedoch genehmigungsfrei sind. Die am Bau Beteiligten haben zwar die a.a.R.d.T. zu beachten, der Bauherr ist jedoch nur verpflichtet, vor Nutzung der Anlagen der Bauaufsichtsbehörde eine Bescheinigung eines Sachverständigen vorzulegen, daß alle Vorschriften beim Bau beachtet wurden. Eine Bauzustandsbesichtigung ist nicht vorgesehen. Nach der Bauordnung müssen Abwasserleitungen geschlossen, dicht und soweit erforderlich Möglichkeiten zum Reinigen vorhanden sein. Im Untergrund verlegte Abwasserleitungen sind nach der Errichtung von Sachkundigen auf Dichtheit zu prüfen. Die Dichtheitsprüfung ist beim Bau oder einer Veränderung, spätestens jedoch innerhalb von 20 Jahren nach Inkrafttreten der Bauordnung (BauONW) am 01.01.1996 durchzuführen. Es ist zu befürchten, daß sich in Nordrhein-Westfalen ein Großteil der Dichtheitsprüfungen an bestehenden Anlagen auf das Jahr 2015 konzentrieren wird [WI-96].

2.3 Satzungsrecht

Den Städten und Gemeinden ist in den Landeswassergesetzen die Verpflichtung zur Abwasserbeseitigung übertragen. Dazu sind Abwasser- und Entwässerungssatzungen erlassen worden, in denen für die öffentlichen Abwasseranlagen die Benutzungsrechte und Pflichten, der Anschluß- und Benutzungszwang, die Haftungen, die Kostentragung, sowie die Gebühren und Entgelte geregelt sind. Auch wenn die privaten Anschlußkanäle nicht zur öffentlichen Abwasseranlage gehören, können die Satzungen Regelungen bezüglich der Verantwortung, Herstellung, Wartung und Sanierung enthalten. Grundstücksentwässerungsleitungen sind rechtlich nicht identisch mit den Anschlußkanälen. Sie beginnen an der Grundstücksgrenze. Die Satzungen können als Rechtsgrundlage gegen Grundstückseigentümer herangezogen werden, da Schäden und Nachteile von der öffentlichen Kanalisation abgewehrt werden sollen.

Als Beispiel sei hier auf die Satzung der Stadt Düsseldorf hingewiesen [KO-97]. Die Anschlußkanäle sind in Düsseldorf nicht Bestandteil der öffentlichen Abwasseranlage. Die Verantwortung für die Herstellung, Erneuerung und Veränderung sowie die laufende Unterhaltung und die Beseitigung von Anschlußkanälen trägt derzeit gemäß der Abwassersatzung die Stadt zu Lasten der Grundstückseigentümer.

Nach der Niedersächsischen Gemeindeverordnung und dem Landeswassergesetz wird die Abwasserbeseitigung in kommunalen Abwassersatzungen geregelt. Die Abwassersatzung beispielsweise der Stadt Braunschweig umfaßt auch Bau, Betrieb

und Überwachung von Grundstücksentwässerungsanlagen [ABS-98]. Danach ist der Betrieb von Grundstücksentwässerungsanlagen genehmigungspflichtig und darf erst nach ihrer Abnahme durch die Stadt in Betrieb genommen werden. Die Überwachung der Grundstücksentwässerungsanlagen kann auf Kosten des Betreibers durch die Stadt erfolgen. Für Niedersachsen liegt keine Eigenkontrollverordnung für Abwasseranlagen vor, so daß die Abwassersatzung die Überwachung von Grundstücksentwässerungsanlagen regelt.

Ein weiteres Beispiel für eine Satzung, in der die Überwachung von Grundstücksentwässerungsleitungen geregelt ist, stellt die Entwässerungssatzung der Stadt Nürnberg dar [EWSN-92]. Danach ist der Grundstückseigentümer verpflichtet, an den von ihm zu unterhaltenden Grundstücksentwässerungsanlagen den Bauzustand, insbesondere die Dichtheit und Funktionsfähigkeit durch einen fachlich geeigneten Unternehmer untersuchen und Mängel beseitigen zu lassen. Dies gilt auch für Regenwasserkanäle mit Anschluß an die Misch- bzw. Schmutzwasserkanalisation. Die Frist für die erstmalige Untersuchung endet mit Ablauf des Jahres 2002. Folgeuntersuchungen sind nach fünf Jahren in Wasserschutzgebieten, nach 15 Jahren bei industriell und gewerblich genutzten Grundstücken und nach 25 Jahren bei allen übrigen Grundstücken notwendig.

2.4 Eigenkontroll- bzw. Selbstüberwachungsverordnungen

In den meisten Bundesländern wurden Eigenkontroll- bzw. Selbstüberwachungsverordnungen für Abwasseranlagen verabschiedet. Einzelne Verordnungen beziehen auch die Überwachung von Abwasserleitungen und wie in Bayern Wasserversorgungsanlagen ein. Die Verordnungen sind je nach Bundesland unterschiedlich ausformuliert. Bei einzelnen Bundesländern wurden zusätzlich zur Eigenkontrollverordnung detaillierte Anforderungen in einer ergänzenden Verwaltungsvorschrift festgehalten (z.B. Baden-Württemberg). In Bezug auf Abwasserleitungen wird in der Regel eine kontinuierliche Überwachung des Kanalnetzes, die Dokumentation der Untersuchungsergebnisse und ein betriebseigenes Kanalkataster gefordert. Ob diesen unterschiedlichen Vorgaben Rechnung getragen wird, kann nur durch systematische Erhebungen festgestellt werden. Umfragen bei einzelnen Ländern und Kommunen ergeben, daß ein Vollzugsdefizit bei den zuständigen Ordnungsbehörden besteht.

Die Ausführungen der Eigenkontroll- bzw. Selbstüberwachungsverordnungen werden z.T. kritisch gesehen [WI-96, REI-93, RI-91]. Es wird befürchtet, daß gerade für Grundstücksentwässerungsleitungen Vollzugsdefizite bestehen. Beispielsweise erstreckt sich der Geltungsbereich der Selbstüberwachungsverordnung in Nordrhein-Westfalen (SüwVKan) zwar auf alle kommunalen Kanalnetze, nicht jedoch auf private Leitungen befestigter Betriebsflächen < 3 ha. Diese Grundstücksentwässerungsanlagen unterliegen dem Baurecht und sind somit dem direkten Zugriff des Wasserrechts entzogen. Das Landesbaurecht gilt für Neuanlagen als auch für bestehende Grundstücksentwässerungsleitungen.

Tabelle 2-1 gibt einen Überblick über die derzeit gültigen Verordnungen zur Eigenkontrolle von Abwasseranlagen. Für einzelne Bundesländer wie Stadtstaaten oder Niedersachsen liegen keine Eigenkontrollverordnungen vor.

Tabelle 2-1: Verordnungen zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen und Kanalisationen

Bundesland	Verordnung	Inkrafttreten
Baden-Württemberg	Verordnung über die Eigenkontrolle von Abwasseranlagen (Eigenkontrollverordnung – EigenkontrollVO)	09.08.89
	Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Eigenkontrolle von Abwasseranlagen (VwV-Eigenkontrolle)	11.05.90
Bayern	Verordnung zur Eigenüberwachung von Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen (Eigenüberwachungsverordnung - EÜV)	20.09.95
Berlin	Keine	
Brandenburg	Verwaltungsvorschrift über die Durchführung von Genehmigungen für Kanalisationsnetze	20.10.95
Bremen	Keine	
Hamburg	Keine	
Hessen	Verordnung über die Eigenkontrolle von Abwasseranlagen (Abwassereigenkontrollverordnung - EKVO)	22.02.93
	Verwaltungsvorschrift zur Eigenkontrolle von Abwasseranlagen	05.07.93
Mecklenburg-Vorpommern	Verordnung über die Selbstüberwachung von Abwasseranlagen und Abwassereinleitungen (Selbstüberwachungsverordnung – SüVO)	09.07.93
Nordrhein-Westfalen	Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitungen von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem (Selbstüberwachungsverordnung Kanal – SüwVKan)	16.01.95
Niedersachsen	Keine	
Rheinland-Pfalz	Landesverordnung über die Eigenüberwachung von Abwasseranlagen (EÜVOA), zusätzlich Leitfaden Eigenüberwachung von Abwasseranlagen Leitfaden Einleiterwachung	27.08.99
Saarland	Verordnung über die Eigenkontrolle von Abwasserbehandlungsanlagen (Eigenkontrollverordnung – EKVO)	18.02.94
Sachsen	Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung über die Art und Häufigkeit der Eigenkontrolle von Abwasseranlagen und Abwassereinleitungen (Eigenkontrollverordnung - EigenkontrollVO)	07.10.94
Sachsen-Anhalt	Eigenüberwachungsverordnung (EigÜVO)	01.07.99
Schleswig-Holstein	Selbstüberwachungsverordnung (SüVO)	05.01.90
Thüringen	Thüringer Verordnung über die Eigenkontrolle von Abwasseranlagen (Thüringer Abwasserkontrollverordnung - ThürAbwEKVO)	15.09.98

Viele kommunale Entwässerungssatzungen enthalten Ausführungen zur Eigenüberwachung von Abwasseranlagen und Abwasserleitungen. Im Einzelfall kann eine Entwässerungssatzung zusätzliche Anforderungen an die Eigenüberwachung enthalten, die über die Mindestanforderungen der jeweiligen landeseigenen Eigenüberwachungsverordnung hinausgeht.

Im Folgenden werden die Eigenkontrollverordnungen betrachtet, in denen ausdrücklich auf die Überwachung von Abwasserleitungen eingegangen wird. In den detaillierten Anforderungen gibt es teilweise von Bundesland zu Bundesland deutliche Unterschiede. Auffallend ist, daß der Umfang der Zustandsuntersuchungen sehr unter-

schiedlich sein kann. Einzelne Länder fordern allein eine optische Untersuchung der betroffenen Abwasserkanäle durch Kanal-TV-Befahrung oder Begehung, andere Länder zusätzliche Dichtheitsprüfungen für gewerbliche bzw. industrielle Abwasserleitungen. Bei einzelnen Ländern wird zwar eine Eigenkontrolle der Abwasserleitungen gefordert, jedoch wird auf eine Sanierung von undichten Kanälen oder die Notwendigkeit von Folgemaßnahmen nicht direkt eingegangen.

In Tabelle 2-2 sind wesentliche Merkmale der Eigenkontrollverordnungen in Bezug auf die Abwasserkanäle aufgeführt. Nicht aufgeführt sind Eigenkontrollverordnungen, die keine Ausführungen zu den Abwasserkanälen enthalten.

Baden-Württemberg [BW-98, BW-90]

Der Geltungsbereich der Eigenkontrollverordnung erfaßt alle öffentlichen und sonstigen Abwasseranlagen. Ausgenommen sind Abwasserbehandlungsanlagen für häusliches Abwasser, bei denen der Abwasseranfall 8 m³ pro Tag nicht übersteigt. Nicht öffentliche Abwasserkanäle und -leitungen sind nur betroffen, wenn sie der Sammlung und Fortleitung von Abwässern aus Herkunftsbereichen im Sinne des § 7a Abs. 1 Satz 4 WHG in Verbindung mit der Abwasserherkunftsverordnung dienen, unabhängig von der Schadstofffracht des Abwassers.

Bei der Eigenkontrolle der Abwasserkanäle und -leitungen ist die Dichtigkeit regelmäßig zu prüfen, die in der Regel durch eine unmittelbare optische Zustandserfassung oder über Kanalfernaugie gewährleistet ist. Art, Ausmaß und Lage der Schäden, Undichtigkeiten und sonstige Feststellungen sind unter Angabe der in Betracht zu ziehenden Abhilfe- und Sanierungsmaßnahmen zu beschreiben und in ein Betriebstagebuch einzutragen. Vorrangig sind Kanalisationsabschnitte zu überprüfen, die auf Grund der Vorgeschichte (z.B. Baujahr, Bautechnik, Belastungsentwicklung), ihrer wasserwirtschaftlich exponierten Lage (z.B. Wassergewinnungsgebiet, Wasserschutzgebiet), eines überhöhten Fremdwasseranteils, eines erheblichen Industrie- wasseranteils oder anderer Umstände das Grundwasser gefährden können.

Tabelle 2-2: Anforderungen an die Eigenüberwachung von Abwasserkanälen und -leitungen

Bundesland	Geltungsbereich	Fristen	Umfang Zustandsprüfung	Dokumentation	Sonstiges
Baden-Württemberg	Öffentliche und nichtöffentliche Abwasseranlagen ¹⁾ , Keine Abwasseranlagen für häusliches Abwasser bis 8 m³/d	Erstprüfung bis 1999, mind. alle 10 Jahre, bei Dichtigkeitsprüfung nach a.a.R.d.T. Wiederholung nach 15 Jahre	Kanal-TV bzw. Begehung oder Dichtigkeitsprüfung	Betriebstagebuch (Art der Schäden, Undichtigkeiten, Sanierungsmaßnahmen)	¹⁾ bei Einleitung gefährlicher Stoffe i.S. § 7a Abs. 1 Satz 4 WHG
Bayern	Öffentliche und private Schmutzwasser- u. Mischwasser-bedingt Regenwassersammel-kanäle ¹⁾ ; keine Kleineinleitungen nach Abwasserabgabengesetz	Erst- und Wiederholungsprüfung alle 10 Jahre, Dichtigkeitsprüfung alle 20 Jahre, erstmals bei Alter von 40 Jahren	Kanal-TV bzw. Begehung, Leckagedetektionsmethode oder Prüfung auf Wasserdichtheit	Betriebstagebuch (Zustand, Betriebssicherheit, Funktionsfähigkeit)	¹⁾ bei Einleitung gefährlicher Stoffe i.S. § 7a Abs. 1 Satz 4 WHG
Brandenburg	Schmutz-, Regen- und Mischwasserkanäle bei befestigten gewerblichen Betriebsflächen > 3 ha	Ersterfassung des Zustandes bis 2000, Überprüfung der Dichtigkeit und Wiederholung alle 15 Jahre	Kanal-TV bzw. Begehung und Dichtigkeitsprüfung	Dokumentation der Selbstüberwachung (Zustand, Funktionsfähigkeit)	Genehmigung vorhandener Kanalisationen bis Ende 2000 notwendig
Hessen	Öffentliche und private Abwasserkanäle- und leitungen ¹⁾	Erstprüfung bis 2005, Wiederholung alle 10 Jahre bei Dichtigkeitsprüfung Wiederholung nach 15 Jahren	Freispiegelleitungen: optische Prüfungen Druckleitungen: Druckprüfung	Betriebstagebuch (Kanalkataster, Zustand, Sanierungsmaßnahmen)	¹⁾ bei Einleitung gefährlicher Stoffe i.S. § 7a Abs. 1 Satz 4 WHG
Mecklenburg-Vorpommern	Abwasserkanäle und -leitungen von Betreibern einer Abwasseranlage, ausgenommen häusliche Abwasseranlagen für einen Zufluß < 3 kg/d BSB ₅ (roh)	Erstprüfung bis 1998, mind. alle 10 Jahre	Dichtigkeitsprüfung	Betriebstagebuch (Zustand, Dichtigkeit)	
Nordrhein-Westfalen	Schmutz-, Regen- und Mischwasserkanäle bei befestigten gewerblichen Betriebsflächen > 3 ha	Erstprüfung bis 2006, mind. alle 10 Jahre, d.h. 10% des Netzes pro Jahr, nach Ersterfassung Wiederholung nach 15 Jahren	Optische Prüfungen oder Begehungen	Überwachungsbericht (Zustand, Dichtigkeit, Funktionsfähigkeit)	
Rheinland-Pfalz	Keine Abwasseranlagen für häusliches Abwasser bis 8 m³/d; Keine Anlagen für Niederschlagswasser	mind. alle 10 Jahre	Optische Prüfungen	Jährlicher Eigenüberwachungsbericht (Kanalnetzlänge, untersuchte Längen, Zustand, Maßnahmen)	¹⁾ bei Einleitung gefährlicher Stoffe i.S. § 7a Abs. 1 Satz 4 WHG
Sachsen	Öffentliche und nichtöffentliche Abwasseranlagen ¹⁾ , Keine Abwasseranlagen für häusliches Abwasser bis 8 m³/d;	Erstprüfung bis 2004, mind. alle 10 Jahre, bei Dichtigkeitsprüfung nach a.a.R.d.T. Wiederholung nach 15 Jahren	Optische Prüfungen oder Begehungen	Betriebstagebuch (Dichtheitsprüfung, Zustand)	¹⁾ bei Einleitung gefährlicher Stoffe i.S. § 7a Abs. 1 Satz 4 WHG
Thüringen	Öffentliche und nichtöffentliche Abwasseranlagen ²⁾ , Keine Abwasseranlagen für häusliches Abwasser bis 8 m³/d;	Mindestens alle 15 Jahre, bei industriellen Kanalisationen alle 5 Jahre	Optische Inspektion und Dichtigkeitsprüfung	Kontrollbericht (optische Inspektion, Wartungsarbeiten)	²⁾ keine Mindestanforderungen gemäß § 7 AbwV

Mit der Dichtigkeitsprüfung der bestehenden Abwasseranlagen sollte unmittelbar nach Inkrafttreten der Verordnung begonnen werden. Sie sollte nach zehn Jahren abgeschlossen sein; Wiederholungsprüfungen alle zehn Jahre erfolgen. Wird die Dichtigkeit eines Abwasserkanals nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik nachgewiesen, genügt eine Wiederholungsprüfung nach 15 Jahren.

Mit dem Inkrafttreten der Verordnung im Jahre 1989 mußten im Jahre 2000 für relevante Abwasseranlagen des Landes die Dichtigkeitsüberprüfungen abgeschlossen sein.

Bayern [BY-95]

Die Eigenüberwachung gilt für Sammelkanalisationen öffentlicher und privater Schmutzwasser-, Regenwasser- und Mischwassersammelkanäle mit den dazugehörigen Bauwerken. Nicht betroffen sind Kleineinleitungen, die im Sinne des Abwasserabgabengesetzes weniger als 8 m³/d häusliches Abwasser einleiten.

Eine eingehende Sichtprüfung der Kanäle, Schächte und zugehörigen Bauwerke ist durch Kanal-TV-Befahrung oder Inaugenscheinnahme innerhalb von zehn Jahren durchzuführen. Bei Nennweiten $\geq$ DN 1200 bzw. $\leq$ Ei 800/1200 ist alle fünf Jahre eine Sichtprüfung durch Begehung notwendig. Bei Einsatz einer Leckagedetektionmethode ist bei diesen Nennweiten eine Prüfung nur alle zehn Jahre notwendig. Zusätzlich muß auf Wasserdichtheit (z.B. mittels Wasserauffüllung bis Rohrscheitel) unabhängig von der Nennweite innerhalb von 20 Jahren, erstmals bei einem Alter der Kanalisation von 40 Jahren, geprüft werden. Die getroffenen Feststellungen sind auszuwerten und in einem Bericht darzustellen. Zur Sichtprüfung und Dichtheitsprüfung wird auf die LfW-Merkblätter Nr. 4.3-8 und 3.2-10/4.3-10 hingewiesen.

Die eingehenden Sicht- und Wasserdichtheitsprüfungen sind bei Regenwasserkanälen nur dann notwendig, wenn das ablaufende Niederschlagswasser behandlungsbedürftig ist oder der Regenwasserkanal sich innerhalb eines Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebietes befindet.

Brandenburg [BRB-95]

Nach dem Brandenburgischen Wassergesetz erstreckt sich die Genehmigungspflicht von privaten Kanalisationsnetzen auf befestigte gewerbliche Flächen, die größer als drei Hektar sind und die unmittelbar in ein Gewässer einmünden. Die Genehmigung für bestehende Kanalisationen ist bis zum 31.12.2000 von dem Betreiber zu beantragen und sofern eine genehmigungspflichtige Abwasseranlage vorliegt, ist er zur Selbstüberwachung verpflichtet.

Nach der Verwaltungsvorschrift über die Durchführung von Genehmigungen für Kanalisationsnetze ist die erstmalige Erfassung des Zustandes durch Kanal-TV-Untersuchung oder Begehung des gesamten Kanalnetzes (einschließlich der Einbindungen der Anschlußkanäle) innerhalb von fünf Jahren (also bis Ende 2000) durchzuführen. Eine erneute Prüfung der Dichtigkeit und des Zustandes nach Abschluß der Ersterfassung sind für das gesamte Netz dann alle 15 Jahre notwendig. Der Geltungsbereich umfaßt u.a. Schmutz-, Regen- und Mischwasserkanäle einschließlich der Schachtbauwerke.

Für Kanalisationsnetze in Wasserschutzgebieten können von den zuständigen Behörden kürzere Selbstüberwachungszeiträume festgelegt werden. Die zuständige Wasserbehörde kann unter bestimmten Voraussetzungen auf eine nochmalige Erfassung des Zustandes verzichten, wenn Kanalisationsnetze nach dem 01.01.91 errichtet oder überprüft wurden.

Hessen [HE-93]

Die Abwassereigenkontrollverordnung gilt für genehmigungsbedürftige Abwasseranlagen (insbesondere Kläranlagen, Vorbehandlungsanlagen, Kanäle und Regenentlastungsanlagen) und genehmigungsfreie Abwasseranlagen, in die Abwasser mit gefährlichen Stoffen im Sinne von § 7a des WHG eingeleitet wird. Bei Abwasserkanälen und -leitungen ist durch Inspektion festzustellen, ob der Zustand der Anlagen noch den allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.) entspricht, d.h. insbesondere die Dichtheit gewährleistet ist.

Mit der Überprüfung sollte unverzüglich nach dem Inkrafttreten der Verordnung begonnen werden und nach zehn Jahren abgeschlossen werden. Die Reihenfolge der Inspektion ist nach der jeweiligen wasserwirtschaftlichen Bedeutung des Kanals durchzuführen. Hierbei sind Betriebsdaten, wie Baujahr, Bautechnik, Hydraulik, Lage im Wasserschutzgebiet oder ein erhöhtes Gefährdungspotential (Gewerbe-, Industriegebiet) zu berücksichtigen. Die Inspektion muß alle zehn Jahre wiederholt werden.

Als Inspektion genügt im allgemeinen eine optische Überprüfung durch Kanal-TV-Befahrung oder eine Inaugenscheinnahme. Bei Kanälen, die Abwässer mit gefährlichen Stoffen ableiten, ist zusätzlich zur optischen Inspektion ein Dichtheitsnachweis (zumindest Muffendruckprüfungen) notwendig. Für Abwasserkanäle in Trinkwasserschutzgebieten gelten die Anforderungen entsprechend ATV Arbeitsblatt A 142. Die Dokumentation der Überprüfung hat in Form eines Katasters zu erfolgen. Jährlich ist dem zuständigen Wasserwirtschaftsamt zusammen mit dem Eigenkontrollbericht über den Fortschritt der Arbeiten zu berichten.

Mecklenburg-Vorpommern [MV-93]

Die Verordnung gilt für die Selbstüberwachung von Abwasseranlagen, aus denen erlaubnispflichtig Abwasser in ein Gewässer oder genehmigungspflichtig in eine Kanalisation eingeleitet wird. Ausgenommen sind häusliche Abwasserbehandlungsanlagen, die für einen Zufluß von weniger als 3 kg/d BSB₅ (roh) ausgelegt sind.

Der Betreiber einer Abwasseranlage ist verpflichtet, die Dichtigkeit seiner Abwasserkanäle und -leitungen regelmäßig entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu überprüfen und die Ergebnisse zu dokumentieren. Mit der Überprüfung sollte unmittelbar nach Inkrafttreten der Verordnung begonnen werden und sollte nach fünf Jahren abgeschlossen sein. Die Dichtigkeitsuntersuchungen sind der zuständigen Wasserbehörde nach Abschluß der Inspektion bekannt zu machen. Die Prüfungen sind mindestens alle zehn Jahre zu wiederholen.

Nordrhein-Westfalen [NRW-95]

Die Selbstüberwachung gilt für den baulichen und betrieblichen Zustand und die Funktionsfähigkeit von Kanalisationsnetzen für die öffentliche und private Abwasser-

beseitigung von befestigten gewerblichen Flächen, die größer als drei Hektar sind. Die erstmalige Prüfung des Zustandes der betroffenen Kanäle kann durch Kanal-TV-Befahrung oder durch Begehung erfolgen.

Nach der Selbstüberwachungsverordnung in Nordrhein-Westfalen (SüwVKan) ist innerhalb von zehn Jahren das gesamte Kanalnetz eines Betreibers zu erfassen. Jährlich sind mindestens 10 % des Kanalnetzes zu untersuchen. Mit der Erstuntersuchung ist ein Untersuchungsplan vorzulegen, der dann jährlich fortzuschreiben ist. Über die Überwachung ist ein Bericht zu fertigen.

Rheinland-Pfalz [RPL-99a, RPL-99b, RPL-99c]

Die Verordnung regelt die Eigenüberwachung von Abwasserbehandlungsanlagen und die Zustandsprüfung von Abwasserkanälen und -leitungen. Ausgenommen sind Abwasseranlagen für häusliches Abwasser mit einem Abwasseranfall von bis zu 8 m³/d und Anlagen für Niederschlagswasser.

Zustandsprüfungen durch optische Inspektion sind mindestens alle zehn Jahre notwendig. Die Fortschritte und Ergebnisse der Untersuchungen von Abwasserkanälen und -leitungen sind bis zum 31. März des folgenden Jahres der zuständigen Wasserbehörde zu berichten.

Sachsen [SEKV-94, SEKV-99]

Die Verordnung erfaßt alle öffentlichen und nichtöffentlichen Abwasseranlagen. Ausgenommen sind häusliche Abwasserbehandlungsanlagen, bei denen der Abwasseranfall 8 m³/d nicht übersteigt. Bei nicht öffentlichen Abwasseranlagen gilt die Eigenkontrolle für Abwasserkanälen und -leitungen, in denen Abwasser aus Herkunftsbecken im Sinne von § 7a des WHG in Verbindung mit Abwasserherkunftsverordnung eingeleitet wird.

Die Dichtheitsprüfungen sind mindestens alle zehn Jahre, bei Neuanlagen, deren Dichtigkeit nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik nachgewiesen wurde, erstmalig nach 15 Jahren, dann aber alle zehn Jahre zu wiederholen. Die Ergebnisse der Eigenkontrolle sind in einem Betriebstagebuch zu erfassen und dokumentieren u.a. den Zeitpunkt und das Ergebnis der Prüfung, die Art der Untersuchung, den untersuchten Kanalabschnitt, Maßnahmen zur Mängelbeseitigung und Termine.

Thüringen [THÜ-98]

Die Verordnung regelt die Eigenkontrolle von Abwasseranlagen und Abwasserleitungen. Sie gilt nicht für Kleinanlagen für häusliches Abwasser mit einem Abwasseranfall unter 8 m³/d und für grundstücksbezogene nicht öffentliche Kanäle, die der Ableitung von Abwasser dienen, an das in der Abwasserverordnung keine besonderen Anforderungen gestellt werden.

Die Eigenkontrolle umfaßt die regelmäßige Überprüfung (mindestens 15 Jahre), Reinigung und Wartung der Kanalisationsanlagen. Im Regelfall ist die Überprüfung durch eine optische Inspektion durchzuführen. Bei nicht öffentlichen Kanalisationen, die der Sammlung und Fortleitung von Abwasser dienen, an das in der Abwasserverordnung Mindestanforderungen nach dem Stand der Technik gestellt werden,

sind im Abstand von fünf Jahren Dichtheitsnachweise mit Wasser oder Luftdruckprüfung zu führen. Über die Kontrollen ist ein Bericht zu erstellen.

2.5 Technische Regeln

Die allgemein anerkannten Regeln der Technik sind für Kanalisationsanlagen in unterschiedlichen DIN-Normen, ATV-Arbeitsblättern und Merkblättern erfaßt. Für Grundstücksentwässerungsleitungen liegen unter anderem folgende Regeln vor:

DIN 4033	Entwässerungskanäle und –leitungen – Richtlinien für die Ausführung
ATV A 139	Arbeitsblatt: Richtlinien für die Herstellung von Entwässerungskanälen und Entwässerungsleitungen
ATV A 142	Arbeitsblatt: Abwasserkanäle und –leitungen in Wassergewinnungsgebieten
DIN 1953	Allgemeine Anforderungen an Rohrverbindungen für Abwasserkanäle und Abwasserleitungen
DIN 1986	Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Teil 1: Technische Bestimmungen für den Bau - Teil 30: Instandhaltung
DIN 19549	Schächte für erdverlegte Abwasserkanäle
E DIN EN 1610	Technische Regeln für die Bauausführung von Abwasserleitungen und -kanälen

Wesentliche Vorgaben für die Inspektion, Wartung und Instandsetzung von Grundstücksentwässerungsanlagen enthält die DIN 1986-30 von 1995. Grundsätzlich wird zwischen Prüfungen durch Kanalfernaugie und Wasserdichtheitsprüfungen unterschieden. Bei den notwendigen Prüfungen der Kanalisation wird nach Abwasserherkunftsbereichen zwischen „Häuslichem Abwasser“ und „Gewerblichem/ industriellem Abwasser“ unterschieden. Des weiteren wird berücksichtigt, ob die gewerbliche/industrielle Abwasserleitung vor oder nach einer Abwasserbehandlungsanlage betrieben wird.

Nach DIN 1986-30 sollten Anlagen mit der Ableitung von gewerblichem Abwasser auf Wasserdichtheit geprüft werden. Abwasserrohre gelten als dicht, wenn sie einer Wasserdichtheitsprüfung bei der Erstprüfung nach DIN 4033 standhalten. Alternativ ist die Prüfung mit Luft möglich. Nicht eindeutig ist in DIN 1986-30 formuliert, ob bei gewerblichen/industriellen Abwasserleitungen eine optische Inspektion als Dichtheitsnachweis ausreichend ist. Nur für Leitungen mit häuslichem Abwasser sind Erstprüfungen durch Kanal-TV-Untersuchungen ausreichend.

Eine Erstprüfung sollte bei einer gewerblich/industriellen Abwasserleitung im Zuge von Baumaßnahmen erfolgen oder bis zum Jahre 1999 vor bzw. bis zum Jahre 2004 nach einer Abwasserbehandlungsanlage erfolgt sein. Die Wiederholungsprüfung ist dann für Abwasserleitungen vor einer Abwasserbehandlungsanlage alle fünf Jahre und nach einer Abwasserbehandlungsanlage alle 15 Jahre notwendig. Bei Anlagen zur Ableitung von häuslichem Abwasser wird eine Wiederholungsprüfung der Grundleitungen nach 25 Jahren gefordert. Erhöhte Anforderungen an die Prüfung ergeben

sich für Grundleitungen in Wassergewinnungsgebieten. Der Zeitraum wiederkehrender Prüfungen liegt zwischen einem Jahr und fünf Jahren.

Generell ergeben sich nach DIN 1986-30 umfangreichere Anforderungen an die Überwachung von Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke als in den Eigenkontrollverordnungen der Länder. Dies betrifft die Überwachungszeiträume und die Durchführung von Dichtheitsprüfungen.

Vor dem Hintergrund des allgemeinen Gewässerschutzes werden nach ATV Arbeitsblatt A-142 erhöhte Anforderungen an Abwasserkanäle in Einzugsgebieten von Wassergewinnungsgebieten gestellt. Diese betreffen öffentliche und private Entwässerungsanlagen und beziehen sich auf den Bau und Betrieb der Anlagen. Der Umfang der Maßnahmen orientiert sich an den Schutzzonen. Im Fassungsbereich (Schutzzone I) sind keine Abwasserleitungen erlaubt. In der engeren Schutzzone (Schutzzone II) und in der weiteren Schutzzone (Schutzzone III) sind bei der Planung und beim Bau kontrollierbare Einrichtungen vorzusehen. Dies kann durch das Verlegen von Doppelrohrsystemen erreicht werden. Die Inspektion der Leitungen sollte jährlich, die Prüfung auf Wasserdichtheit alle fünf Jahre erfolgen.

Im Rahmen der Eigenrecherchen konnte nicht ermittelt werden, wie weit den erhöhten Anforderungen bei Wassergewinnungsgebieten tatsächlich Rechnung getragen wird und ob bei den zuständigen Behörden ein Vollzugsdefizit bei der Überwachung betroffener Grundstücksentwässerungsleitungen gegeben ist.

2.6 Fazit zu den rechtlichen Rahmenbedingungen

Ergebnisse

- Die Vielzahl der Einzelvorschriften zum Betrieb und zur Eigenüberwachung von Grundstücksentwässerungsleitungen erschwert ihre Umsetzung durch den Betreiber und die Überwachung durch die zuständigen Ordnungsbehörden.
- Eine konsequente Umsetzung und lückenlose Kontrolle der vorhandenen rechtlichen Rahmenbedingungen (Eigenkontrollverordnung, Bauordnung) ist wegen des notwendigen Personalaufwandes durch die vorhandenen Ordnungsbehörden nicht leistbar.
- Generell ist festzustellen, daß die vorgegebenen Zeiträume zur Kontrolle von Grundstücksentwässerungsleitungen nicht eingehalten wurden.
- Der Umfang der notwendigen Zustandsprüfungen von Grundstücksentwässerungsleitungen kann von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich sein. Oft ist unklar, wann eine Kanal-TV-Untersuchung bzw. Begehung zur Zustandserfassung ausreichend ist und wann zusätzliche Dichtheitsprüfungen notwendig sind.
- Die technischen Regeln nach DIN und ATV enthalten unterschiedliche Anforderungen bei Kanalnetzen mit „häuslichem Abwasser“ und „gewerblich/ industriellem Abwasser“ sowie bei der Lage im Wasserschutzgebiet.

Empfehlungen

- Durch eine Vereinheitlichung der landesspezifischen und technischen Regeln ließe sich die Eigenüberwachung von Grundstücksentwässerungsleitungen besser umsetzen und kontrollieren.
- Die Kontrolle der Eigenüberwachung von Grundstücksentwässerungsleitungen könnte durch bestellte Sachverständige erfolgen und somit die öffentliche Verwaltung entlasten. Von Nachteil wären zusätzliche Kosten für die Betreiber von Grundstücksentwässerungsleitungen.
- Die Notwendigkeit einer Überwachung und Wartung von Grundstücksentwässerungsleitungen ist zur Werterhaltung des Kanalbauwerks dringend erforderlich.
- Ein Betreiber ist erst dann von der Notwendigkeit einer Untersuchung zu überzeugen, wenn der notwendige Mittelaufwand für ihn auch mit einem finanziellen Nutzen verbunden ist. Das kann der Fall sein, wenn die Schäden im Kanalnetz eine Überlastung der Kläranlage durch infiltrierendes Grundwasser (Fremdwasser) nach sich ziehen. Oder aber, wenn die Funktionsfähigkeit der Entwässerungsanlage nicht mehr gegeben ist oder bei schweren Schäden der Einsturz eines Bauwerks zu besorgen ist.

3 Methodische Vorgehensweise

Die mögliche Umweltbelastung von Schadstofffreisetzungen aus undichten Kanälen bei industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen wird von einer Vielzahl von Einzelfaktoren bestimmt. Alle diese Einzelfaktoren können für einen Betriebsstandort relevant sein, sind aber nur schwer vollständig zu erheben. Um eine belastbare und allgemein gültige Aussage machen zu können, wurde daher eine Vorgehensweise gewählt, die ausgehend von statistischen Daten wesentliche Einzelfaktoren quantifiziert.

Es wird im Rahmen des Vorhabens versucht, die wesentlichen Bedingungen ausgehend vom Betrieb (Quelle) bis zum Schutzgut (Senke) zu erfassen, um eine mögliche Umweltbelastung bestimmen zu können. Abbildung 3.1 gibt einen Überblick über die wesentlichen Einflußgrößen.

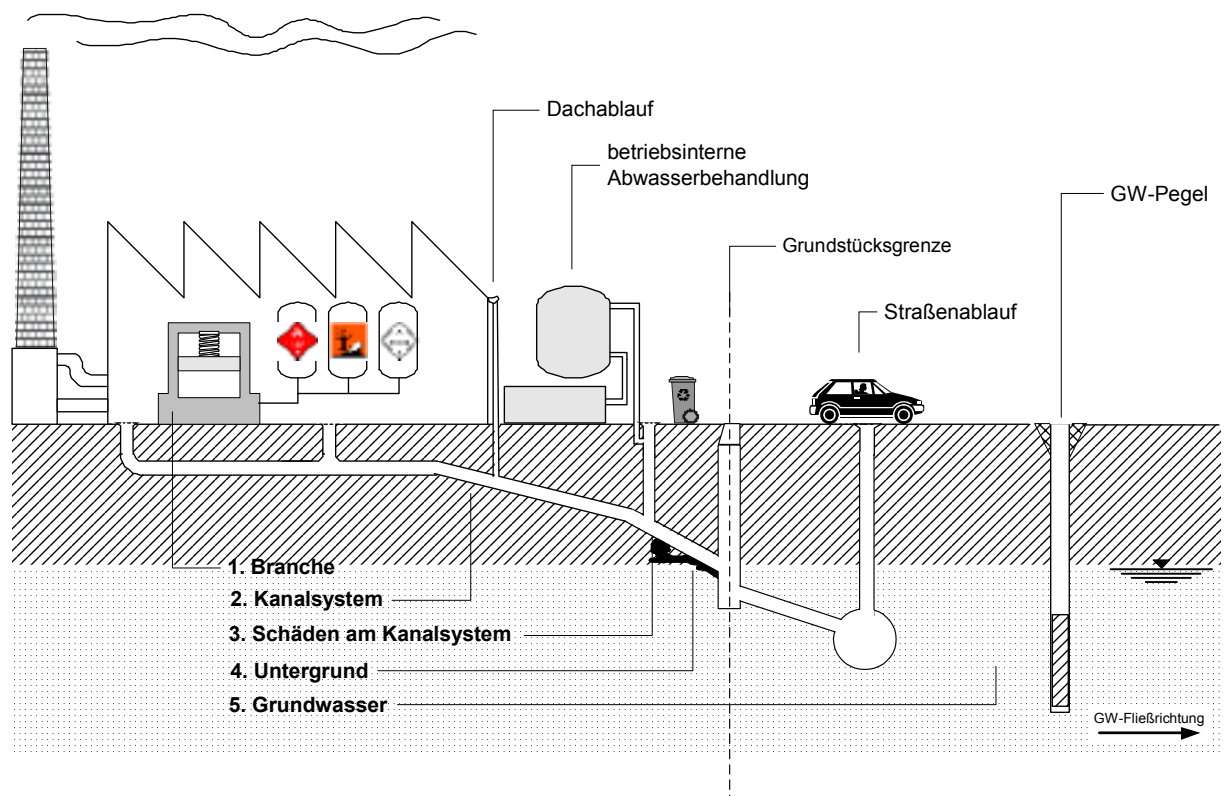


Abbildung 3.1: Randbedingungen bei undichten industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen

In der Abbildung 3.1 werden die fünf Teilbereiche Branche, Kanalsystem, Schäden, Untergrund und Grundwasser unterschieden:

Zunächst müssen eine signifikante Abwasserbelastung und ein ausreichendes Abwasseraufkommen gegeben sein. Insofern lassen sich Branchen identifizieren, für die Basisdaten über das Kanalnetz von Betrieben und auch Fallbeispiele für eine weitergehende Betrachtung von besonderem Interesse sind. Des weiteren sollten für diese Betriebe ausreichende Daten aus Kanal-TV-Untersuchungen verfügbar sein.

Der Nachweis von möglichen Umweltbelastungen ist am sinnvollsten über Bodenuntersuchungen feststellbar. Schadstoffanreicherungen sind in unmittelbarer Nähe von Schadensstellen beim Kanal zu erwarten. Für Untersuchungen von Fallbeispielen bieten sich Standortgegebenheiten an, bei denen die Zugänglichkeit zur Bodenprobenahme gegeben ist. Am einfachsten ist das direkte Umfeld von Abwasserkanälen zu untersuchen, das nicht überbaut oder durch Verkehrsflächen abgedeckt ist. Untersuchungen am Schutzgut Grundwasser bieten sich dort an, wo Grundwassermeßstellen in direkter Nachbarschaft zum defekten Kanal vorhanden sind.

Die vollständige und detaillierte Quantifizierung der Risiken, die durch undichte Abwasserkanalisationen für die Umwelt gegeben sind, ist nur eingeschränkt möglich. Zum einen fehlen verlässliche Informationen über die Länge von privaten Grundstücksentwässerungsleitungen. Zum anderen sind statistische Daten über die Schäden an betriebseigenen Grundstücksentwässerungsleitungen nicht verfügbar. Hinzu kommt, daß durch die unterschiedlichen rechtlichen Rahmenbedingungen keine verlässlichen Gesamtaussagen bei den zuständigen Behörden zu ermitteln sind. Insofern müssen die Risiken schrittweise durch die Erfassung der wesentlichen Rahmenbedingungen beschrieben werden. Diese Bereiche beeinflussen die möglichen Auswirkungen von undichten Grundstücksentwässerungsleitungen auf die Umwelt.

In der folgenden Tabelle 3-1 sind den aufgeführten Teilbereichen kurzgefaßt die angesprochenen Einzelaspekte zugewiesen, von denen die Umweltauswirkung bei einer undichten Kanalisation wesentlich bestimmt wird. Es ist jeweils die mögliche Relevanz in Bezug auf die Umweltauswirkung vermerkt. Auf die in Tab. 3-1 grau markierten Aspekte mit hoher Relevanz wird in den folgenden Kapiteln ausführlich eingegangen. Die Teilbereiche Branche, Kanalisation und Schäden können sich branchenbezogen unterscheiden. Die Teilbereiche Untergrund und Grundwasser sind branchenunabhängig.

3.1 Branche

Die Anforderungen an die Betriebssicherheit der Abwasserkanalisation werden vor allem vom jeweiligen Abwasseraufkommen und von der Abwasserzusammensetzung bestimmt. In Abhängigkeit von der Branche ergeben sich Unterschiede im spezifischen Wasserverbrauch und im Abwasseraufkommen. Je größer ein Betrieb ist, um so mehr Schmutz- und Regenwasser kann anfallen, die entsprechend der gesetzlichen Bestimmung für Direkteinleiter oder Indirekteinleiter zu behandeln und abzuleiten sind. Je größer das Abwasseraufkommen ist, um so länger ist in der Regel das betriebliche Kanalnetz und um so höher sind die Anforderungen an eine ordnungsgemäße Ableitung in einer betriebseigenen Kanalisation.

Tabelle 3-1: Relevante Einflußgrößen auf die Umwelt bei industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen

Teilbereich	Aspekte	Mögliche Auswirkungen auf die Umwelt	
		Gering	Hoch
1 Branche	Abwassermenge (siehe Kapitel 4)	Geringes Abwasser-aufkommen	hohes Abwasser-aufkommen
	Abwasserzusammen-setzung (siehe Kapitel 5)	Regenwasser; häusliches Abwasser	Industrielles/ gewerbliches Abwasser
	Lage der Abwasser-aufbereitung	nach betrieblicher Abwasser-aufbereitungsanlage	vor betrieblicher Abwas-ser-aufbereitungsanlage
2 Kanal	Art des Kanalnetzes (siehe Kapitel 6)	Regenwasserkanalisation	Schmutzwasser-kanalisation, ggf. Misch-wasserkänäle
	Material (siehe Kapitel 6)	geringer Einfluß zu erwarten	
	Rohrdurchmesser (siehe Kapitel 6)	geringe Nennweiten	große Nennweiten
	Baujahr (siehe Kapitel 6)	Alter bis 10 Jahre	Alter mehr als 10 Jahre
	Hydraulische Auslastung	Geringe hydraulische Auslas-tung	Häufige Überlastung des Kanalnetzes
3 Schäden	Wartung/ Kanalinspektion	häufige Inspektion und War-tung	keine Inspektion und War-tung
	Schadensbewertung (siehe Kapitel 7)	Zustandsklassen 2 bis 4	Zustandsklassen 0 oder 1
	Wasserdichtheit Kanal (siehe Kapitel 7)	Wasserdichtheit gegeben	Wasserdichtheit nicht ge-geben
	Verkehrslasten	nicht vorhanden	Vorhanden
4 Untergrund	Untergrundbedingungen (siehe Kapitel 8 und 9)	geringe Durchlässigkeit im Bereich der Rohrbettung	hohe Durchlässigkeit im Bereich der Rohrbettung
	Abstand Rohrsohle zum Grundwasser (siehe Kapitel 8 und 9)	Rohrsohle im Grundwasser	Rohrsohle über Grund-wasser
5 Grund-wasser	Schadstoffbelastung im Grundwasser	nicht nachweisbar	nachweisbar
	Trinkwassergewinnung (siehe Kapitel 10)	keine Trinkwassergewinnung	Trinkwassergewinnung oder Wasserschutzgebiet

Eng verknüpft mit der Branche ist die Abwasserzusammensetzung, die sich unterschiedlichen Abwasserherkunftsbereichen zuordnen lassen. Besondere Anforderungen ergeben sich für Betriebe von Branchen, die im Abwasser gefährliche Stoffe enthalten können und daher die Abwasserbehandlung dem Stand der Technik entsprechen muß. Es handelt sich vor allem um Standorte, bei denen mit Aromaten und halogenierten Kohlenwasserstoffen sowie mit Schwermetallen umgegangen wird.

Für einen Betrieb mit erhöhten Anforderungen an die Abwasserbehandlung ergeben sich vor allem für Leitungen vor der Abwasseraufbereitung besondere Anforderungen

an die Dichtheit. Generell ist ein geringes Gefährdungspotential für Abwassersysteme gegeben, die Regenwasser abführen. Vor dem Hintergrund der Verhältnismäßigkeit geht auch von Leitungen mit überwiegend häuslichem Abwasser eine geringere Gefährdung für die Umwelt aus.

3.2 Kanalsystem

In der Regel verfügen industrielle und gewerbliche Betreiber eines Kanalnetzes über eine getrennte Kanalisation für Schmutzwasser und für Regenwasser. Diese Trennung ist vor allem dort vorhanden, wo eine umfangreiche Wasseraufbereitung zur Behandlung von Industrieabwasser notwendig ist. Da Regenwasser nur in Ausnahmefällen behandelt werden muß, würde eine Einleitung in einen Schmutzkanal zu einer Überdimensionierung der betriebseigenen Kläranlage führen. Mischwassersysteme sind vor allem bei alten Betrieben anzutreffen und bei Betrieben, bei denen nur eine geringe Abwasserbelastung zu erwarten ist.

Schmutzwasserkanäle werden bei industriellen und gewerblichen Neubauten in der Regel aus korrosionsbeständigen Materialien ausgeführt. Als ein Material mit geringer Korrosionsbeständigkeit hat sich Beton erwiesen. Im allgemeinen läßt sich jedoch nicht vom verwendeten Rohrmaterial auf eine erhöhte Schadenshäufigkeit schließen. In Abhängigkeit vom Rohrmaterial können sich jedoch typische Schadensbilder an einer Abwasserleitung ergeben. Eine Vielzahl der Material bedingten Schäden ist auf Fehler bei der Verlegung und auf die nicht sachgemäße Einbindung von Anschlußleitungen zurückzuführen. Insofern kommt der Bauüberwachung bei der Erstellung und Erweiterung eines Kanalnetzes eine besondere Bedeutung zu.

Je älter ein Kanalbauwerk ist, um so eher sollte mit Schäden gerechnet werden. Dies trifft jedoch nicht immer zu, da die Schadenshäufigkeit offensichtlich stärker vom Umfang der Bautätigkeit abhängt. So zeigt sich, daß in den alten Bundesländern vorwiegend Schäden bei Leitungen der 60-er und 70-er Jahre - bei intensiver Bautätigkeit - festzustellen sind, als beispielsweise bei Kanalbauwerken, die vor 100 Jahren errichtet wurden.

Bei der Planung und beim Bau eines Abwasserkanals nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik ist davon auszugehen, daß eine hydraulische Überlastung des Kanalnetzes auszuschließen ist. Dies trifft vor allem für Schmutzkanäle zu, bei denen nicht mit durch Niederschläge bedingten Starkregenereignissen gerechnet werden muß. Oft wurden jedoch bei Betrieben vorhandene alte Kanalnetze bei notwendigen Betriebserweiterungen dem neuen Abwasseraufkommen nicht angepaßt. In diesen Fällen kann es zur hydraulischen Überlastung der vorhandenen Kanalisation kommen. Bei einer hohen hydraulischen Auslastung des betroffenen Kanalnetzes kann es bei Schäden zu signifikanten Schadstofffreisetzungen kommen.

3.3 Schäden

Art und Umfang eines Schadens am Kanalsystem bestimmen, ob Abwasser überhaupt aus dem Abwasserrohr exfiltriert bzw. Fremdwasser (Grundwasser) in die Abwasserleitung infiltrieren kann. Je weniger ein Kanalnetz inspiziert und gewartet wird, um so eher ist mit Schäden an einem Kanalnetz zu rechnen. Von vielen Betreibern

wird häufig verkannt, daß der Erhalt des Kanalbauwerks auch eine kontinuierliche Wartung und Instandsetzung notwendig machen. Ist diese Wartung nicht gegeben, so treten erhöhte Folgekosten bei einer notwendigen Sanierung auf.

Für die Inspektion und das Erkennen von Schäden bieten sich optische Zustandserfassungen und Dichtheitsprüfungen an. Für geringe Rohrdurchmesser, wie sie in der Regel bei Grundstücksentwässerungsleitungen vorliegen, erfolgt die optische Zustandserfassung durch Kanal-TV-Untersuchungen. Über eine Kanal-TV-Befahrung lassen sich alle wesentlichen Schäden am Kanalbauwerk feststellen. Es handelt sich um Schäden, die je nach Ausprägung unterschiedliche Auswirkungen auf die Umwelt, die hydraulische Leistungsfähigkeit und die Standsicherheit eines Kanals haben können. Nach den Merkblättern der ATV M 149 und M 143 lassen sich die Schäden nach einheitlichen Kriterien aufnehmen und bewerten.

Eine Kanal-TV-Befahrung kann nicht in jedem Fall verlässlich darüber Auskunft geben, ob eine Kanalisation dicht ist. Eindringendes Wasser ist feststellbar, da die Kanal-TV-Befahrung am abgesperrten Kanal und an einer nicht wasserführenden Haltung durchgeführt wird. Nicht zu ermitteln ist durch die optische Inspektion die Exfiltrationsmenge. Dies trifft vor allem für Schäden im Bereich der Rohrverbindungen zu, bei denen optisch nur bedingt erkennbar ist, ob eine Exfiltration gegeben sein kann. Hinzu kommt, daß auch bei signifikanten Schäden durch Selbstabdichtungen nur geringe Abwassermengen freigesetzt werden können. Eine verlässliche Information zur Dichtheit eines Kanals erbringt eine Wasserdichtheitsprüfung. Alternativ ist die Prüfung mit Luft (vgl. Kapitel 2.5, DIN 4033, E DIN EN 1610).

Gerade bei gewerblichen und industriellen Abwasserkanälen wird die Schadenshäufigkeit mitbestimmt, wie weit der Kanal durch darüber liegende Straßen Verkehrslasten ausgesetzt ist. Bei einem innerbetrieblichen Schwerlastverkehr und geringer Überdeckungshöhe des Abwasserkanals ist mit einer erhöhten Schadenshäufigkeit erdverlegter Abwasserleitungen zu rechnen.

3.4 Untergrund

Von den Untergrundbedingungen kann es abhängen, in welchem Umfang Abwasser aus einer defekten Abwasserleitung exfiltrieren kann. Gering durchlässige Böden bzw. Bettungen am Abwasserkanal ermöglichen auch nur geringe Exfiltrationsraten in den Untergrund.

Gelangen Schadstoffe bei Abwasserfreisetzungen in den Untergrund, so können diese Stoffe nach den jeweiligen stoffspezifischen Sorptionseigenschaften in der Bodenmatrix zurückgehalten werden. Mitbestimmend für die Sorption sind der Tongehalt und der Gehalt an natürlichen organischen Verbindungen (Humusgehalt). Vor allem Schwermetalle werden gut im Boden sorbiert, so daß bei Schwermetallfreisetzungen vor allem mit Bodenbelastungen im Nahbereich der Undichtigkeit zu rechnen ist. Vom Ausmaß der Schadstoffanreicherung ist abhängig, ob die resultierende Bodenbelastung im Sinne des Bodenschutzgesetzes eine Bodenverunreinigung darstellt. Bei Industriebetrieben kann der Standort besonders durch einen langjährigen Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vorbelastet sein. In diesen Fällen ist die Altlastensituation mitbestimmend für die Bodenbelastung am Standort.

Bei der Schadstoffrückhaltung spielt die Sickerstrecke des Abwassers von der Rohrsohle bis zum Grundwasser eine Rolle. Je länger die Sickerstrecke ist, um so eher können Schadstoffe von der Bodenmatrix sorbiert werden. Bei geringem Abstand der Rohrsohle zum Grundwasserspiegel ergeben sich zusätzliche Belastungen des Kanals durch einen möglichen Wasserdruck von außen durch wechselnde Grundwasserstände.

3.5 Grundwasser

Treten Abwasserinhaltsstoffe über Undichtigkeiten ins Grundwasser, so kann eine besondere Schutzgutgefährdung gegeben sein, wenn das Grundwasser in unmittelbarer Nähe zur Trinkwassergewinnung genutzt wird.

Der Schadstofftransport mit dem Grundwasser setzt erhöhte Freisetzungsmengen aus dem Abwasserkanal und hohe Abwasserbelastungen voraus. Hinzu kommt, daß nur Schadstoffe mit hoher Löslichkeit und geringem Sorptionsvermögen über größere Entfernungen mit dem Grundwasser transportiert werden.

3.6 Fazit zur Vorgehensweise

- Mängel an standortbezogenen Basisdaten erfordern eine Auswertung und Umsetzung von statistischen Daten und Einzelfallrecherchen.
- Statistische Daten sind für Betriebe branchenbezogen beim Abwasseraufkommen und bedingt bei der Abwasserzusammensetzung nutzbar.
- Daten zu Grundstücksentwässerungsleitungen und zu ihren Schäden werden über Betriebserhebungen gewonnen.
- Umweltbelastungen werden durch Abschätzungen des Schadstoffeintrages in Boden und Grundwasser und aus einzelnen Fallbeispielen abgeleitet.
- Informationen und Einzelfalldaten erlauben Aussagen zur generellen Gefährdung von undichten Kanälen bei Grundstücksentwässerungsleitungen.

4 Abwasseraufkommen bei Industrie und Gewerbe

Vom Statistischen Bundesamt als auch von den Statistischen Landesämtern wurden u. a. für die Wirtschaftszweige Bergbau und verarbeitendes Gewerbe alle vier Jahre Statistiken zur Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung veröffentlicht. Um einen bundesweiten Überblick zu erhalten, wird auf die Bundesstatistiken von 1991 [STB-91] und 1995 [STB-95] zurückgegriffen. Anhand der Daten ist es möglich, für das Kriterium "verunreinigte Abwassermenge" die relevanten Wirtschaftszweige/Branchen herauszuarbeiten. Hierzu werden Daten ausgewertet hinsichtlich Anzahl der Betriebsstandorte pro Wirtschaftszweig / Branche und jährlich behandelte Abwassermengen pro Betriebsstandort.

Einschränkend ist hervorzuheben, daß Branchen des Dienstleistungsgewerbes, also des nicht verarbeitenden Gewerbes, wie Wäschereien, Chemische Reinigungen etc. in den Statistiken nicht enthalten sind. Mit den benutzten Umschreibungen „industrielle / gewerbliche Branchen“ oder „Herkunftsbereiche“ sind Dienstleistungen eingeschlossen, die abwasserseitig bedeutungsvoll sind.

Die in Kapitel 4 ausgewerteten Daten sind dem statistischen Bericht des Bundes für das Jahr 1995 entnommen. Dieser wird dem Bericht von 1991 vorgezogen, weil die Klassifikation der erfaßten Betriebe in Wirtschaftszweige und -gruppen der Untergliederung in der Abwasserverordnung [AbwV-00] am nächsten kommt (s. Kapitel 5). Von den 53 in der AbwV aufgeführten Abwasserherkunftsbereichen / Branchen können so 42 im wesentlichen dem statistischen Zahlenmaterial zugeordnet werden. Abhängig von der Untergliederung sind die Daten teilweise für einzelne Anhänge, teilweise ausschließlich für Wirtschaftszweige, die mehrere Anhänge einschließen, nutzbar. Keine Daten liegen vor für die Anhänge 15 (Herstellung von Hautleim, Gelatine und Knochenleim) und 29 (Fischintensivhaltung) sowie für die unter VIII: Dienstleistungen und IX: Sonstige zusammengefaßten neun Herkunftsbereiche (Tabelle 5-1, Kapitel 5).

Vergleiche der 1991er und 1995er Berichtsdaten - aus denen sich ggf. Tendenzen abgeleitet hätten - sind nicht möglich, weil die Berichte auf unterschiedlichen Erhebungsgrundlagen basieren. Im Jahr 1991 wurden Betriebe mit mehr als 20 Beschäftigten bzw. in einigen ausgewählten Branchen (wie z.B. Gewinnung von Naturwerksteinen und Natursteinen, Kies und Sand, Herstellung von Transportbeton sowie einigen Bereichen des Ernährungsgewerbes) auch Betriebe mit mehr als 10 Beschäftigten berücksichtigt. Im folgenden Erhebungszeitraum 1995 wurde der Kreis der zu Befragenden eingeschränkt, um den Anforderungen der EU gerecht zu werden. Gemäß dieser Verordnung werden nur noch Betriebe erfaßt, die entweder Wasser gewinnen, die Abwasser direkt in Oberflächengewässer oder in den Untergrund einleiten und deren Wasseraufkommen mindestens 10.000 m³/a beträgt. Ein weiterer Unterschied besteht in der Klassifikation der Betriebe in Wirtschaftsgruppen, da dem neueren Bericht die seit Januar 1995 verbindliche Systematik der Europäischen Union zugrunde liegt.

Unter anderem durch das Mindestwasseraufkommen von 10.000 m³/a geht die Anzahl der erfaßten Betriebe von 53.097 im Jahre 1991 auf 13.132 im Jahre 1995 zurück (vgl. Tabelle 4-1).

Tabelle 4-1: Vergleich Bundesstatistiken – Wasserversorgung, Abwasseraufkommen [STB-91, STB-95]

Bezugsjahr	Betriebe (n)	Wasser- aufkommen (1000 m³/a)	Abwasserauf- kommen (1000 m³/a)	behandeltes Abwasser (1000 m³/a)
1991	53.097	12.199.667	10.956.402	1.958.995
1995	13.132	10.023.713	8.946.458	1.423.907

Trotzdem beträgt das im Jahre 1995 erhobene Wasseraufkommen noch rund 82 % des Standes von 1991. Läßt man wirtschaftliche und technische Entwicklungen außer acht, wurde mit 25 % der im Jahre 1991 erfaßten Betriebe zumindest der wesentliche Anteil des Wasseraufkommens erhoben. Gleiche Verhältnisse liegen für das Abwasseraufkommen vor.

Größere Unterschiede ergeben sich für die Mengen des behandelten Abwassers, das hier primär zu betrachten ist. 1995 beträgt die Menge des behandelten Abwassers nur etwa 73 % der von 1991. Der Anteil am gesamten Abwasseraufkommen liegt 1995 mit etwa 16 % aber auf dem gleichen Niveau wie 1991 (rund 18 %).

Aufgrund dieser absoluten und relativen Übereinstimmungen kann prinzipiell davon ausgegangen werden, daß trotz der veränderten Erhebungskriterien mit den 1995er Daten vergleichbare Verhältnisse wie 1991 erfaßt werden. Ob dies aber auch dem Branchenspiegel entspricht, ist nicht stichhaltig nachvollziehbar. Branchen, denen vorwiegend Betriebe mit Wasseraufkommen < 10.000 m³/a angehören, können in der Statistik des Jahres 1995 unterrepräsentiert sein.

Trotzdem ist es wegen der besseren Übereinstimmung der Wirtschaftsgruppen mit den Anhängen der AbwV günstiger, die Daten aus dem Erhebungsjahr 1995 für die Auswertung zu nutzen.

4.1 Übersicht zum Abwasseraufkommen

In den Wirtschaftszweigen verarbeitendes Gewerbe und Bergbau beträgt das Wasseraufkommen im Jahre 1995 (Bezug: 13.132 Betriebsstandorte) rund $10,0 \cdot 10^9$ m³. Hiervon werden $8,0 \cdot 10^9$ m³/a in Betrieben eingesetzt. Etwa 73 % der $8,0 \cdot 10^9$ m³/a Wasser dient als Kühlwasser. Ein gutes Fünftel der Wassermenge (22 %) wird direkt in der Produktion verwendet.

Das gesamte Abwasseraufkommen beträgt incl. des ungenutzt abgeleiteten Wassers insgesamt $8,9 \cdot 10^9$ m³/a (Tabelle 4-2). Rund 60 % des gesamten Abwassers geht auf Kühlwasser zurück. Ausschließlich 16 % - das entspricht $1,4 \cdot 10^9$ m³/a - des insgesamt anfallenden Abwassers - wird einer Vorbehandlung unterzogen. Hierbei handelt es sich um verunreinigtes Abwasser. Dies ist der im Rahmen des Vorhabens zu betrachtende wesentliche Anteil des industriell / gewerblichen Gesamtabwassers.

Tabelle 4-2: Abwasser - Aufkommen, Behandlung, Einleitung ($10^9 \cdot \text{m}^3/\text{a}$) [STB-95]

	Abwasser (produktions- spezifisch)	Kühlwasser	Abwasser (sonstiges)	Wasser (ungenutzt)	Aufkommen (gesamt)
Aufkommen	1,7 (19 %)	5,3 (60 %)	0,4 (4 %)	1,5 (17 %)	8,9 (100 %)
von 8,9 . 10 ⁹ m³/a Abwasser entfallen auf					
Direkt eingeleitetes Abwasser					
- unbehandelt	0,5 (5,8 %)	4,8 (54 %)	1,6 (18 %)		6,9 (78 %)
- behandelt	1,2 (13 %)				1,2 (13 %)
- Summe					8,1 (91 %)
Indirekt eingeleitetes Abwasser					
- unbehandelt	0,23 (2,6 %)	0,22 (2,5 %)	0,13 (1,5 %)		0,58 (6,6 %)
- behandelt	0,19 (2,1 %)				0,19 (2,1 %)
- Summe					0,77 (8,7 %)
Summe unbehandeltes Abwasser					7,5 (84 %)
Summe behandeltes Abwasser					1,4 (16 %)

4.2 Berücksichtigte Wirtschaftszweige

Im statistischen Bericht von 1995 sind die Wirtschaftszweige und Branchen des Bergbaus und des verarbeitenden Gewerbes gemäß der Systematik der Europäischen Union zusammengestellt. Für die weitere Bearbeitung (Kapitel 5) ist es notwendig, diese auf die in der AbwV aufgeführten Abwasserherkunftsbereiche / Branchen zu übertragen.

Von den 53 in der AbwV behandelten Anhängen können 42 in Form von 19 Gruppen dem statistischen Zahlenmaterial zugeordnet werden. Abhängig von der Untergliederung sind die Daten teilweise für einzelne Anhänge, teilweise ausschließlich für Wirtschaftszweige, die mehrere Anhänge einschließen, nutzbar. Die Zuordnung ist Tabelle 4-3 zu entnehmen.

Darüber hinausgehend enthält die Tabelle 4-3 Daten zu den gesamten und behandelten Abwassermengen pro ausgewähltem Wirtschaftszweig und Betrieb. Hierbei

handelt es sich um eine Teilmenge der Tabelle 4-2 zugrundeliegenden Daten. Dem-
entsprechend fällt das Abwasseraufkommen um $0,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$ niedriger aus.

Tabelle 4-3: Abwassermengen pro Wirtschaftszweig / Branche [STB-95]

Wirtschaftszweig / Branche	Betriebe (n)	Anhang AbwV	Abwassermengen			behandeltes Abwasser pro Betrieb (1.000 m³/a)
			Abgeleitet	behandelt		
			(1.000 m³/a)	(1.000 m³/a)	(%)	
I Kohlenbergbau, Brikettherstellung, Steinkohlenaufbereitung						
Steinkohlenbergbau/Briketther.	65	2	943.510	43.055	4,6	662
Braunkohlenbergb./Brikettherst.	28	16	1.229.056	22.173	1,8	792
II Chemische Industrie						
Chemische Industrie	724	9, 22, 30, 36, 37, 42, 44,45, 48	3.146.725	511.254	16,2	706
Herstellung von Chemiefasern	37	43	135.576	35.682	26,3	964
Kokerei, Herstellung von Brutstoffen	7	46	25.198	2.734	10,9	391
III Keramik, Glasgewerbe, Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden						
Keramik	135	17	4.921	2.132	43,3	16
Gewinnung Steine und Erden	847	26	319.875	9.787	3,1	12
Herstellung/Verarbeitung Glas	157	41	14.866	1.664	11,2	11
IV Metallerzeugung, Metallbe- und –verarbeitung, Herst. von elektronischen Bauelementen						
Erzg. Roheisen, Stahl, Ferroleg.	244	24 A	727.471	224.745	30,9	921
Gießereiindustrie	205	24 B	16.892	1.053	6,2	5
Erzeug./Bearbeit. von NE-Metall	132	39	171.683	12.746	7,4	97
Maschinen- und Fahrzeugbau	1.500	40	203.714	21.112	10,4	14
Herstell. Elektron. Bauelemente	105	54	46.793	7.204	15,4	69
V Holz-, Papier- und Druckgewerbe						
Holzfasern- / Spanplattenwerke	81	13	14.633	315	2,2	4
Papiergewerbe	392	19 A, B	672.919	255.463	38,0	652
Druckgewerbe	114	56	4.256	224	5,3	2
VI Textil- und Ledergewerbe						
Textilgewerbe	533	38, 57	194.521	20.960	10,8	39
Ledergewerbe	46	25	3.661	3.028	82,7	66
VII Ernährungsgewerbe und vergleichbare Gewerbe						
Ernährungsgewerbe	2.120	3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 18, 20, 21, 28	344.052	106.932	31,1	50
Summe	7.472		8.220.322	1.282.263		
Anteil behandeltes Abwasser, gesamt					15,6	

Anzahl der Betriebe

Die Anzahl der erfaßten Betriebe mit einem Wasseraufkommen von mindestens 10.000 m³/a für die ausgewählten Wirtschaftszweige / Branchen ist in Abbildung 4.1 dargestellt [STB-95].

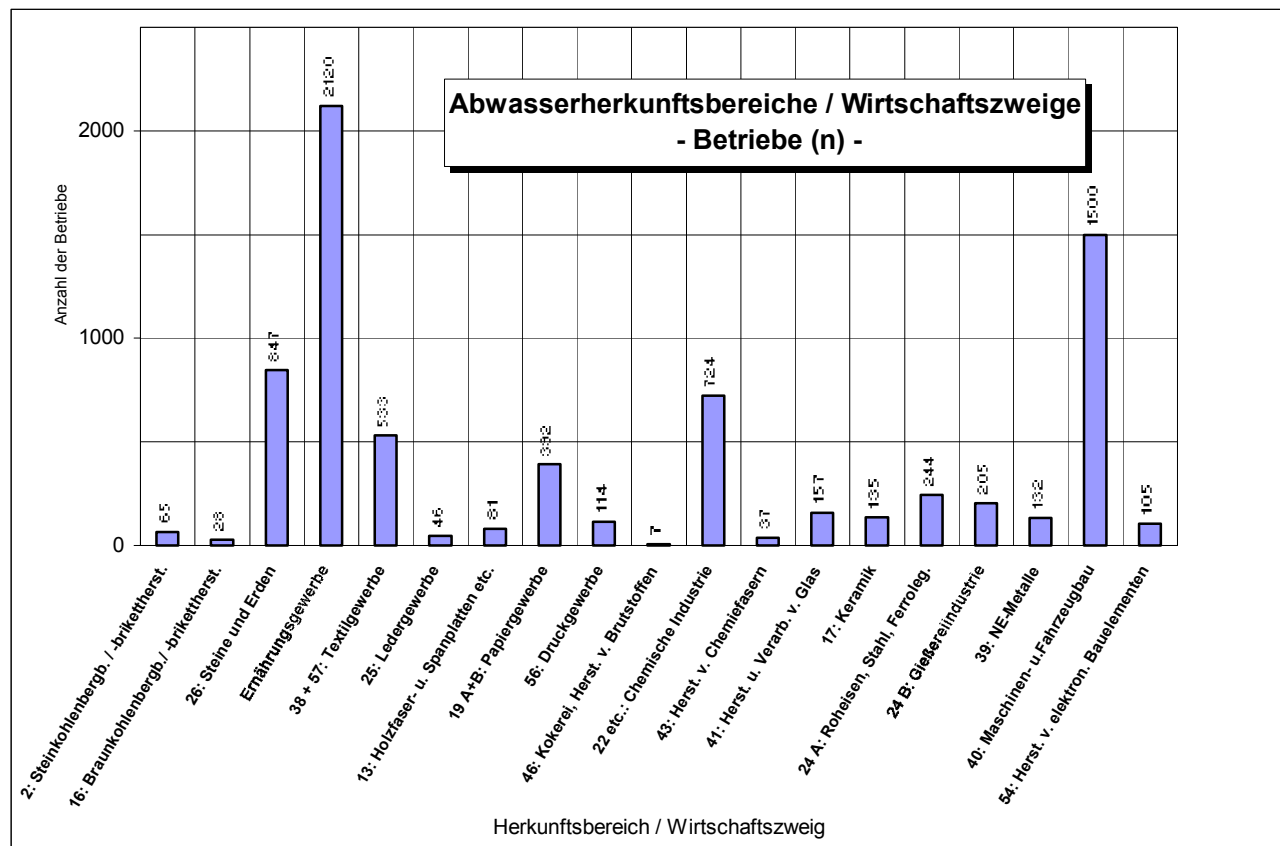


Abbildung 4.1: Abwasserherkunftsbereiche / Wirtschaftszweige - Anzahl der Betriebe mit einem Wasseraufkommen von > 10.000 m³/a

Aus der Verteilung heben sich besonders die sechs Wirtschaftszweige Gewinnung von Steinen und Erden, Ernährungsgewerbe, Textilgewerbe, Papiergewerbe, Chemische Industrie und Maschinen- und Fahrzeugbau mit Anzahl Betriebsstandorten zwischen 400 und > 2.000 hervor. Wenige Betriebsstandorte (< 50) bestehen demgegenüber für die vier Wirtschaftszweige Braunkohlenbergbau und -brikettherstellung, Ledergewerbe, Kokerei und Herstellung von Brutstoffen, Herstellung von Chemiefasern. Weitere Details sind der Tabelle 4-4 zu entnehmen. Hier lassen sich die Wirtschaftszweige entsprechend der Anzahl der erfaßten Betriebsstandorte sechs Gruppen zuordnen.

Behandelte Abwassermengen

Nach Tabelle 4-3 unterscheiden sich die Anteile des behandelten Abwassers je nach Wirtschaftszweig deutlich. Die behandelten Abwassermengen betragen im Mittel rund 15,6 % und liegen zwischen 1,8 % (Braunkohlenbergbau und -brikettherstellung) und 82,7 % (Ledergewerbe) des gesamten abgeleiteten Abwassers.

Deutlich wird die unterschiedliche Abwasserrelevanz der Wirtschaftszweige erst anhand der pro Betriebsstandort kalkulierten durchschnittlich behandelten - also der pro Jahr anfallenden verunreinigten - Abwassermengen. Die Daten aus Tabelle 4-3, Spalte 7 sind in Abbildung 4.2 graphisch dargestellt.

Tabelle 4-4: Anzahl der Betriebe pro Wirtschaftszweig / Branche [STB-95]

Betriebe (n)	Branchen/ Wirtschaftszweige (n)	Wirtschaftszweig/Branche
< 10	1	Kokerei, Herstellung von Brutstoffen
10 – 50	3	Braunkohlenbergbau und Brikettherstellung Herstellung von Chemiefasern Ledergewerbe
50 – 100	2	Steinkohlenbergbau und Brikettherstellung Holzfaser- und Spanplattenwerke etc.
100 – 500	8	Herstellung von elektronischen Bauelementen Druckgewerbe Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen Keramik Herstellung und Verarbeitung von Glas Gießereiindustrie Erzeugung von Roheisen, Stahl, Ferrolegierungen Papiergewerbe
500 - 1.000	3	Textilgewerbe Chemische Industrie Gewinnung von Steinen und Erden
> 1.000	2	Maschinen- und Fahrzeugbau Ernährungsgewerbe

Aus der Verteilung heben sich besonders die sieben Wirtschaftszweige Steinkohlenbergbau und -brikettherstellung, Braunkohlenbergbau und -brikettherstellung, Papiergewerbe, Kokerei und Herstellung von Brutstoffen, Chemische Industrie, Herstellung von Chemiefasern sowie Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen hervor. Das behandelte Abwasser liegt hier zwischen knapp 400.000 m³/a und etwa 1 Mio m³/a.

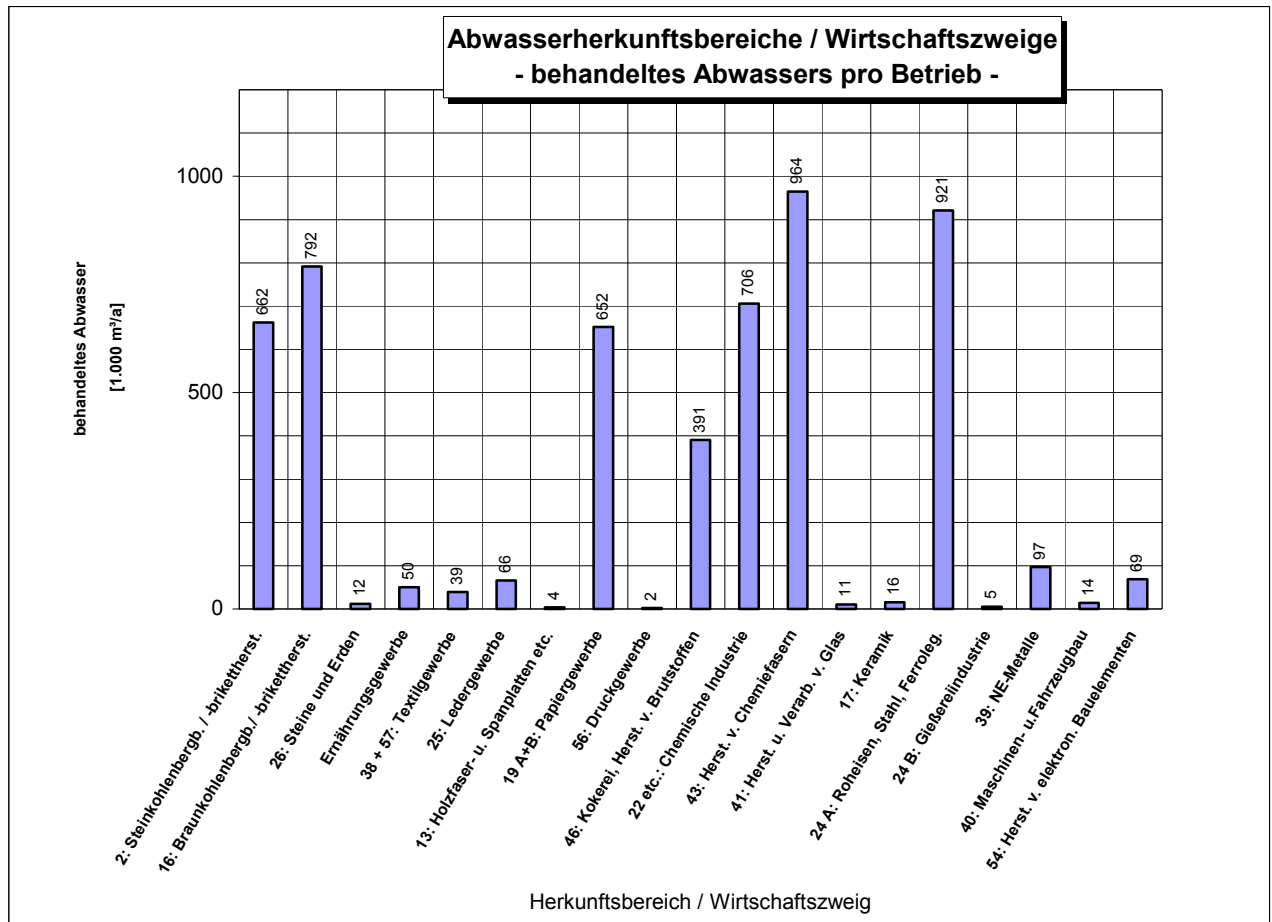


Abbildung 4.2: Abwasserherkunftsbereiche / Wirtschaftszweige - durchschnittliche behandelte Abwassermengen pro Betriebsstandort

Vergleichsweise wenig Abwasser ($< 20.000 \text{ m}^3/\text{a}$) wird durchschnittlich pro Betriebsstandort der sieben Wirtschaftszweige Gewinnung von Steinen und Erden, Holzfasern- und Spanplattenwerke etc., Druckgewerbe, Herstellung und Verarbeitung von Glas, Keramik, Gießereiindustrie sowie Maschinen- und Fahrzeugbau behandelt. Weitere Details sind der Tabelle 4-5 zu entnehmen. Hier sind die Wirtschaftszweige entsprechend der Menge des behandelten Abwassers aufsteigend geordnet.

4.3 Ableitung von Abwassermengenklassen

Entsprechend den durchschnittlichen, pro Betriebsstandort behandelten Abwassermengen können die 19 Wirtschaftszweige und Branchen drei Abwassermengenklassen zugeordnet werden:

- Klasse 3: große Abwassermenge ($> 100.000 \text{ m}^3/\text{a}$ bzw. $> 500 \text{ m}^3/\text{d}$)
- Klasse 2: mittlere Abwassermenge ($\geq 20.000 \text{ m}^3/\text{a}$ bis $< 100.000 \text{ m}^3/\text{a}$)
(bzw. $\geq 50 \text{ m}^3/\text{d}$ bis $< 500 \text{ m}^3/\text{d}$)
- Klasse 1: geringe Abwassermenge ($< 20.000 \text{ m}^3/\text{a}$ bzw. $< 50 \text{ m}^3/\text{d}$)

Tabelle 4-5: Menge des behandelten Abwassers pro Betrieb und Wirtschaftszweig / Branche [STB-95]

Wirtschaftszweig / Branche	behandeltes Abwasser pro Betriebsstandort (1.000 m³/a)
Druckgewerbe	2
Holzfaser- und Spanplattenwerke etc.	4
Gießereiindustrie	5
Herstellung und Verarbeitung von Glas	11
Gewinnung von Steinen und Erden	12
Maschinen- und Fahrzeugbau	14
Keramik	16
Textilgewerbe	39
Ernährungsgewerbe	50
Ledergewerbe	66
Herstellung von elektronischen Bauelementen	69
Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen	97
Kokerei, Herstellung von Brutstoffen	391
Papiergewerbe	652
Steinkohlenbergbau und Brikettherstellung	662
Chemische Industrie	706
Braunkohlenbergbau und Brikettherstellung	792
Erzeugung von Roheisen, Stahl, Ferrolegierungen	921
Herstellung von Chemiefasern	964

In der Tabelle 4-6 werden den drei Klassen die jährlichen Abwassermengen und die Anzahl der erfaßten Betriebsstandorte gegenübergestellt. Die Klassengrenzen leiten sich aus der Verteilung der Abwasserdaten ab (Tabelle 4-5). Sie entsprechen damit weitestgehend den in der Sächsischen EigenkontrollVO [SEKV-99] vorgegebenen Klassengrenzen für Behandlungsanlagen, die nach physikalischen, chemischen oder kombinierten Verfahren arbeiten. Die Tagesmengen werden wie folgt abgegrenzt: $< 50 \text{ m}^3/\text{d}$ / $\geq 50 \text{ m}^3/\text{d}$ bis $< 500 \text{ m}^3/\text{d}$ / $\geq 500 \text{ m}^3/\text{d}$. Bei üblicherweise rund 250 bis 350 Arbeitstagen pro Jahr stimmen diese aber gut mit den Größenordnungen der Jahresmengen in Tabelle 4-6 überein. Sie gehen deshalb auch in das Bewertungsmodell ein (Kapitel 10).

Mit der Klasse 3 wird der wesentliche Teil des behandelten Abwassers erfaßt. Auf die sieben Wirtschaftszweige entfallen insgesamt 85 % des behandelten Abwassers, während ihnen nur 20 % aller erfaßten Betriebe angehören. Umgekehrte Verhältnisse charakterisieren die Klasse 1. Die zugeordneten sieben Wirtschaftszweige produzieren rund 3 % des behandelten Abwassers, beinhalten aber 41 % der erfaßten Betriebe. Hinsichtlich des Kriteriums "verunreinigte Abwassermenge" relevante Wirtschaftszweige enthält daher primär die Abwassermengenklasse 3.

Tabelle 4-6: Abwassermengenklassen - Wirtschaftszweige / Branchen klassifiziert entsprechend der Menge des pro Betrieb behandelten Abwassers

Klasse	Behandeltes Abwasser [1.000 m³/a]	Wirtschaftszweig / Branche	Behandelte Abwassermengen		Betriebsstandorte	
			[1.000 m³/a]	[%]	(n)	[%]
3	≥ 100	- Chemische Industrie - Herstellung von Chemiefasern - Kokerei, Herstellung von Brutstoffen - Papiergewerbe - Erzeugung von Roheisen, Stahl, Ferrolegerungen - Steinkohlenbergbau und Brikettherstellung - Braunkohlenbergbau und Brikettherstellung	1.095.106	85	1.497	20
2	≥ 20 bis < 100	- Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen - Herst. v. elektronischen Bauelementen - Ernährungsgewerbe - Textilgewerbe - Ledergewerbe	150.870	12	2.936	39
1	< 20	- Keramik - Maschinen- und Fahrzeugbau - Gewinnung von Steinen und Erden - Herstellung und Verarbeitung von Glas - Gießereiindustrie - Holzfaser- und Spanplattenwerke etc. - Druckgewerbe	36.287	3	3.039	41
Summe			1.282.263	100	7.472	100

Anhand der Ergebnisse konnten auch jene Betriebe eingeschätzt werden, die mit Wasseraufkommen < 10.000 m³/a nicht in die Statistik des Bundes [STB-95] eingingen. Sie entsprechen generell den Anforderungen an die Abwassermengenkategorie 1 mit < 20.000 m³/a verunreinigtem Abwasser.

4.4 Fazit zum Abwasseraufkommen

Ergebnisse

- Die Bundesstatistik erfaßt im Jahre 1995 für die Wirtschaftszweige verarbeitendes Gewerbe und Bergbau insgesamt 13.132 Betriebe mit einem Abwasseraufkommen > 10.000 m³/a. Für diese Betriebe (ohne Dienstleistungen) beträgt das Abwasseraufkommen im gleichen Zeitraum rund $8,9 \cdot 10^9$ m³.
- Relevant ist das behandelte bzw. verunreinigte Abwasser. Es beträgt 1995 etwa $1,4 \cdot 10^9$ m³, ca. 16 % der Gesamtabwassermenge.

- Für die Abschätzung der branchenspezifischen Abwasserverhältnisse werden 19 Wirtschaftszweige und Branchen berücksichtigt. Diese schließen 42 Anhänge der AbwV ein.
- Die 19 Wirtschaftszweige und Branchen werden in Bezug auf das behandelte Abwasser drei Abwassermengenklassen zugeordnet: Klasse 3 Abwassermengen ($> 100.000 \text{ m}^3/\text{a}$), Klasse 2 mittlere Abwassermengen ($\geq 20.000 \text{ m}^3/\text{a}$ bis $< 100.000 \text{ m}^3/\text{a}$) und Klasse 1 geringe Abwassermengen ($< 20.000 \text{ m}^3/\text{a}$).
- Folgende Wirtschaftszweige/Branchen gehören zur Abwassermengenklasse 3: Chemische Industrie, Herstellung von Chemiefasern, Kokerei / Herstellung von Brutstoffen, Papiergewerbe, Erzeugung von Roheisen / Stahl / Ferrolegierungen, Steinkohlenbergbau / Brikettherstellung und Braunkohlenbergbau / Brikettherstellung. Auf sie entfallen 85 % des behandelten Abwassers und 20 % der erfaßten Betriebe.

5 Branchentypische Abwasserbeschaffenheit

Industriell / gewerbliche Abwässer werden in der Abwasserverordnung (AbwV in der Fassung vom 29. Mai 2000) [AbwV-00] 53 Anhängen und Verwaltungsvorschriften zugeordnet. Für Betriebe dieser Herkunftsbereiche gibt der Gesetzgeber Mindestanforderungen für Abwässer vor, die in Gewässer (Direkteinleiter) oder in öffentliche Kanalisationen (Indirekteinleiter) eingeleitet werden. Von den in der AbwV aufgeführten Branchen wurden die Herkunftsbereiche näher betrachtet, bei denen Abwässer so beschaffen ist, daß durch Exfiltrationen aus schadhafte Kanalisationen Boden und Grundwasser beeinträchtigt werden können. Diese Rohabwässer werden Abwasserkanälen und nicht Überflurleitungen zugeführt, die dabei anfallenden Abwassermengen sind als relevant einzustufen.

Die Umweltrelevanz der Branchen wurde aus den gesetzlichen Mindestanforderungen zur Abwasserüberwachung, gesetzlichen Regelwerken und Daten zur Stoffgefährlichkeit, statistischen Erhebungen des Bundes und durch eigene Umfrageergebnisse abgeleitet.

Aufgrund der Daten konnten bereits 25 Abwasserherkunftsbereiche als nicht relevant eingestuft werden.

5.1 Relevante Branchen

Die durch die AbwV geregelten 53 Herkunftsbereiche beziehen sich auf z. T. sehr unterschiedliche Abwässer kommunaler Kläranlagen, der Lebensmittelindustrie bis zur Chemischen Industrie. Um die Verhältnisse übersichtlicher zu gestalten, wurden die Abwasserherkunftsbereiche in der Tabelle 5-1 folgenden neun Wirtschaftszweigen und Rubriken zugeordnet:

- I Kohlenbergbau: Brikettherstellung, Steinkohlenaufbereitung
- II Chemische Industrie, Kokerei
- III Keramik, Glasgewerbe, Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden
- IV Metallerzeugung, Metallbe- und -verarbeitung, Herstellung von elektronischen Bauelementen
- V Holz-, Papier- und Druckgewerbe
- VI Textil- und Ledergewerbe
- VII Ernährungsgewerbe und vergleichbare Gewerbe
- VIII Dienstleistungen
- IX Sonstige

Die Umweltrelevanz ergibt sich aus den Mindestanforderungen, den zu erwartenden Kanalnetzlängen und den Abwassermengen. Die Branchen mit geringer Umweltrelevanz werden nicht weiter betrachtet.

5.1.1 Auswahlkriterium Mindestanforderungen

Abhängig von den in Produktionsprozessen eingesetzten Stoffen und Reaktionsprodukten werden die Abwässer der Herkunftsbereiche anhand unterschiedlicher Mindestanforderungen bewertet. Zu unterscheiden sind grundsätzlich

1. Parameter, mit denen primär die biologische Abbaubarkeit (CSB, BSB₅) und der Nährstoffgehalt (NH₄-N, N_{ges.}, P_{ges.}) des Abwassers ermittelt werden.
2. Parameter, mit denen halogenorganische Verbindungen, aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, Schwermetalle, Cyanide etc. erfaßt werden.

Die 1. Parametergruppe wird als deutlich geringer umweltwirksam bewertet. Auch hinsichtlich der Wechselwirkungen im Untergrund und der biologischen Abbau- und Transformationsprozesse in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone sind diese Stoffgruppen als weniger kritisch einzuschätzen. Dies ist vor allem vor dem Hintergrund vergleichsweise geringer Exfiltrationsraten aus schadhafte Kanälen realistisch (s. Kapitel 8) und konnte bereits durch Untersuchungen an öffentlichen Kanälen bestätigt werden [HA-96]. Daher werden Herkunftsbereiche, deren Abwassereinleitungen ausschließlich anhand der unter 1. genannten Stoffgruppen überwacht werden nicht in die weitergehenden Untersuchungen einbezogen, sondern der Abwasserbeschaffenheitsklasse 1: "Geringe Umweltrelevanz" zugeordnet (s. Kapitel 5.3). Dies betrifft 18 Herkunftsbereiche, die vorwiegend zu den Wirtschaftszweigen I: Kohlenbergbau und VII: Ernährungsgewerbe angehören (Tabelle 5-1). Unberücksichtigt bleibt auch der Anhang 1: Häusliches und kommunales Abwasser.

Demgegenüber werden in den geltenden Richtlinien, Gesetzen und Verordnungen der EU und des Bundes wie [EWG-76], [EWG-79], [EWG-86] [GwV-97], [VwVwS-99] die unter 2. genannten Parameter überwiegend als "gefährliche Stoffe" oder "wassergefährdende Stoffe" eingestuft. Besondere Aufmerksamkeit wird den hierin enthaltenen "toxischen, langlebigen und bioakkumulierbaren Stoffen" gewidmet. Diese Stoffe sind daher im Hinblick auf die Umweltrelevanz weiter zu betrachten.

5.1.2 Auswahlkriterium Kanal

Geringe Kanallängen sind für die Abwasserherkunftsbereiche 50: Zahnbehandlung und 51: Oberirdische Ablagerung von Abfällen anzunehmen. Zahnarztpraxen sind überwiegend über Hausanschlußleitungen mit der öffentlichen Kanalisation verbunden. Diese Hausanschlüsse dürften überwiegend < 10 m lang sein. Vergleichbare Verhältnisse wurden für den Anhang 51 zugrunde gelegt. Es wird davon ausgegangen, daß die Sickerwasserbehandlungsanlage einer Deponie Vorort im deponienahen Bereich installiert ist und Kanallängen von 30 m nicht überschreiten.

Der Herkunftsbereich 47: Wäsche von Rauchgasen aus Feuerungsanlagen wird durch über Flur geführte und kontrollierbare Abwasserleitungen charakterisiert. Recherchen zum Herkunftsbereich 53: Fotografische Prozesse dokumentierten vergleichbare Verhältnisse. Generell werden die Entwickler- und Fixierbadchemikalien vom eigentlichen Abwasser getrennt in einem Recyclingkreislauf geführt. Verbrauchte, nicht mehr zu nutzende Chemikalien gehen in die externe Entsorgung. Als Abwasser fallen ausschließlich Spülwässer an, die über kontrollierbare Leitungen den

Behandlungsanlagen zugeführt werden. Unbehandelte Produktionsabwässer gelangen nicht in erdverlegte Abwasserkanäle.

Die Abwasserherkunftsbereiche 47, 50, 51 und 53 entfallen daher für die weitere Betrachtung.

Tabelle 5-1: Vergleich Wirtschaftszweige, Abwasserherkunftsbereiche und Umweltrelevanz

Anhang / VwV	Abwasserherkunftsbereich	Mindestanforderungen	Umweltrelevanz
I Kohlenbergbau, Brikettherstellung, Steinkohlenaufbereitung			
2	Braunkohle-Brikettfabrikation	1.	Gering
16	Steinkohlenaufbereitung	1.	Gering
II Chemische Industrie, Kokerei			
9	Herstellung von Beschichtungsstoffen etc.	1.+ 2.	weitere Betrachtung
22	Mischabwasser	1.+ 2.	weitere Betrachtung
30	Sodaherstellung	1.+ 2.	weitere Betrachtung
36	Herstellung von Kohlenwasserstoffen	1.+ 2.	weitere Betrachtung
37	Herstellen anorganischer Pigmente	1.+ 2.	weitere Betrachtung
42	Alkalichloridelektrolyse	1.+ 2.	weitere Betrachtung
43	Herstellung von Chemiefasern, Folien etc.	1.+ 2.	weitere Betrachtung
44	Herstellung von mineralischen Düngemitteln	1.+ 2.	weitere Betrachtung
45	Erdölverarbeitung (Raffinerien)	1.+ 2.	weitere Betrachtung
48	Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe	1.+ 2.	weitere Betrachtung
46	Steinkohleverkokung	1.+ 2.	weitere Betrachtung
III Keramik, Glasgewerbe, Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden			
17	Herstellung keramischer Erzeugnisse	1.+ 2.	weitere Betrachtung
26	Steine und Erden	1.+ 2.	weitere Betrachtung
41	Herstellung und Verarbeitung von Glas etc.	1.+ 2.	weitere Betrachtung
IV Metallerzeugung, Metallbe- und -verarbeitung, Herstell. von elektronischen Bauelementen			
24, Teil A	Eisen- und Stahlerzeugung	1.+ 2.	weitere Betrachtung
24, Teil B	Eisen-, Stahl- und Tempergießerei	1.+ 2.	weitere Betrachtung
39	Nichteisenmetallherstellung	1.+ 2.	weitere Betrachtung
40	Metallbearbeitung, Metallverarbeitung	1.+ 2.	weitere Betrachtung
54	Herstellung von Halbleiterbauelementen	1.+ 2.	Weitere Betrachtung
V Holz-, Papier- und Druckgewerbe			
13	Holzfasерplatten	1.+ 2.	Weitere Betrachtung
19, Teil A	Zellstofferzeugung	1.+ 2.	Weitere Betrachtung
19, Teil B	Herstellung von Papier und Pappe	1.+ 2.	Weitere Betrachtung
56	Herstellung von Druckformen, etc.	1.+ 2.	Weitere Betrachtung

Anhang / VwV	Abwasserherkunftsbereich	Mindestanforderungen	Umweltrelevanz
VI Textil- und Ledergewerbe			
25	Lederherstellung, Pelzveredelung, etc.	1.+ 2.	Weitere Betrachtung
38	Textilherstellung, Textilveredelung	1.+ 2.	Weitere Betrachtung
57	Wollwäschereien	1.+ 2.	Weitere Betrachtung
VII Ernährungsgewerbe und vergleichbare Gewerbe			
3	Milchverarbeitung	1.	Gering
4	Ölsaatenaufbereitung, Speisefett- und etc.	1.	Gering
5	Herstellung von Obst- und Gemüseprod.	1.	Gering
6	Herstellung von Erfrischungsgetränken etc.	1.	Gering
7	Fischverarbeitung	1.	Gering
8	Kartoffelverarbeitung	1.	Gering
10	Fleischwirtschaft	1.	Gering
11	Brauereien	1.	Gering
12	Herstellung von Alkohol und alkol. Getr.etc.	1.	Gering
14	Trocknung pflanzlicher Produkte etc.	1.	Gering
15	Herstellung von Hautleim, Gelatine etc.	1.	Gering
18	Zuckerherstellung	1.	Gering
20	Fleischmehlindustrie	1.	Gering
21	Mälzereien	1.	Gering
28	Melasseverarbeitung	1.	Gering
29	Fischintensivhaltung	1.	Gering
VIII Dienstleistungen			
49	Mineralölhaltiges Abwasser	1.+ 2.	Weitere Betrachtung
50	Zahnbehandlung	2.	Entfällt
52	Chemischreinigung	2.	Entfällt
53	Fotografische Prozesse etc.	2.	Entfällt
55	Wäschereien	1.+ 2.	Weitere Betrachtung
IX Sonstiges			
31	Wasseraufbereitung, Kühlsysteme, etc.	1.+ 2.	Weitere Betrachtung
47	Wäsche von Rauchgasen etc.	1.+ 2.	Entfällt
51	Oberirdische Ablagerung von Abfällen	1.+ 2.	Entfällt
1	Häusliches und kommunales Abwasser	1.	Entfällt

5.1.3 Auswahlkriterium Abwassermengen

Nach dem Stand der Technik sind Chemischreinigungen - Anhang 52 - durch sehr geringe Abwassermengen charakterisiert. Bei den in Annahmestellen betriebenen Reinigungsmaschinen fallen täglich kaum mehr als 10 l Abwasser an [UBA-92], das

Umweltamt der Stadt Düsseldorf nennt sogar Mengen $< 10 \text{ l}$ pro Monat [DU-00]. Darüber hinaus sind die Kanallängen wie im Anhang 50 überwiegend gering. Der Herkunftsbereich 52 entfällt daher für die weiteren Betrachtungen.

Andere Verhältnisse können bei Industriereinigungen vorliegen. Abhängig vom Reinigungsverfahren, dem Fassungsvermögen der Maschinen und den Reinigungschargen können pro Maschine mehr als 2 m^3 Abwasser pro Tag anfallen. Industriereinigungen werden daher über den Herkunftsbereich 55: Wäschereien berücksichtigt.

5.2 Recherchen

5.2.1 Datenlage

Weitergehende Daten zur Rohabwasserbeschaffenheit wurden für relevante Herkunftsbereiche erhoben. Hierzu wurden intensive Kontakte zu Behörden und Betrieben aufgenommen und parallel Literaturrecherchen durchgeführt (24 Bundes-, Landes-, Bezirks-, Fach- und Kommunalbehörden, 50 Unternehmen/Betriebe unterschiedlicher Wirtschaftszweige).

Daraus konnten brauchbare Daten zu insgesamt 34 Betrieben und Betriebsteilen gewonnen werden. Diese Betriebe gehören 15 der näher zu betrachtenden 28 Anhänge der AbwV an. Für die übrigen 13 Herkunftsbereiche wurden für acht Literaturrecherchen durchgeführt und für fünf Anhänge nur auf die Mindestanforderungen zurückgegriffen. Die Recherchen zur Abwasserbeschaffenheit sind in Anlage 5.1-5.7 dokumentiert.

Bei Betriebsbegehungen wurden Daten zu folgenden Teilaspekten erhoben:

- Betriebsentwicklung
- Zuordnung Anhang AbwV
- Betriebsgröße (Mitarbeiterzahl, Grundfläche)
- Gründung des Betriebsstandortes / letzte Optimierung der Produktion
- Produktion (Produkte, Produktionsverfahren, eingesetzte Stoffe)
- Abwasserbehandlung
- Abwassermengen
- Abwasserbeschaffenheit (Analysen des un- / behandelten Abwassers)
- Abwassernetz (Länge, Art)

Die Beschaffenheit der betrieblichen Rohabwässer wird überwiegend durch die Parameter CSB, BSB und TOC/DOC sowie AOX und Schwermetalle beschrieben. Darüber hinaus liegen Daten von MKW, BTEX-Einzelstoffen und speziellen, branchen-/betriebsspezifischen Inhaltsstoffen vor.

Die Parameter CSB, BSB₅ und TOC/DOC wurden aufgenommen, um den Anteil der organischen Matrix der Abwässer zu dokumentieren. Aufgrund des Parameters AOX und der anorganischen und organischen Einzelstoffe werden "gefährliche Stoffe" [GwV-97] erfaßt. Laschka belegte in Abwässern der Chemischen Industrie die Eignung vom AOX für halogenorganische (aliphatische und aromatische) Verbindungen

[LAS-97]. Die Parameter sind daher geeignet, die Umweltrelevanz der Abwässer zu bewerten.

Insgesamt ist der Datenbestand sehr heterogen. Die Messwerte gehen auf Stichproben oder Mischproben zurück, liegen als Einzelwerte sowie als Mittel- und Min-/Maxwerte unterschiedlichster Zeiträume vor. Daher werden die Konzentrationsspektren (Minimum - Maximum) der Parameter angegeben. In diese gehen Befunde aus mehreren Untersuchungsintervallen ein, sie schließen Teilströme ein, die zu einem Anhang gehören und zusammengefaßt wurden oder gehen auf mehrere, zu einem Anhang gehörende Betriebe zurück. Damit dies nachvollziehbar wird, sind auch die statistischen Maßzahlen angegeben, die den Meßwerten zugrunde liegen.

Auf Grundlage der Recherchenergebnisse und den stoffbezogenen Daten zu Emissionsmengen, Prioritäten/ Regelungen zur Begrenzung, Gefährlichkeit und Untergrundverhalten werden die Herkunftsbereiche drei Abwasserbeschaffenheitsklassen zugeordnet. Sie schließen die wesentlichen Herkunftsbereiche charakteristischer umweltwirksamer Stoffe und Stoffgruppen ein. Dadurch sind die Abwasserbeschaffenheitsklassen hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz differenzierbar. Innerhalb des Bewertungsmodells zur Beurteilung von Schäden an Grundstücksentwässerungsleitungen (s. Kapitel 10) geht die Abwasserbeschaffenheit neben anderen Kriterien in die Bewertung der Herkunftsbereiche ein. Aus der Zuordnung der Herkunftsbereiche leiten sich prinzipiell auch die relevanten Leitparameter ab, mit denen die Auswirkungen der betrieblichen Kanäle auf Boden und Grundwasser eingeschätzt werden können. Gegenüber der Zuordnung nach Stoffgruppen werden diese branchenspezifisch weiter präzisiert.

Für 23 der ausgewählten 28 Anhänge konnten Daten des Rohabwassers durch Recherchen erhoben werden (Anlage: 5.1 - 5.7), so daß für die im Kapitel 5.2 genannten sieben Branchengruppen II - VI und VIII - IX Informationen zur Abwasserbeschaffenheit vorliegen. Weitere Datensätze entfallen auf drei Herkunftsbereiche, die nicht in die weitergehenden Untersuchungen einbezogenen werden (vgl. Kapitel 5.1).

Verschiedene Anhänge - wie 9, 19, 24 A, 24 B, 37, 39, 40, 48, 49 - beinhalten Untergruppen, die z.T. ausschließlich in Erläuterungen oder in der Fachliteratur beschrieben werden. Meßwerte des Rohabwassers aller Untergruppen sind explizit im Datenbestand nicht enthalten, sie gehen teilweise aber in die Befunde für das Gesamt-abwasser der Betriebe ein.

Keine Daten liegen vor für die Herkunftsbereiche Holzfaserplatten (Anhang 13), für verschiedene Produktionszweige der Chemischen Industrie, wie die Alkalichlorid-elektrolyse (Anhang 42) und die Herstellung von mineralischen Düngemitteln (Anhang 44) sowie für die Herstellung von Halbleiterbauelementen (Anhang 54). Der Anhang 54 kann aber durch die vorliegenden Daten des Anhangs 40.1 (Galvanik) bewertet werden, da sie sich auf Abwässer aus der Galvanik beziehen und nach [REI-93] sich z.T. die eingesetzte Stoffe und Produktionsverfahren überschneiden.

5.2.2 Bewertung

Vergleicht man die durchschnittlichen Mindestanforderungen der AbwV an Abwässereinleitungen oder auch die Befunde im kommunalen Schmutzwasser mit den Meßwerten in Anlage 5.1 bis 5.7 werden Unterschiede deutlich. Je nach Branche

wurden u. a. für die Parameter AOX, Phenolindex, MKW und Schwermetalle Meßwerte ermittelt, die die zugelassenen Einleitungskonzentrationen zumindest relevant, teilweise sogar um bis zu mehr als das 100- bis > 1000 fache überschreiten.

Wirtschaftszweig II: Chemische Industrie

Die auffälligsten Meßwerte liegen für den Wirtschaftszweig II: Chemische Industrie vor. Hier besonders für die organischen Parameter AOX, Phenolindex und MKW, untergeordnet für BTEX und Schwermetalle (Anlage 5.1).

Wirtschaftszweig III: Keramik, Glasgewerbe, Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden

Von den im Wirtschaftszweig III zusammengefaßten Herkunftsbereichen konnten überwiegend Rohabwasserdaten für die Anhänge 17, 26 und 41 recherchiert werden.

Die Abwässer der im Anhang 17: Herstellung keramischer Erzeugnisse enthaltenen Herkunftsbereiche sind insgesamt als vergleichsweise unauffällig zu bewerten. Für Abwässer aus der Piezo-Keramik, aus der Herstellung von Geschirrerzeugnissen und der Sanitärkeramik entfällt unter bestimmten technischen Anforderungen die gesetzliche Überwachung. Die relativ niedrigen Meßwerte im Rohabwasser aus der Herstellung keramischer Erzeugnisse (Anlage 5.2) bestätigen exemplarisch diese Regelung. Mindestanforderungen bestehen noch für Abwasser aus dem Feuerfestbereich sowie aus der Herstellung von Schleifwerkzeugen, Spaltplatten, Fliesen und Ziegeln. Hier werden Schwermetalle enthaltende Abwässer aus der Produktion (Glasuren) generell über Schlammabsetzbecken geführt und die Beckenüberlaufwässer in den Produktionsprozeß zurückgeführt [RAD-00, UBA-00a]. Dadurch treten im Abwasser zu vernachlässigende Schwermetallgehalte auf. In Wasserkreisläufen eingesetzte Biozide können AOX-Gehalte im Abwasser hervorrufen. Werden die biologisch abbaubaren Wirkstoffe aber vorschriftsmäßig eingesetzt, bedingen diese keine nennenswerten Befunde. Die Herkunftsbereiche des Anhangs 17 entsprechen daher der Abwasserbeschaffenheitsklasse 1.

Vergleichbare Verhältnisse liegen für den Anhang 41: Herstellung und Verarbeitung von Glas und künstlichen Mineralfasern vor (Anlage 5.2). Bei der Industrieglaserstellung sind die im Abwasser meßbaren Schwermetalle überwiegend in Glaspartikel eingeschlossen und für den Wirkungspfad Abwasser - Boden - Grundwasser daher bedeutungslos. Bei der Veredelung von Glaserzeugnissen z. B. durch Schleifen und Gravieren sind die Bedingungen etwas anders. Doch wird hier der Schleifschlamm in Sedimentationsbecken zurückgehalten und das Ablaufwasser nach einer Vorbehandlung dem Produktionsprozeß wieder zugeführt. Die Behandlungsanlagen liegen innerhalb der Betriebsgebäude. Unbehandeltes Abwasser gelangt nicht in die Kanalisation. Insgesamt sind die Abwassermengen mit < 250 m³/a sehr niedrig. Daher wird der Anhang 41 ebenfalls der Abwasserbeschaffenheitsklasse 1 zugeordnet. Auf Anfrage teilte das Umweltbundesamt mit, daß Abwasser der Glasindustrie "...überwiegend keine besondere Umweltbelastung darstellt..." [UBA-99].

Zum Anhang 26 gehören vier Abwasserherkunftsbereiche. Abwasser aus der Gewinnung und Aufbereitung von Naturstein, Quarz, Sand und Kies etc. (Teil 1.1.1) sowie aus der Herstellung von Kalkstein (Teil 1.1.2) ist nicht relevant. Zur Beurteilung

werden gemäß AbwV die Mindestanforderungen Abfiltrierbare Stoffe und CSB gefordert. Abwasser aus der Herstellung von Beton und Betonerzeugnissen (Teil 1.1.3) darf generell nicht eingeleitet werden. Es wird primär in oberirdisch verlegten Leitungen geführt.

Bei der Herstellung von Faserzement einschließlich Asbestzement (Teil 1.1.4) anfallendes Abwasser darf nur dann eingeleitet werden, wenn die Produktionseinheit routinemäßig gereinigt oder gewartet wird, nicht aber während der Produktion. Abwasser fällt daher ausschließlich chargenweise und in vergleichsweise geringen Mengen an. Die zu überwachenden, relevanten Inhaltsstoffe AOX und Chrom sind im Hinblick auf Abwasserexfiltrationen daher nur von untergeordneter Bedeutung. Dies bestätigen auch die in Anlage 5.2 dokumentierten Meßwerte im Abwasser. Der Anhang 26 wird daher der Abwasserbeschaffenheitsklasse 1 zugeordnet.

Wirtschaftszweig IV: Metallerzeugung, Metallbe- und verarbeitung

Hier überwiegen auffällige Befunde für Schwermetalle und MKW (Anlage 5.3). Hervorzuheben sind die Anhänge 24 A und B (Eisen- und Stahlerzeugung, Eisen-, Stahl- und Tempergießerei) sowie 39 (Nichteisenmetallherstellung). Für den Anhang 40 (Metallbe- und -verarbeitung) sind nur vereinzelt erhöhte Meßwerte dokumentiert, die sich insgesamt auf den Parameter MKW beziehen.

Wirtschaftszweig V: Holz-, Papier- und Druckgewerbe

Im Rohabwasser der Herkunftsbereiche des Wirtschaftszweiges V: Holz-, Papier- und Druckgewerbe (Anlage 5.4) liegen überwiegend unauffällige Meßwerte vor. Für die Branche Zellstofferzeugung (Anhang 19 A) werden noch relevante Abwässer dokumentiert. Sie sind durch den Gruppenparameter AOX charakterisiert. Neueste Daten [UBA-00b] zeigen aber, daß von den fünf in der Bundesrepublik Deutschland bestehenden Zellstoff erzeugenden Betrieben vier nach dem Sulfitverfahren arbeiten. Chlor wird hier nicht mehr in der Produktion eingesetzt (TCF-Verfahren - total chlorfrei). Daraus resultieren im Rohabwasser AOX-Gehalte $\leq 100 \mu\text{g/l}$. Das einzige, noch nach dem Sulfatverfahren arbeitende Unternehmen verzichtet auf elementares Chlor (ECF-Verfahren - elementar chlorfrei). Durch das verwendete Chlordioxid werden AOX-Frachten $< 0,1 \text{ kg/t}$ Zellstoff erreicht. Das entspricht etwa AOX-Gehalten zwischen 1 mg/l und 5 mg/l im Rohabwasser.

Betriebe, die Zellstoff nach dem ECF-Verfahren produzieren, werden der Abwasserbeschaffenheitsklasse 2 zugeordnet. Demgegenüber entsprechen Zellstoffabriken, die nach dem TCF-Verfahren arbeiten sowie die Herkunftsbereiche 19 B: Herstellung von Papier und Pappe und 56: Herstellung von Druckformen, Druckerzeugnissen etc. den Anforderungen an die Abwasserbeschaffenheitsklasse 1.

Wirtschaftszweig VI: Textil und Ledergewerbe

Der Parameter AOX scheint nur noch untergeordnet das Problem des Wirtschaftszweiges VI: Textil und Ledergewerbe zu sein (Anlage 5.5). Neuere Daten dokumentieren in der Textilbranche (Anhang 38) vorwiegend wenig auffällige Verhältnisse. Dafür fallen erhöhte Meßwerte für den Parameter MKW auf. Diese sind an das Abwasser einer Textildruckerei gebunden und gehen auf den innerhalb des Produk-

tionsprozesses erforderlichen Druckverdicker zurück. Hierbei handelt es sich um spezifische Verhältnisse eines Betriebes die nicht auf die gesamte Branche übertragen werden können.

Demgegenüber sind die Abwässer der Wollwäschereien (Anhang 57) höher einzuordnen. Nach wie vor können im Abwasser deutlich erhöhte AOX-Gehalte auftreten (Anlage 5.5). Doch ist zu berücksichtigen, daß in der Bundesrepublik nur noch zwei Betriebe bestehen [UBA-00a], [SUL-00].

Im Abwasser aus der Lederherstellung (Anhang 25) dominierten hohe Meßwerte für das Schwermetall Chrom. Doch werden zwischenzeitlich auch chromfreie Gerbverfahren angewendet (Anlage 5.5).

Wirtschaftszweig VIII: Dienstleistungen

Von den unter dem Wirtschaftszweig VIII: Dienstleistungen (Anlage 5.6) zusammengefaßten Herkunftsbereichen entfallen für eine weitere Betrachtung bereits der Anhang 52: Chemisch Reinigung und der Anhang 53: Photographische Prozesse (s. Kapitel 5.1.2, 5.1.3). Darüber hinaus liegen Rohabwasserdaten vor für den Anhang 49: Mineralöhlhaltiges Abwasser und den Anhang 55: Wäschereien.

Im Abwasser von PKW- und Flugzeugwaschanlagen (Anhang 49: Mineralöhlhaltiges Abwasser) waren teilweise die Befunde für den Parameter MKW erhöht. Besonders an PKW-Waschanlagen, an Tankstellen, Umschlagflächen und an Kfz-Werkstätten etc. sind die Abwasserkanäle von der Anfallstelle bis zur Behandlungsanlage aber vergleichsweise kurz. Sie dürften im Regelfall kaum 30 m überschreiten. PKW-Waschanlagen sind darüber hinaus überwiegend mit Systemen zur Kreislaufführung der Waschwässer ausgerüstet. Dadurch vermindern sich die Abwassermengen deutlich.

Ähnliche Verhältnisse bestehen für Reinigungsanlagen von Nutzfahrzeugen und mittlerweile auch für Schienenfahrzeuge. Flugzeuge werden in speziell dafür eingerichteten Wasch- und Wartungshallen gereinigt. Die Abwässer aus dem technischen Bereich werden z. B. in Tanks gesammelt und vor der Einleitung in die Kanalisation vorbehandelt [ATV-97]. Die mit dem Anhang 49 erfaßten Abwässer daher nur untergeordnet umweltrelevant sein.

Recherchen zur Beschaffenheit des Rohabwassers von Wäschereien (Anhang 55) dokumentierten primär erhöhte Meßwerte für MKW und lipophile Stoffe, während der AOX nur geringfügig beeinflußt war. In dem aufgezeigten Querschnitt sind Abwässer aus den Waschvorgängen von Objekt- und Mietwäsche, Krankenhauswäsche, Privatwäsche, weißer Berufswäsche und Blauzeug enthalten. Andere Verhältnisse spiegeln die Literaturdaten [SCH-97] zu den Teilströmen Berufsbekleidung und vor allem Putztücher wider, die die recherchierten Daten um das 10- bis 100fache übersteigen. Chlorierte organische Verbindungen werden in den Betrieben der verarbeitenden Branchen heute aber nicht mehr eingesetzt. Daher dürften zumindest die aus den Putztüchern und der Berufsbekleidung stammenden AOX- und LHKW-Gehalte deutlich zurückgegangen sein.

5.3 Abwasserbeschaffenheitsklassen

Die Abwässer der relevanten Herkunftsbereiche (s. Tabelle 5-1) werden drei Klassen zugeordnet. Das Ergebnis ist im einzelnen den Tabellen 5-2 und 5-3 zu entnehmen. Demnach sind zu unterscheiden Herkunftsbereiche mit Abwässern, die vorwiegend charakterisiert sind durch

AOX, Aromaten	(Abwasserbeschaffenheitsklasse 3)
Schwermetalle, MKW	(Abwasserbeschaffenheitsklasse 2)
Nährstoffe, gut biologisch abbaubare Stoffe(oder zu vernachlässigende Gehalte der Klasse 3 und 2)	(Abwasserbeschaffenheitsklasse 1)

Die Parameter der Abwasserbeschaffenheitsklasse 3 und 2 repräsentieren Stoffe und Stoffgruppen, die überwiegend als "gefährliche Stoffe" oder "wassergefährdende Stoffe" eingestuft werden. Sie schließen "toxische, langlebige und bioakkumulierbaren Stoffe" ein. Demgegenüber sind die in der Abwasserbeschaffenheitsklasse 1 zusammengefaßten Stoffgruppen als deutlich geringer umweltwirksam zu beurteilen oder es handelt sich um Abwässer mit zur vernachlässigenden Gehalten an Inhaltsstoffen, die die Klassen 3 und 2 charakterisieren.

Auf dieser einheitlichen Basis wären die Abwässer entsprechend den Meßwerthöhen branchenbezogen zu bewerten. Doch ist der vorhandene Datenbestand hierzu nicht ausreichend belastbar. Weniger detailliert - aber trotzdem nutzbar - können die Abwasserbeschaffenheitsklassen zumindest hinsichtlich möglicher Umwelteinflüsse zugeordnet werden.

Für die Abwasserbeschaffenheitsklassen 3 und 2 verdeutlicht dies Tabelle 5-4. Die hier aufgeführten Stoffe und Stoffgruppen sind überwiegend in den Emissionsinventaren PER (EU) und TRI (USA) sowie in den Listen I und II der Grundwasserverordnung und dieser zugrundeliegenden "Richtlinie 80/86EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmt gefährliche Stoffe" enthalten (s. Legende zu Tabelle 5-4). Darüber hinaus wurden sie teilweise vorgeschlagen für die Liste prioritärer Stoffe (Stand: Juni 1999) [BMU-00, S. 136] nach Artikel 21 der Wasser-Rahmen-Richtlinie vom 23.10.2000 [EU-00].

Es handelt sich um Verbindungen mit Stoffgefährlichkeiten r_0 , die entsprechend [LÜH-95] den Gefährlichkeitsklassen I ("Gefährliche Stoffe"), II ("Sehr gefährliche Stoffe") und III ("Besonders gefährliche Stoffe") angehören. Die in die Bewertung eingegangenen Parameter sind der Legende zu Tabelle 5-4 zu entnehmen.

Tabelle 5-2: Zuordnung zu Abwasserbeschaffenheitsklassen 3 und 2, Leitparameter für Boden- und Grundwasseruntersuchungen

Anhang / VwV	Abwasserherkunftsbereich	Leitparameter
Abwasserbeschaffenheitsklasse 3: AOX, Aromaten		
9	Herstellung von Beschichtungsstoffen und Lackharzen	AOX, Cu
22	Mischabwasser	AOX, SM
36	Herstellung von Kohlenwasserstoffen	MKW, (BTEX), Phenolindex
37	Herstellen anorganischer Pigmente	AOX, Cr, SM ²⁾
43	Herstellung von Chemiefasern, Folien nach Viskoseverf.	AOX, Zn
45	Erdölverarbeitung	BTEX, Phenolindex, MKW
48 (10)	Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe	AOX
42 ¹⁾	Alkalichloridelektrolyse	AOX, Hg
54 ¹⁾	Herstellung von Halbleiterbauelementen	AOX, BTEX, SM, As
57 ¹⁾	Wollwäschereien	AOX
Abwasserbeschaffenheitsklasse 2: Schwermetalle (SM), MKW		
19, Teil A	Zellstofferzeugung (ECF-Verfahren)	(AOX)
22	Mischabwasser	AOX, SM
25	Lederherstellung, Pelzveredelung, Lederfaserstoffherst.	Cr (AOX)
24, Teil A	Eisen- und Stahlerzeugung, Teil 7: Kaltfertigung Band	Cu, Zn, Ni, MKW
24, Teil B	Eisen-, Stahl- und Tempergießerei	Zn
30	Sodaherstellung	SM
38	Textilherstellung, Textilveredelung: Druckerei (Teppiche)	SM, MKW
39	Nichteisenmetallherstellung	Cu, Cd, Hg, Ni, As
40	Metallbearbeitung, Metallverarbeitung 40.01: Galvanik 40.07: Leiterplattenherstellung 40.11: Gleitschleiferei	Cu, MKW Zn Cu
49	Mineralölhaltiges Abwasser	MKW, BTEX
55	Wäschereien	MKW (SM, AOX)
-	Herstellung von Körperpflegemitteln Dekorative Kosmetik; Pflegemittel	MKW
44 ¹⁾	Herstellung von mineralischen Düngemitteln	Cd

¹⁾Branchen ohne Rohwasserdaten

²⁾Schwermetalle Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Hg

Tabelle 5-3: Zuordnung zu Abwasserbeschaffenheitsklasse 1, Leitparameter für Boden- und Grundwasseruntersuchungen

Anhang / VwV	Abwasserherkunftsbereich	Leitparameter
Abwasserbeschaffenheitsklasse 1: Nährstoffe, gut biologisch abbaubare Stoffe (oder zu vernachlässigende Gehalte der Klassen 3 und 2)		
13	Holzfaserplatten	entfällt
17	Herstellung keramischer Erzeugnisse	entfällt
19, Teil B	Herstellung von Papier und Pappe	entfällt
41	Herstellung und Verarbeitung von Glas und künstlichen Mineralfasern	entfällt
56	Herstellung von Druckformen, Druckerzeugnissen u. grafischen Erzeugnissen	entfällt
	in Kapitel 5.1.1 genannte Herkunftsbereiche der Abwasserbeschaffenheitsklasse 1 (siehe Tabelle 5.1)	entfällt

Aromaten und Halogenierte Kohlenwasserstoffe (AOX) der Abwasserbeschaffenheitsklasse 3 gehören überwiegend der relevanteren Liste I an. Die Stoffgefährlichkeit der Verbindungen liegt zwar überwiegend im mittleren Abschnitt des Spektrums - Gefährlichkeitsklassen I und II -, doch verhalten sich die Einzelstoffe im Untergrund vergleichsweise mobil (s. Kapitel 8). Die Kd-Werte betragen überwiegend < 10 l/kg. Dadurch werden Einflüsse auf das Schutzgut Grundwasser wahrscheinlicher. Dem entsprechend wird der Abwasserbeschaffenheitsklasse 3 eine "Hohe Umweltrelevanz" zugeordnet.

Weniger umweltwirksam ist die Abwasserbeschaffenheitsklasse 2 einzuschätzen. Die Stoffgefährlichkeiten der Parameter Schwermetalle incl. ihrer Verbindungen und MKW wurden einerseits teilweise höher bewertet - Gefährlichkeitsklassen II und III (Tabelle 5-2). Andererseits gehören sie überwiegend der weniger relevante Stoffe enthaltenden Liste II an. Im Untergrund werden die Stoffe deutlich besser sorbiert. Die Kd-Werte liegen deutlich über 10 l/kg. Dadurch wirken sie sich weniger wahrscheinlich auf das Schutzgut Grundwasser aus. Der Abwasserbeschaffenheitsklasse 2 wird daher eine "Mittlere Umweltrelevanz" zugeordnet.

Nährstoffe und gut biologisch abbaubare Stoffe der Abwasserbeschaffenheitsklasse 1 sind vor dem Hintergrund von Abwasserexfiltrationen aus schadhaften Kanälen zu vernachlässigen. Der Abwasserbeschaffenheitsklasse 1 entspricht daher einer "Geringen Umweltrelevanz".

Tabelle 5-4: Leitparameter – Einstufung

Leitparameter	Einzelstoffe	GwV (1997); 80/68/EWG (1979)		Emissionen [PER-Initiative 1994]		TRI (EPA)	Prioritäre Stoffe [Art 21, (6.1999)]	Umweltrelevanz
		Liste I	Liste II	> 5.000 t/a	> 500 t/a			r0-Wert (Klasse)
Abwasserbeschaffenheitsklasse 3: AOX, Aromaten								
AOX	Halogen.KW	+		+		+	*	0,64 (I) - 0,84 (II)
BTEX	Aromat. KW							
	Benzol	+		+		+	+	0,76 (II)
	Toluol	+				+		0,62 (I)
	Ethylbenzol	+						0,59 (I)
	Xylole	+				+		0,54 (I)
Phenol- Index	Phenole	+ (?)	(+)		+			0,65 (I)
Abwasserbeschaffenheitsklasse 2: Schwermetalle, MKW								
MKW	Mineralöle	+						0,75 (II)
Pb	u. Verbind.		+	+		+	#	0,72 (II)
Cd	u. Verbind.	+			+	+	#	0,95 (III)
Cr			+	+		+		Chrom VI 0,93 (III)
Cu	u. Verbind.		+	+			#	0,77 (II)
Ni	u. Verbind.		+	+		+	#	0,86 (III)
Zn	u. Verbind.		+	+				0,57 (I)
As		+	+		+		#	0,93 (III)
Hg		+				+		0,91 (III)
CN			+	+				0,82 (II)

GwV	Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1997 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (Grundwasserverordnung) [GwV -97]
80/68/EWG	Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe [EWG -79]
PER	"Draft Instrument for a Polluting Emission Register", Initiative der EU-Kommission zur Berichterstattung von Unternehmen über toxische Stoffe > 5000 t: 26 Stoffe und Verbindungen; > 500 t 61 Stoffe und Verbindungen [BÖH-96, S. 14f]
TRI	US Toxic Release Inventory - Nationale Emissionsinventare [BÖH-96, S. 28f], 17 Stoffe/Stoffgruppen des 33/50 Programms
Art 21	Vorschlag für eine Liste prioritärer Stoffe (Stand Juni 1999) [BMU-00] nach Artikel 21 der Wasser-Rahmen-Richtlinie [EG-00]: * Monitoring-Liste, prioritäre organische Schadstoffe in der aquatischen Phase + Modelling-Liste, prioritäre organische Schadstoffe in der aquatischen Phase # Monitoring-Liste, prioritäre Metalle
r₀	Stoffgefährlichkeit modelliert aus der akuten Toxizität (LD ₅₀ bzw. LC ₅₀), der chronischen Toxizität (NOAL - No Observeable Adverse Effect Level), dem mutagenen Potential und dem kanzerogenen Potential [LÜH-95]
Klasse	Gefährlichkeitsklassen: Klasse 0 "Mindergefährliche Stoffe" (0 - 0,4) Klasse I "Gefährliche Stoffe" (0,4 - 0,7) Klasse II "Sehr gefährliche Stoffe" (0,7 - 0,85) Klasse III "Besonders gefährliche Stoffe" (0,85 - 1,0)

Die Daten lassen sich folgenden Abwasserbeschaffenheitsklassen zuordnen (Tabelle 5-5):

Tabelle 5-5: Abwasserbeschaffenheitsklassen – Bewertung

Abwasserbeschaffenheitsklasse	Bewertung
3	hohe Umweltrelevanz
2	mittlere Umweltrelevanz
1	geringe Umweltrelevanz

5.4 Leitparameter

Aus der Zuordnung von Abwasser relevanter Herkunftsbereichen zu drei stoffbezogenen Abwasserklassen leiten sich prinzipiell auch die relevanten Leitparameter ab, mit denen die Auswirkungen der betriebseigenen Kanäle auf die Schutzgüter Boden und Grundwasser eingeschätzt werden können. Nicht geeignet sind die zu den klassischen Prüfgrößen der Abwasserüberwachung gehörenden Summenparameter CSB und BSB₅ - mit denen beurteilt werden kann, zu welchen Anteilen Abwasserinhaltsstoffe biologisch abbaubar sind - und die nährstoffbezogene Summen- und Einzelstoffanalytik.

Die Abgrenzung der Abwasserbeschaffenheitsklassen basiert auf Parametern, die die wesentlichen, umweltwirksamen Inhaltsstoffe der branchenspezifischen Rohabwässer dokumentieren. Dabei handelt es sich auch um Größen, die z. B. bestimmte Stoffgruppen repräsentieren. Diese sogenannten Leitparameter wurden nach den in der AbwV für die 26 relevanten Branchen (Tabelle 5-1) am häufigsten aufgeführten Prüfgrößen bestimmt und über die Meßdaten in Anlage 5.1 bis 5.7 aufgeführten Branchen weiter eingeschränkt. Danach können branchenübergeordnet folgende Leitparameter unterschieden werden (Tabelle 5-6).

Nach Branchen ausgewertet ergibt sich anhand der vorliegenden Daten das in Tabelle 5-2 (s. Kapitel 5.3) dargestellte Bild.

Tabelle 5-6: Branchenübergeordnete Leitparameter für Boden- und Grundwasseruntersuchungen

Leitparameter	
Anorganisch	Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni (Hg, As)
Organisch	AOX IR-KW, BTEX, Phenole (TOC/DOC)

5.5 Fazit zur Abwasserbeschaffenheit

Ergebnisse

- Die Abwasserbeschaffenheit von 53 Herkunftsbereichen wurde sieben Wirtschaftszweigen zugeordnet und im Hinblick auf die Umweltrelevanz bewertet.
- Die Abwasserbeschaffenheit von 45 der 53 aufgeführten Abwasserherkunftsbereiche wurde näher betrachtet. Sie lassen sich drei Klassen zuordnen. Eine hohe Umweltrelevanz haben 12 Abwasserherkunftsbereiche der Beschaffenheitsklasse 3 (AOX, Aromaten), eine mittlere 10 Abwasserherkunftsbereiche der Klasse 2 (Schwermetalle, MKW) und eine geringe Umweltrelevanz 23 Herkunftsbereiche der Abwasserbeschaffenheitsklasse 1 (Nährstoffe, gut biologisch abbaubar oder zu vernachlässigende Gehalte der Klasse 3 und 2).
- Für jede Abwasserbeschaffenheitsklasse lassen sich mögliche Umwelteinflüsse über charakteristische Inhaltsstoffe nachweisen und beschreiben. Sie werden als relevante Leitparameter für Boden- und Grundwasseruntersuchungen diskutiert.
- In den Wirtschaftszweigen der relevanten Abwasserbeschaffenheitsklassen fallen auch die größten Mengen behandelten Abwassers an (s. Kapitel 4). Für die Abwassermengenklassen 3 und 2 wurden $\geq 500 \text{ m}^3/\text{d}$ und $\geq 50 \text{ m}^3/\text{d}$ bis $< 500 \text{ m}^3/\text{d}$ ausgewiesen.

Empfehlungen

Unbehandeltes Prozeßabwasser der Abwasserbeschaffenheitsklassen 2 und 3 sollte Kanalisationen nicht zugeführt werden. In den betreffenden Branchen sind gefährliche Stoffe möglichst aus dem Abwasser ferngehalten, Prozeßabwasser am Ort des Anfalls behandelt und kontrollierbare Prozeßabwasserleitungen installiert werden.

6 Bautechnik von Grundstücksentwässerungsleitungen

Voraussetzung für die Abschätzung des von den Grundstücksentwässerungsleitungen ausgehenden Gefährdungspotentials ist die Kenntnis über deren bauliche Gegebenheiten. Hierzu werden in diesem Kapitel Erhebungen und Untersuchungen zum Kanalbauwerk diskutiert. Die Untersuchungen konzentrieren sich auf Entwässerungsnetze des verarbeitenden Gewerbes. Diese Entwässerungsnetze stellen unter dem Blickwinkel der Abwassermenge und Abwasserbeschaffenheit den umweltrelevanten Teil aller gewerblichen und industriellen Grundstücksentwässerungsleitungen dar.

Betrachtet werden die Netze der erdverlegten Schmutz- und Mischwasserkanalisation bzw. der erdverlegten Produktions- und Prozessabwasserkanalisation. Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden Kanaldaten von ca. 153 km Leitungslänge aus 36 Standorten verschiedener Gewerbe- und Industriebranchen gesichtet und ausgewertet. Die Daten stammen aus eigenen Erhebungen bzw. aus veröffentlichten Beispieluntersuchungen. Die unterschiedliche Qualität des vorliegenden Datmaterials gestattet bei einzelnen Untersuchungsstandorten nur eine eingeschränkte Verwertung der Bauwerksdaten. In den weiteren Betrachtungen kann eine Unterscheidung der Schmutzwassernetze in häusliches Schmutzwasser und betriebliches Abwasser nur in Ausnahmefällen vorgenommen werden.

In einem ersten Schritt gilt es, die Gesamtlänge schmutzwasserbefrachteter Kanalnetze des verarbeitenden Gewerbes näherungsweise zu ermitteln. Die weiteren Auswertungen befassen sich mit der Prüfung vorhandener Kanaldaten auf mögliche Zusammenhänge zwischen Industrie- bzw. Gewerbebranchen und bautechnischen Merkmalen der Grundstücksentwässerungsleitungen.

6.1 Branchenbezogene Kanalnetzlängen

Je nach Verfügbarkeit liegen für die betrachteten Standorte unterschiedliche Datenumfänge vor. Für die Kanalnetze des verarbeitenden Gewerbes wurden die Längen daher anhand recherchierter Daten abgeschätzt, wobei hier ein besonderes Augenmerk auf die Kanäle zu richten war, die **Prozessabwasser** - also die durch den Produktionsprozess am stärksten beeinflussten Abwässer - ableiten. Im Rahmen des vorliegenden Projektes konnten für 31 Betriebsstandorte Daten zu Kanalnetzgesamtlängen gewonnen werden (Tabelle 6-1).

Die Betriebe gehören den Wirtschaftszweigen "Chemische Industrie", "Metallerzeugung, Metallbe- und -verarbeitung, Herstellung von elektronischen Bauelementen, Maschinen- und Fahrzeugbau", "Holz-, Papier- und Druckgewerbe" und "Textil- und Ledergewerbe" an. Aus den 31 Standortwerten, die Produktionsabwasser- und Mischwasserkanäle, zum Teil auch Regen- und Kühlwasser einschließen, errechnet sich ein Mittelwert von rund 28 km Kanal pro Standort. Dem steht ein Medianwert von 4,0 km Kanal gegenüber. Dies belegt, daß der vorhandene Datensatz stark streut und die tatsächlichen Verhältnisse mit dem arithmetischen Mittel nur ungenügend beschrieben werden können. Die ungleichmäßige Streuung der Daten liegt im wesentlichen in dem übermäßig hohen Anteil an Kleinbetrieben mit entsprechend

geringen Netzlängen begründet, dem ein vergleichsweise niedriger Anteil von Betriebsstandorten mit einem großen Kanalnetz gegenübersteht.

Tabelle 6-1: Recherchierte Kanalnetzlängen und Vergleichsdaten öffentlicher Liegenschaften

Wirtschaftszweig	Spanne der Kanalnetzlängen [km]	N ¹⁾	Summe ²⁾	Mittelwert ³⁾	Median ⁴⁾
Chemische Industrie	0,8 bis 145	7	321,5	45,93	14,5
Metallerzeugung, Metallbe- und -verarbeitung, Herstellung von elektronischen Bauelementen, Maschinen- und Fahrzeugbau	0,2 bis 350	18	520,2	28,9	4,0
Holz-, Papier- und Druckgewerbe	4,2	1	4,2	4,2	4,2
Textil- und Ledergewerbe	0,4 bis 30	5	31,8	6,36	0,50
Kompletter Datensatz		31	892,5	28,31	4,00
öffentliche Liegenschaften		138	1.630	5,0	-

¹⁾N - Anzahl der Standorte; ²⁾Summe - Gesamtlänge der recherchierten Kanalnetze in km; ³⁾Mittelwert - arithmetisches Mittel in km; ⁴⁾Median - Medianwert in km

In die Tabelle 6-1 wurden bereitgestellte Informationen zu öffentlichen Liegenschaften als Vergleichsdaten aufgenommen. Es handelt sich um unterschiedlich genutzte Liegenschaften, die für ausgesuchte Organisationseinheiten zusammenfassend dargestellt sind. Im Mittel ergibt sich für diese Liegenschaften eine Kanalnetzlänge von 5 km. Eine Berechnung des Medianwertes war für diese Liegenschaften nicht möglich.

Anteil der Entwässerungssysteme am Gesamtnetz

Bei einer Unterscheidung der Grundstücksentwässerungsleitungen nach der Einbindung in unterschiedliche Entwässerungssysteme ergibt sich nach durchgeführten Recherchen das in Tabelle 6-2 dokumentierte Verteilungsbild. Zum Vergleich wurde den Erhebungen bei Grundstücksentwässerungsleitungen die Systemanteile im Bereich öffentlicher Liegenschaften und der öffentlichen Kanalisation gegenübergestellt.

Tabelle 6-2: Anteile der Entwässerungssysteme am Gesamtnetz

	Regenwasser	Schmutzwasser	Mischwasser
Industrielle und gewerbliche Grundstücksentwässerungsleitungen *	45 %	35 %	20 %
Öffentliche Liegenschaften	37 %	22 %	41 %
Öffentliche Kanalisation nach [DY-98]	19 %	27 %	54 %

* Datengrundlage: 10 Standorte mit insgesamt 207,5 km Kanalnetzlänge

Aus diesem Vergleich wird deutlich, daß der Anteil an Trennsystemen bei den Grundstücksentwässerungsleitungen mit ca. 80 % annähernd die doppelte Größenordnung wie in den öffentlichen Kanalnetzen erreicht.

Abschätzung der Gesamtlänge schmutzwasserführender Kanalnetze

Zur Abschätzung der Gesamtlänge werden die bereits im Kapitel 4 ausführlicher dargestellten statistischen Daten herangezogen. Im verarbeitenden Gewerbe hatten nach der 1987 in den Altbundesländern erhobenen Arbeitsstättenzählung (Angaben aus dem Statistischen Jahrbuch 1999 [STB-99]) 74 % der erfassten Betriebe 1 bis 9 Beschäftigte. Jeweils 13 % der Betriebsstandorte wiesen 10 bis 19 und 20 bis 499 Beschäftigte auf, während nur 0,6 % der Betriebe eine Beschäftigtenzahl von > 500 zugeordnet worden war. Diese Übersicht über die Beschäftigungsverteilung bestätigt die zuvor auf der Grundlage der 31 Beispielstandorte getroffene Aussage zur großen Anzahl kleinerer Betriebe. Aus diesem Grunde ist es gerechtfertigt, für die weiteren Abschätzungen den vergleichsweise kleinen Medianwert von 4 km Kanal pro Standort anzunehmen. Im Jahr 1991 erfasste das Statistische Bundesamt [STB-91] für das verarbeitende Gewerbe incl. Bergbau 53.097 Betriebe (Tabelle 6-3). Es handelt sich vorwiegend um Standorte mit mehr als 20 Beschäftigten, teilweise auch mit mehr als 10 Beschäftigten (siehe Kap. 4.1).

Tabelle 6-3: Länge des Kanalnetzes der 1991 erfassten Betriebe

Betriebe [n]	Kanalnetz je Betrieb, Median [km]	Kanalnetz gesamt [km]	Prozessabwasserkanal	
			[%]	[km]
53.097	4,00	212.000	50	106.000

Bei einem geschätzten durchschnittlichen Ansatz der Kanalnetzlänge von 4 km je Betriebsstandort leitet sich in der Summe für alle 53.097 Standorte insgesamt eine Netzlänge von rund 212.000 km ab. Davon beträgt der Anteil der Produktions- und Mischabwasserkanäle etwa 55 % (siehe Tabelle 6-3). Die Länge der Kanäle, die unbehandeltes Produktionsabwasser ableiten, beläuft sich dementsprechend auf einen Wert von maximal 110.000 km. Von diesen unbehandelten Produktionsabwässern ist wiederum nur ein Teil den umweltrelevanten Abwasserbeschaffenheitsklassen 2 und 3 (siehe Kap. 5) zuzuordnen.

Durch die zwischenzeitlich geänderte Erhebungsgrundlage erfasste das Statistische Bundesamt im Jahre 1995 [STB-95] mit 13.132 nur noch 25 % der Betriebe von 1991. Diese erzeugen jedoch 82 % des Abwassers der 1991 erhobenen Betriebe (s. Tabelle 4-1, Abschn. 4).

Nach den im Abschnitt 4 vorgestellten Daten zum Abwasseraufkommen ist davon auszugehen, daß die Erhebung von 1991 wiederum über 90 % des gesamten Abwasseraufkommens erfasst (Betriebe mit < 10 Beschäftigte sind von der Erhebung 1991 ausgeschlossen).

6.2 Kanalnetzlänge und Betriebsfläche

Auf der Grundlage der vorliegenden Daten können auch Abhängigkeiten zwischen Betriebsfläche und Kanalnetzlänge abgeleitet werden. Generell lassen sich die Grundstücksentwässerungsnetze in drei unterschiedliche Größenklassen einteilen, (siehe Tabelle 6-4). Einen realistischen Bezug zwischen Netzlänge und Betriebsfläche erhält man, wenn anstatt der Gesamtbetriebsfläche einschließlich aller Grün- und Brachflächen nur die versiegelte Betriebsfläche zu der Gesamtlänge des Standortnetzes in ein Verhältnis gesetzt wird. In die Abschätzung geht deshalb die versiegelte Betriebsfläche ein, wie sie beispielsweise in der Selbstüberwachungsverordnung (SüwVKan) von Nordrhein-Westfalen Berücksichtigung findet. Die dort eingeführte Grenze der Betrachtung von 3 ha befestigter Betriebsfläche erscheint zu großzügig, da gerade mittelgroße Kanalnetze nicht erfaßt werden und aus der Selbstüberwachung herausgenommen werden.

Tabelle 6-4: Standortgrößenklassen

Größe des Standortnetzes	Größenklasse	Netzlänge	Versiegelte Betriebsfläche
Groß	3	> 10.000 m	> 10 ha
Mittelgroß	2	1.000 bis 10.000 m	1 ha bis 10 ha
Klein	1	bis 1.000 m	< 1 ha

Große Standortnetze

Zu dieser Kategorie werden Grundstücksentwässerungsnetze mit einer Länge größer 10.000 m gezählt. Entsprechend groß sind die dazugehörigen Grundstücksflächen (ca. ab 15 bis 500 ha, in Ausnahmefällen auch darüber). Entwässerungsnetze dieser Größenordnung treten verhältnismäßig selten auf. Sie sind vorzugsweise im Bereich der Chemischen Industrie und der Metallbearbeitung und -verarbeitung und im Fahrzeugbau zu finden. Dazu gezählt werden auch Infrastrukturgesellschaften großer Industrieparks, deren Anlieger wiederum vorzugsweise der Chemischen Industrie und der Metallbearbeitung und -verarbeitung zuzuordnen sind.

Mittelgroße Standortnetze

Entwässerungsnetze mittelgroßer Standorte haben eine Länge zwischen 1.000 und 10.000 m. Die entsprechenden Grundstücksgrößen können einem breiten Schwankungsbereich unterliegen. Sie reichen von ca. 1 ha bis 15 ha, zum Teil auch darüber. Typisch für diese Netzgrößen sind Firmen mittelständischer Unternehmen aus dem gesamten Bereich des verarbeitenden Gewerbes.

Kleine Standortnetze

Die Netzlänge aller auf dem Grundstück vorhandenen Entwässerungssysteme liegt für keinen Standort unter einer Gesamtlänge von 1.000 m. Eine Grundstücksfläche von 1 ha wird bei derartigen Netzlängen in der Regel nicht überschritten. Typisch für derartige Netzgrößen sind Unternehmen, die sich auf den Mischgewerbeflächen der

Gemeinden und Städte angesiedelt haben. Sie kommen aus den verschiedensten Branchen des verarbeitenden Gewerbes (Kleinbetriebe), des Handels oder der Dienstleistungen. Zahlenmäßig stellen sie den größten Anteil an Einzelstandorten. Die anfallenden Abwassermengen sind gering.

6.3 Alter

Angaben zum Baujahr der jeweiligen Entwässerungsleitungen liegen selten vor. Der Bau der Kanalnetze ist eng an die historische Entwicklung und Erweiterung der jeweiligen Industrie- und Gewerbegrundstücke gebunden. Im allgemeinen kann man davon ausgehen, daß bei kleinen Standortnetzen das Alter des Kanalsystems identisch mit dem Alter des Betriebes ist. Bei mittelgroßen und großen Kanalnetzen wurden in der Vergangenheit entsprechend der betrieblichen Entwicklung bereichsweise Erweiterungen vorgenommen. Mit den steigenden umweltpolitischen Anforderungen an die Sicherheit der Entwässerungsleitungen und mit Einführung der TV-Befahrung treten zunehmend gerade in den mittelgroßen und großen Kanalnetzen Sanierungs- und Ersatzmaßnahmen in den Vordergrund.

Veröffentlichungen über die Altersstruktur der Kanalisation von Industrie- und Gewerbestandorten liegen nur in einem sehr begrenzten Umfang vor. In [HK-98] werden für das VW-Werk in Wolfsburg lediglich altersabhängige Zustandsverteilungen der Haltungen ausgewertet, jedoch wird auf eine detaillierte Darstellung der Altersstruktur verzichtet. Für militärische Liegenschaften führte Ullmann 1994 [UL-94] eine Alterserhebung für alle in Bayern liegende Bundeswehrkasernen (30 % aller Bundeswehrkasernen in den Altbundesländern) durch. Danach wurde das Kanalnetz von ca. 80 % der untersuchten Kasernen zwischen 1955 und 1970 neu gebaut bzw. von Grund auf neu gestaltet.

Für die weitergehenden Betrachtungen können aus den Altersangaben zu den Entwässerungsleitungen somit Rückschlüsse auf potentielle Schadstellen im Leitungssystem gezogen werden (siehe Kapitel 6.4.1).

Tabelle 6-5: Alter der Bundeswehrkasernen in Bayern [UL-94]

Zeitraum der Entstehung	Anzahl der Kasernen	Anteil [%]
bis 1900	6	5,7
1900 bis 30er Jahre	2	1,9
30er Jahre	40	38,1
1955 – 1960	24	22,9
1961 – 1970	16	15,2
1971 – 1980	3	2,9
1981 – 1990	2	1,9
Keine Angaben	12	11,4
Summe	105	100,0

6.4 Rohrwerkstoffe

6.4.1 Abriss zur historischen Entwicklung des Kanalbaus in Deutschland

Nachfolgend wird eine kurze Übersicht über die Entwicklung des Kanalbaus und den Einsatz verschiedener Rohrwerkstoffe in Deutschland gegeben. Mit fortschreitender Industrialisierung im 19. Jahrhundert wuchs in den Städten und Ballungsräumen die Bevölkerung stark an. Mit dem Wachstum ging eine zunehmende Beeinträchtigung der Stadtbewohner durch Seuchen (Typhus, Cholera u.a.) infolge zum Teil katastrophaler hygienischer Bedingungen einher. Daraus ergab sich die Notwendigkeit zum Bau von Abwasserkanälen.

Schon vor über 500 Jahren war der Gebrauch von Gussrohren zum Transport von Trink- und Brauchwasser bekannt.

um 1843	Größere Kanalquerschnitte werden aus hartgebrannten Ziegeln (Backstein, Kanalklinker) gemauert. Für den Bau kleinerer Querschnitte setzt man vorzugsweise Ton- bzw. Steinzeugrohre ein.
ab 1880	Einsatz von Betonrohren;
1889	erstes bewehrtes Rohr aus Beton;
1899	erste Richtlinien für die Qualitätseigenschaften von Betonrohren;
ab 1930	Einsatz von Asbestzementrohren;
1956	Einführung des duktilen Gussrohres;
nach 1960	Einsatz von Kunststoffrohren (z.B. Polyvinylchlorid PVC, Polyäthylen PE)
1971	Einführung des Insituform – Verfahrens (Sanierung durch Inliner)
ab 1980	Einsatz von Beton-Kunststoff-Rohren – Betonrohre mit Innenbeschichtung
ab 1980	Einsatz gesteuerter unterirdischer Rohrvortriebsverfahren
ab 1990	Umstellung von Asbestfaserzementrohren auf Faserzement

Die Dichtigkeit eines Kanalsystems und somit sein Gefährdungspotential für den Untergrund wird wesentlich von der Ausbildung der Rohrverbindungen mitbestimmt. Seit Beginn des Kanalbaus in Deutschland haben diese neuralgischen Schwachstellen im Kanalsystem ständig technische Verbesserungen erfahren, so daß die Zuverlässigkeit der Verbindungen erheblich erhöht werden konnte.

Stellvertretend sei hier die Entwicklung der Rohrverbindung für die in der Mehrzahl verwendeten Rohrmaterialien Steinzeug und Beton kurz umrissen.

Bei **Steinzeugrohren** erfolgt eine Verbindung der einzelnen Rohrsegmente vorzugsweise über Muffen. Zur Abdichtung der Muffenverbindung wird in den vorhandenen Ringraum zwischen Muffe und Spitzende die eigentliche Dichtung eingebracht.

Bis etwa Mitte der 20er Jahre bestand diese Dichtung aus einem in die Muffe eingelegten geteerten Hanfstrick, der mit plastischem Ton oder Zementmörtel verschmiert wurde. Neben häufigen Fehlern bei der Bauausführung durch geringe Sorgfalt bei dem Einlegen des Teerstrickes wies dieses Abdichtsystem generelle Mängel auf. Die eingesetzten geteerten Hanfstricke waren gegen einen dauerhaften Kontakt mit dem Grund- bzw. Abwasser nicht beständig. Andererseits führte eine nur zeitweise Durch-

feuchtung der Tondichtungen zum Austrocknen und Schrumpfen und damit zu Undichtigkeiten.

Ab etwa 1910 begann man deshalb, die verstrickten Muffen unter Verwendung von Gießringen oder Gießschellen fast durchgängig mit einem dünnflüssig geschmolzenen Asphaltkitt zu vergießen.

Eine den heutigen Ansprüchen genügende Dichtheit an die Rohrverbindungen wurde 1955 durch die Einführung der sogenannten Konusdichtung erreicht, die ab etwa 1965 durch ein fest mit dem Rohr verbundenes Dichtelement, die werksseitig vorgefertigte Steckmuffe L bzw. K, ersetzt wurde. Bei der Steckmuffe L bildet ein Kautschuk-Elastomer das Dichtungselement, das mit der Muffe fest verbunden ist. Die Steckmuffe K besteht aus angegossenen Dichtelementen aus Polyurethan und Polyester in der Muffe und am Spitzende. Diese Art der Steckmuffe wird vorzugsweise für Steinzeugrohre der Nennweite $\geq$ DN 200 eingesetzt.

Für den Einsatz im unterirdischen Vortrieb wurden Steinzeugrohre mit glatten Enden ohne Muffen gefertigt. Die Kupplung, eine Manschette aus einem kautschuküberzogenen Polypropylen-Stützkörper, wird werksseitig vormontiert. Sie ragt nicht über den Rand des Rohres hinaus. In Verbindung mit der glatten Oberfläche des Rohres wird somit die Mantelreibung auf ein Mindestmaß beschränkt [HE-95].

Die ersten **Betonrohe** besaßen keine speziellen Ausformungen an den jeweiligen Rohrenden. Sie wurden lediglich hart aneinander gestoßen und mit einer ca. 5 cm dicken Mörtelschicht, in die ein Drahtgewebe eingelegt wurde, umgeben. Bis in die 50er Jahre war die Falzverbindung die gebräuchlichste Verbindung bei Betonrohren. Die Dichtung der Verbindung erfolgte mit Zementmörtel, der vor dem Zusammenschieben der Rohre in die Nut des linksseitigen Rohres aufgestrichen wurde. Anschließend wurden die äußere Fuge und, soweit als möglich, auch die innere Fuge gut verstrichen und um die Verbindungsstelle ein Wulst aus Zementmörtel gelegt.

Ab 1951 kamen plastische, kaltverarbeitbare Dichtstoffe in Form von Bändern bei Falzverbindungen sowie Kitten und Spachtelmassen bei Rohren mit Falz und zunehmend auch mit Muffen zum Einsatz.

Die bis heute gebräuchlichen Dichtungen aus Elastomeren finden seit den 60er Jahren bei Muffenverbindungen an Beton – und Stahlbetonrohren Verwendung und gewährleisten eine wesentlich höhere Zuverlässigkeit gegenüber den bis dahin überwiegend starren Rohrverbindungen. Außerdem weisen sie eine höhere Beständigkeit gegenüber aggressiven Abwässern auf.

Eine den heutigen Anforderungen an die Dichtheit des Leitungsnetzes genügende Qualität der Rohrverbindungen wurde demnach bei der Neuverlegung der Steinzeugrohre erst mit Einführung der sogenannten Konusdichtung Mitte der 50er Jahre und bei den Betonrohren mit Einführung von elastischen Muffenverbindungen aus Elastomeren seit den 60er Jahren erreicht. Alle älteren Abwasserkanäle bergen durch die unzureichenden Langzeiteigenschaften des Dichtungsmaterials somit ein erhöhtes Leckagerisiko.

Neben der Entwicklung der Rohr- und Dichtmaterialien hat auch die Qualität der Bauausführung einen entscheidenden Anteil an der Zuverlässigkeit der Kanalsyste-

me. In der Vergangenheit stellten gerade die Fehler bei der Verlegung und Anbindung von Entwässerungsleitungen eine der häufigsten Schadensursachen dar. Zur Vermeidung bzw. Minderung dieser Fehlerquellen haben sich die Anforderungen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik an den Kanalbau ständig weiterentwickelt. Dazu gehört auch der Nachweis der Güteüberwachung für alle Baustoffe und Bauteile, die bei Herstellung von Entwässerungskanälen Verwendung finden.

Unter Bezug auf die in Kapitel 6.3 vorgestellte Altersstruktur muss man davon ausgehen, daß im öffentlichen Kanalnetz und eingeschränkt übertragen auch bei den industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen ca. 30% der heute noch genutzten Kanäle älter als 50 Jahre sind und somit ein erhöhtes Risiko bezüglich der Wirksamkeit der Dichtmaterialien an den Rohrverbindungen darstellen.

6.4.2 Eingesetzte Werkstoffe

In nachfolgender Übersicht sind die im Kanalbau gebräuchlichsten Werkstoffe aufgeführt. Nach [HM-95] weisen die wichtigsten Rohrwerkstoffe folgende Eigenschaften auf:

Steinzeug

Steinzeugrohre werden aus Ton und Schamotte (vorgebrannter Ton) hergestellt. Nach Formgebung und Trocknung der plastischen Masse wird das Rohr mit einer Glasur versehen und bei 1250° gebrannt. Das Rohr geht dabei vom plastischen in einen sprödfesten Zustand über.

Eigenschaften:

- gute chemische Beständigkeit (außer von Flusssäure werden Steinzeugrohre praktisch nicht angegriffen)
- hohe mechanische Festigkeit
- glatte Oberfläche; durch die glasierte Oberfläche wird der Reibungswiderstand herabgesetzt und somit die hydraulische Leistungsfähigkeit erhöht
- hohe Härte des Materials, spröde; die Sprödigkeit des Material erfordert einen besonders behutsamen Umgang bei Transport, Lagerung und Einbau
- Druckfestigkeit 100 – 200 N/mm²

gebräuchliche Nennweiten:

- in der Regel DN 100 bis DN 600, ggf. bis DN 1400 als Rohr mit Steckmuffe bzw. bis DN 1000 als Vortriebsrohr, in Ausnahmefällen darüber

Beton/Stahlbeton

Eigenschaften:

- Aufnahme von hohen Scheiteldrucklasten, besonders geeignet für große Nennweiten

- relativ hohe Rauigkeit der Oberfläche gegenüber anderen Rohrwerkstoffen, daraus resultiert eine geringere hydraulische Leistungsfähigkeit
- ohne zusätzliche Korrosionsschutzmassnahmen verminderte chemische Widerstandsfähigkeit gegen Säuren, pflanzliche und tierische Fette, Öle, Sulfate und anorganische Ablagerungen an der Betonoberfläche

gebräuchliche Nennweiten:

Beton: DN 200 bis DN 1500

Stahlbeton: DN 250 bis DN 4000

Spannbeton: DN 500 bis DN 4000

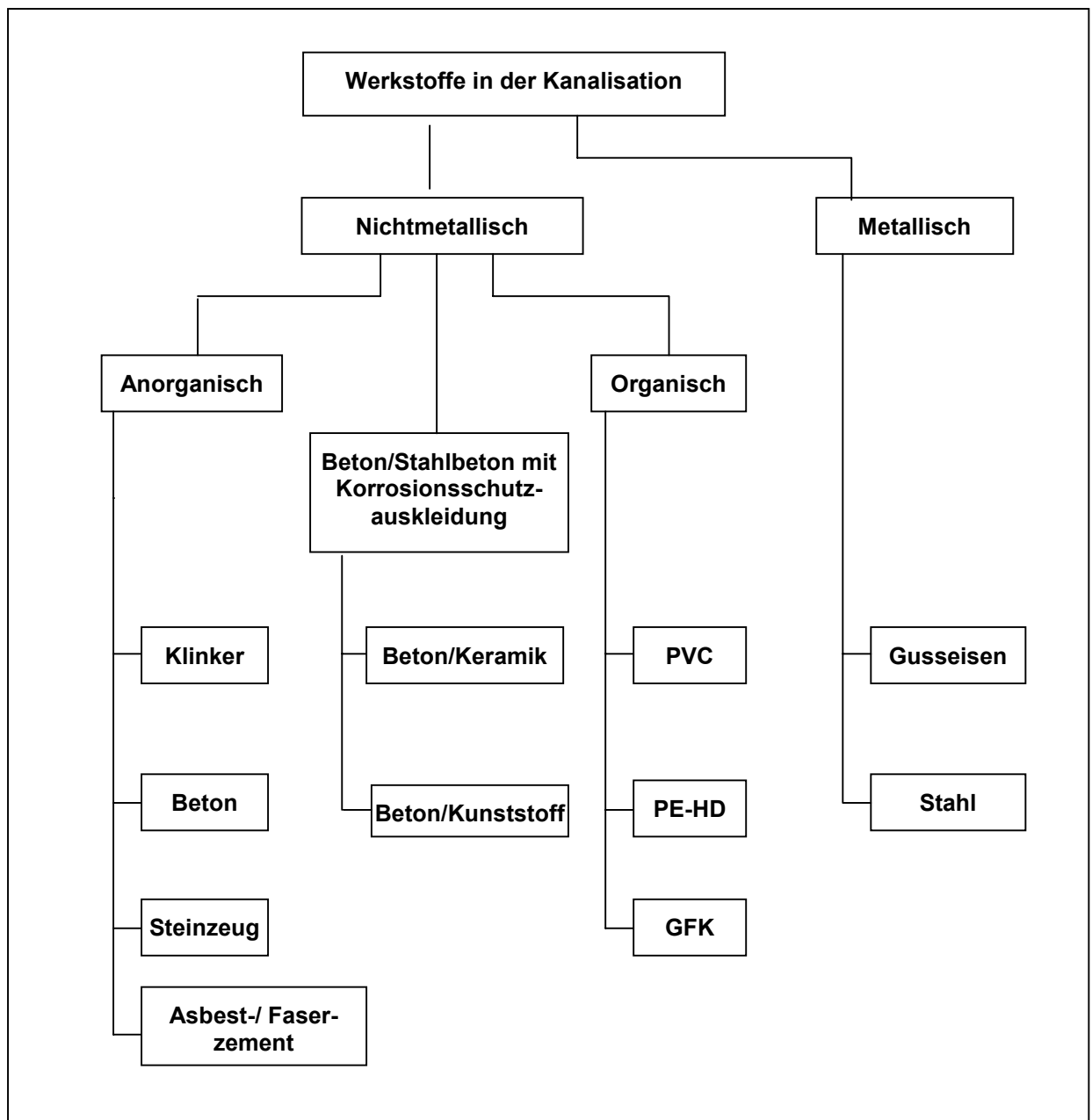


Abbildung 6.1: Übersicht der verwendeten Rohrwerkstoffe [ST-92]

Polyvinylchlorid (PVC)

Eigenschaften:

- relativ große Wanddicken gestatten hohe Belastbarkeit
- gegen häuslicher Abwässer beständig
- besitzt gute Abriebfestigkeit
- erhöhte Temperaturen mindern Zeitstandsfestigkeit
- mit fallender Temperaturen steigt Sprödverhalten
- Material kann geklebt werden

gebräuchliche Nennweiten:

- DN 100 bis DN 600

Polyäthylen hart (PE-HD)

Eigenschaften:

- gutes Zeitstandsverhalten
- hohe Zähigkeit
- Material ist schweißbar
- gegen viele Lösungsmittel beständig, quillt jedoch bei der Einwirkung von aromatischen und halogenen Kohlenwasserstoffen sowie bei bestimmten Ölen, Fetten und Wachsen leicht auf
- resistent gegen mikrobielle Korrosion

gebräuchliche Nennweiten:

- DN 100 bis DN 1200, Baulängen größer 10 m lieferbar

Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)

Rohre aus glasfaserverstärktem Kunststoff werden in aufeinanderfolgenden Schichten aufgebaut und bilden so eine „Sandwich-Konstruktion“. Die Rohrwand besteht aus

- Polyester-, Vinylester- oder Epoxidharz als Bindemittel
- Glasfasern als Verstärkung
- Quarzsand als Füllstoff

Die bei ausschließlicher Verwendung von Harz und Fasern relativ geringe Rohrsteifigkeit lässt sich durch Integration von Schichten mit hohem Füllstoffgehalt den jeweiligen Erfordernissen anpassen. Die GKF-Rohre weisen eine hohe Beständigkeit gegen aggressive Abwässer auf. Punktförmige Lasten können jedoch zu Mikrorissen führen und die Lebenszeit der Rohre erheblich verkürzen.

gebräuchliche Nennweiten:

- DN 200 – DN 2400

Asbest- /Faserzement

Aus bekannten Gründen der Gesundheitsgefährdung durch Asbest ist in den letzten Jahren das asbestfreie Faserzementrohr entstanden. Die Faserzementrohre bestehen aus Zement und sogenannten Polyvinylkohlefasern.

Bei statischen Überlastungen entsteht zunächst eine Deformation im Rohrquerschnitt, ehe es zu Rissbildungen und Undichtigkeiten kommt.

Werkstoff- und Nennweitenverteilung

Die Ergebnisse der im Rahmen des Forschungsprojektes durchgeführten Erhebungen an gewerblichen und industriellen Grundstücksentwässerungsleitungen beziehen sich auf die Auswertung von 36 Kanalnetzsystemen. In der Tabelle 6-6 sind die Anteile verschiedener Werkstoffe auf der Basis der Auswertung von ca. 113,4 km Kanalnetzlänge der Grundstücksentwässerungsleitungen aufgeführt und den Erhebungen der ATV-97 zu kommunalen Kanalnetzen gegenübergestellt. Diese Umfrage über den Zustand der öffentlichen Kanalisation ermöglichte eine relativ gesicherte Aussage über die Mengenverteilung der eingesetzten Werkstoffe in den kommunalen Abwassernetzen [DY-98].

Tabelle 6-6: Kanalnetzarten und Werkstoffverteilung

Entwässerungs- system	Grundstückentwässerungsleitung			öffentliche Kanalisation
	Misch- wasserkanal	Schmutz- wasserkanal	Schmutz- u. Regenwasser (ungegliedert)	
Untersuchte Leitungslängen	39,8 km	65,5 km	8,1 km	(ATV-Umfrage 1997)
Anzahl der Systeme ¹⁾	15	22	1	
Werkstoff	Verteilung			
Steinzeug	56,9 %	54,8 %	51,6 %	44,5 %
Beton/ Stahlbeton	31,9 %	41,0 %	35,1 %	45,8 %
Kunststoff	8,2 %	3,4 %	13,0 %	1,7 %
Guss, FE etc.	0,1 %	0,3 %	-	0,7 %
Asbest-/ Faserzement	1,0 %	0,3 %	-	4,2 %
Sonstige	1,9 %	0,2 %	-	3,1 %

¹⁾ unterschiedliche Kanalnetzsysteme können an einem Standort betrieben werden

In Anhang 6.1 werden die Zahlen der Tabelle 6-6 durch die Erhebungsdaten einzelner Standorte unteretzt.

Auch unter der Einschränkung einer auf ca. 113,4 km begrenzten Untersuchungs-länge der Grundstücksentwässerungsleitungen fallen einige charakteristische Merkmale bei der Werkstoffverteilung auf. Wie auch bei öffentlichen Kanalnetzen werden bei Grundstücksentwässerungsleitungen überwiegend die Werkstoffe Steinzeug und Beton eingesetzt, wobei der Anteil von Steinzeug sowohl bei Misch- als auch bei Schmutzwassernetzen über 50 % beträgt. Neben den traditionell im öffentlichen Kanalnetz stark vertretenen Werkstoffen Steinzeug und Beton können bei einzelnen Grundstücksentwässerungsnetzen Rohre aus Kunststoff als wichtiger Baustoff in Erscheinung treten.

Ein nicht verallgemeinerungsfähiges Beispiel für einen besonders umfangreichen Einsatz von Kunststoffrohren in einem Entwässerungsnetz eines Chemiestandortes gibt Tampier [TA-92] mit einer Erhebung zur Werkstoffverteilung auf dem Gelände der Höchst-Werke in Frankfurt. Auf einer Fläche von insgesamt 403 ha ergibt sich für die Hauptsammler danach folgendes Bild:

Tabelle 6-7: Werkstoffverteilung im Werk Höchst/Frankfurt [TA-92]

Werkstoff	KR-Kanal [m]	KS-Kanal [m]	KBIO-Kanal [m]	Gesamt-Kanal [m]
PE HD	33.000	12.500	19.050	64.550
Steinzeug	12.000	3.500	0	15.500
Stahl	10	10	950	970
Beton	4.000	4.000	0	8.000
Holz	990	0	0	990

KR-Kanal Regenwasserkanal
KS-Kanal Schmutzwasserkanal
KBIO-Kanal Betriebsschmutzwasserkanal für Industrie- bzw. Prozessabwasser

Mit einem Anteil von 62,5 % im Schmutzwassernetz bzw. 95 % im Industrie- und Prozessabwassernetz dominieren hier die Kunststoffwerkstoffe eindeutig. Die Daten dieses Beispiels sind nicht Bestandteil der in der Tabelle 6-6 ausgewiesenen Werkstoffverteilung. Der hohe Anteil an Kunststoffrohren und die im Vergleich zur betrachteten Gesamtkanallänge große Netzlänge der Höchst-Werke hätte zu einer nichtrepräsentativen Werkstoffverteilung in Tabelle 6-6 geführt.

Anfang der 90er Jahre untersuchten Stein und Kaufmann [STK-93] die Werkstoffverteilungen an insgesamt 310 km kommunalen Abwasserleitungen. Ihre Erhebung unterscheidet zwischen der Werkstoffverteilung in Mischwassersystemen und Trennsystemen:

Mischwassersystem (54,8 % der untersuchten Kanalnetzlänge)

davon: 61,5 % Beton
 38,5% Steinzeug

Trennsysteme (45,2 % der untersuchten Kanalnetzlänge)

davon:	26,8 %	Beton
	73,2 %	Steinzeug

Der sich aus dieser Verteilung ergebende Trend einer überwiegenden Verwendung von Beton bei Mischwassersystemen und eines vorzugsweisen Einsatzes von Steinzeug bei Trennsystemen in der öffentlichen Kanalisation lässt sich nur eingeschränkt auch auf die Werkstoffverteilung bei Grundstücksentwässerungsleitungen übertragen, da hier nach den in Tabelle 6-6 dokumentierten Anteilen Steinzeug gegenüber Beton sowohl bei Mischwasser- als auch bei Trennsystemen dominiert.

Nennweitenverteilung

Generell besteht eine Abhängigkeit zwischen Nennweite und den verwendeten Rohrmaterialien. Bedingt durch die statischen Materialeigenschaften werden Steinzeug- und Kunststoffrohre in der Regel für kleinere Nennweiten bis DN 300 eingesetzt, während Beton- und Stahlbetonrohre überwiegend bei Nennweiten ab DN 200 bis > DN 1000 Verwendung finden.

Die Nennweitenverteilung in Grundstücksentwässerungsleitungen wurde an drei ausgewählten Beispielen unterschiedlicher Standortgrößen aus verschiedenen Branchen unter Bezug auf den jeweils verbauten Werkstoff erfasst. Die Verteilung der Nennweiten enthält Anlage 6.2.

Beispiel 1 steht für einen Standort mit einem **kleinen Kanalnetz** (< 1.000m). Es beschreibt die Verhältnisse eines mittelständigen Unternehmens aus der Branche Lebensmittel mit einem ca. 700 m langen Mischwasserkanalnetz. Entsprechend des hohen Anteils relativ kleiner Nennweiten dominiert als Werkstoff Steinzeug.

Als **Beispiel 2** ist hier das **mittelgroße Kanalnetz** der Vertriebs- und Servicefläche eines Kfz - Herstellers aufgeführt. Ca. 65 % des 2.250 m langen Kanalnetzes sind dem Regenwassersystem zuzuordnen. Die restlichen 35 % des Netzes gehören zum Schmutzwassersystem. 91,8 % des Gesamtnetzes haben eine Nennweite ≤ DN 250. Diese Haltungen bestehen unabhängig von der Art des Netzsystems zum überwiegenden Teil aus Steinzeug und untergeordnet mit einem Anteil von jeweils < 10 % aus Grauguss- und PVC-Rohr. Ab Nennweiten der Größe DN 300 (8,2 % des Gesamtnetzes) wurde als Werkstoff Asbestzement und Beton/Stahlbeton im Netz verbaut.

Im **Beispiel 3** ist die Verteilung der Nennweiten und Werkstoffe für eine Teilfläche eines Unternehmens aus der Branche des Schwermaschinenbaus mit einem **großen Kanalnetz** ausgewertet. Die Kanalisation ist hier als Trennsystem angelegt, wobei die untersuchten Längen des Schmutz- und Regenwassernetzes annähernd identisch sind. Auch hier sind ausschließlich Beton und Steinzeug als Rohrmaterial verwendet worden. Der Anteil von Steinzeug liegt bei dem Schmutzwassernetz nahezu bei 100 % und bei dem Regenwassersystem bei ca. 60 %. Auffällig ist hier der Einsatz von Steinzeug, zwar nur auf geringen Längen, bis zu einer Nennweite von DN 800.

Betrachtet man die Nennweitenverteilung der drei ausgewerteten Standorte, so läßt sich anhand dieser Beispiele erkennen, daß zumindest bei kleinen und mittelgroßen Standortnetzen die Nennweiten i. d. R. DN 300 nicht überschreiten. Bei großen Standortnetzen liegt im hier betrachteten Beispiel 3 der Anteil der Kanalrohe mit einer Nennweite > DN 300 bei der Schmutzwasserkanalisation unter 10 % und bei der Regenwasserkanalisation unter 30 %.

6.5 Fazit zur Bautechnik

Ergebnisse

- Statistisch abgesicherte Daten zu Bauart, Alter, Werkstoffen und Länge industrieller und gewerblicher Grundstücksentwässerungsleitungen liegen nicht vor.
- Bei den Grundstücksentwässerungsleitungen überwiegen mit einem Anteil von 80 % die Trennsysteme. Ihr Anteil ist somit nahezu doppelt so hoch wie bei den kommunalen Abwassersystemen.
- Als Gesamtlänge der Entwässerungsnetze im verarbeitenden Gewerbe werden ca. 220.000 km ermittelt, davon haben ca. 100.000 km ein erhöhtes umweltrelevantes Gefährdungspotential.
- Zur Bewertung der Kanalnetze werden drei Größenklassen unterschieden. Ein großes Kanalnetz mit einem Gesamtkanalnetz > 10.000 m (bzw. eine versiegelte Fläche > 10 ha) wird der Größenklasse 3 zugeordnet, ein mittelgroßes Standortnetz der Größenklasse 2 hat Netzlängen zwischen 1.000 m und 10.000 m (eine versiegelte Fläche 1 – 10 ha) und kleine Kanalnetze der Größenklasse 1 haben Längen < 1.000 m (eine versiegelte Fläche < 1 ha)
- Große Entwässerungsnetze mit Gesamtlängen über 10 km sind vorzugsweise bei Betrieben der Branchen Chemie Industrie, Metallbearbeitung und –verarbeitung und Fahrzeugbau anzutreffen.
- Informationen zum betrieblichen Kanalnetz liegen insbesondere für große und mittelgroße Unternehmen vor. Wenige Angaben zum Kanalnetz sind bei kleinen Betrieben ermittelbar.
- Die eingesetzten Hauptwerkstoffe sind Steinzeug und Beton. Hierbei überwiegen bei kleineren Nennweiten der Entwässerungsnetze Steinzeug und ab Nennweiten > DN 300 Beton.
- Bei den industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen dominieren Nennweiten zwischen DN 200 und DN 300.

Empfehlungen

- Die Bestandsaufnahme relevanter industrieller und gewerblicher Grundstücksentwässerungsleitungen ist unzureichend und sollte im Hinblick auf die Werterhaltung und Vorsorge intensiviert werden.

7 Schäden bei Grundstücksentwässerungsleitungen

In den letzten 15 Jahren sind von den Kommunen erhöhte Anstrengungen unternommen worden, den baulichen Zustand des öffentlichen Abwasserkanalnetzes zu ermitteln und notwendige Sanierungsmaßnahmen einzuleiten. Etwa 2/3 des öffentlichen Kanalnetzes sind bisher optisch untersucht worden. Der höchste Untersuchungsgrad läßt sich mit ca. 70 % für Kommunen über 100.000 Einwohner feststellen. Geringer ist der Untersuchungsgrad bei kleineren Kommunen.

Der Untersuchungsgrad von Grundstücksentwässerungsanlagen und Anschlußkanälen an das öffentliche Kanalnetz ist deutlich geringer. Man nimmt an, daß nur etwa 5 % des privaten Kanalnetzes regelmäßig überprüft wird. Veröffentlichte Untersuchungen an privaten Kanälen weisen einen deutlich höheren Anteil an Mängeln auf als bei öffentlichen Kanälen. In diesem Kapitel soll daher untersucht werden, inwieweit die verschiedenen Schadensarten und unterschiedlich starken Schadensumfänge an Kanalleitungen neben Beeinträchtigungen der Bauwerksfunktion auch ein Gefährdungspotential für die Umwelt (Boden, Grundwasser) darstellen können. Unter funktioneller Beeinträchtigung sind die Schadensfolgen zu verstehen, die sich leistungsmindernd auf das Bauwerk Kanal auswirken. Hierzu gehören Minderungen der hydraulischen Leistungsfähigkeit, der Standsicherheit und alle weiteren baulichen Funktionen.

Die Bewertung eines Schadens hinsichtlich seiner Umweltrelevanz orientiert sich an der möglichen Größe der von ihm ausgehenden Exfiltrationsrate. Den Begriff Schaden definiert die ATV M143 T1 wie folgt: „Im Sinne der Instandhaltung ist ein Schaden der Zustand, der eine im Hinblick auf die Verwendung unzulässige Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit bedingt oder erwarten läßt.“ Im Vordergrund der Begriffsdefinition steht der Bezug zur Funktionsfähigkeit des Kanalbauwerkes. Es gilt zu klären, inwiefern neben der Beeinträchtigung der Funktion auch der Aspekt der Umweltgefährdung den Schadensbegriff mitbestimmen bzw. erweitern sollte.

Stein [ST-98] gibt für die Ausbildung von Schäden drei generelle Ursachen an:

1. Überschreitung der normativen Nutzungsdauer;
2. Änderungen der von außen bzw. innen einwirkenden unterschiedlichen Beanspruchungen während des Betriebes;
3. Ausführungs-(Planung und Bau) und Werkstofffehler, infolgedessen sich über einen Zeitraum bis zu mehreren Jahren sogenannte Anfangsschäden einstellen können.

Voraussetzung für eine sachgerechte Wartung und Instandhaltung der Kanalisation ist die Erfassung des Bauzustandes. Die DIN EN 752-5 definiert den Bauzustand als „Zustand von Abwasserleitungen und –kanälen hinsichtlich ihrer baulichen Substanz“. Bei den Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes, in der ATV – M 143 eingeführt unter dem Begriff „Inspektion“, unterscheidet man nach DIN EN 752-5 zwischen baulichen, hydraulischen und umweltrelevanten Untersuchungen.

Zu den baulichen Untersuchungen zählen Außeninspektion (Begehung der Leitungstrasse, geophysikalische Untersuchungen, Baugrundaufschlüsse) und Inneninspektion (Begehung der Kanalbauwerke, Kanalspiegelung, Kanalfernsehen). Hydraulische Untersuchungen beinhalten verschiedene Messverfahren zur Bestimmung hydraulischer Leistungsparameter des Kanalsystems wie Volumenströme, Fließgeschwindigkeit sowie Querschnitts- und Gefällemessungen. Neben der Bewertung der abwasserspezifischen Daten und den zu beachtenden Einleitbedingungen in die Vorfluter befassen sich die umweltrelevanten Untersuchungen insbesondere mit dem Nachweis der Wasserdichtheit im Kanalsystem. Hierzu zählt die DIN EN 752-5 verschiedene Formen der Dichtheitsprüfungen und der Leckortung. Die allgemein bevorzugte Form der Untersuchungen zum Ist-Zustand des Kanalbauwerkes ist die indirekte optische Inspektion mittels Kanal-TV. Die Dokumentation und Zustandsbeschreibung der optisch inspizierten Kanalabschnitte erfolgt allgemein gebräuchlich nach den Vorgaben des 1991 eingeführten und zuletzt 1999 aktualisierten ATV-Merkblattes M143, Teil 2. Zur Beschreibung des Zustandes wird ein System von Kürzeln (Anlage 2 + 3 ATV M 143 T2) verwendet. Die Zustandstexte für Kanäle und Leitungen enthalten eine 4 stellige Kürzelbeschreibung und einen numerischen Anhang.

1. Kürzelstelle

Die Zustandsgruppe wird definiert. Im Einzelnen handelt es sich hierbei um Kürzel, die sowohl eine Hauptschadensart als auch ein bauliches Merkmal (A, S) beschreiben:

- A – Abzweig
- B – Rohrbruch
- C – Korrosion
- D – Deformation
- F – Fehlanschluss
- H – Hindernis
- K – Kanalsanierungsmaßnahme
- L – Lageabweichung
- R – Riß
- S – Stutzen
- T – Fehlendes Teil
- U – Undichtigkeit
- V – Mechanischer Verschleiß
- W – Sonstiger Zustand

2. Kürzelstelle

Diese Kürzelstelle gibt die Zustandsausprägung an und verifiziert die unter dem ersten Kürzel beschriebenen Hauptschadensarten.

3. Kürzelstelle

Diese Kürzelstelle trifft Aussagen über mögliche Undichtigkeiten am Kanalbauwerk bzw. beschreibt Zustände, die nicht ursächlich im Zusammenhang mit Undichtigkeiten stehen (Hindernisse, Sedimentation, Sand).

4. Kürzelstelle

Die Lage des Zustandes (Schadens) im Kanalquerschnitt wird benannt.

Numerischer Zusatz

Durch den numerischen Zusatz nach der 4. Stelle wird die Möglichkeit gegeben, das Schadensausmaß zu beschreiben (Querschnittsreduzierung, Rissbreiten).

7.1 Umweltrelevante Schadensarten

Bei der Betrachtung der Hauptschadensbilder (Kürzel der 1. Stelle ATV M 143 T2) wird eine Zuordnung der Hauptschadensarten nach ihrer Wirkungsweise vorgenommen. Es werden Schadensbilder betrachtet, die die hydraulische Funktionsfähigkeit beeinträchtigen und Auswirkungen auf die Umwelt haben können. Die Umweltrelevanz eines Einzelschadens ergibt sich aus der Ex- und auch aus der Infiltrationsrate von Abwasser. Exfiltrationsraten wurden für konkrete Schadenssituationen an ausgewählten Haltungen und an Teststrecken im Labor bestimmt [UL-94, DO-99]. An unterschiedlichen Einzelschäden wurden bei wechselnden Druckhöhen des Abwassers im Kanalrohr Dichtheitsprüfungen durchgeführt. In Kapitel 8 werden die Prüfbedingungen und eine Auswahl der ermittelten Exfiltrationsraten vorgestellt.

Die Untersuchungen belegen, daß die Vor-Ort-Messungen der Exfiltrationsraten an Einzelschäden eine sehr hohe Spannweite aufweisen. Wesentliche Faktoren dafür sind: die Füllstandshöhe bzw. Druckspiegelhöhe im beschädigten Rohr, Art und Umfang des Kanalschadens und bodenmechanische und hydrogeologische Eigenschaften des Untergrundes.

Auf die Größe der Exfiltrationsrate hat die Veränderung der Druckspiegelhöhe einen höheren Einfluss als veränderte Schadensgrößen (z. B. Rissbreiten). Da im Regelfall in den Schmutzwassernetzen von Grundstücksentwässerungsleitungen druckwasserfreie Verhältnisse herrschen, wird bei den folgenden Betrachtungen zur Bewertung des Gefährdungspotentials von Einzelschäden den druckwasserführenden Entwässerungsleitungen nur in Ausnahmefällen Beachtung geschenkt.

Bei Füllstandshöhen im Normalbetrieb zeigen die Untersuchungen vergleichbare Exfiltrationsraten. Die Ergebnisse der Exfiltrationsmessungen gehen in die Bewertung der Umweltgefährdung ein (siehe Kapitel 8). Im Folgenden werden die umweltrelevanten Auswirkungen von Einzelschäden zusammenfassend betrachtet (vgl. auch Tab. 7-1).

Abzweig (A---)

Der Name des Schadensbildes bezeichnet lediglich die Lokalität des Schadens, sagt aber noch nichts über dessen Art aus. Dieser wird in der Schadensbeschreibung nach ATV M 143 T2 durch die 2. Kürzelstelle näher definiert. Allen am Abzweig auftretenden Schadensbildern ist eine Beeinträchtigung der Funktionalität gemeinsam (Minderung der hydraulischen Leistungsfähigkeit, Minderung der Stabilität). Ausgewählten Schadensbildern kann aber auch ein direktes Umweltgefährdungspotential zugeordnet werden. Hierzu zählen nicht fachgerecht eingebaute Abzweige (AN--) und Risse im Abzweig (AR--). Unsachgemäß angeschlossene Abzweige zählen zu

den exponierten umweltrelevanten Schadensbildern. Alle weiteren Schadensbilder am Abzweig sind primär funktioneller Art.

Auswirkung des Schadens:

- Umwelt
- Funktionsfähigkeit

Rohrbruch, Rohrausbruch (B---)

Diesem Schadensbild gehen i.d.R. andere Schadensarten voraus (Risse, Lageabweichungen, Korrosion), deren letztes Stadium im totalen Verlust der Tragfähigkeit des Rohrmaterials enden kann. Der Rohrbruch stellt neben der vollständigen Verstopfung die funktionell höchste Schadensstufe dar und birgt auch das größte Gefährdungspotential für die Umwelt.

Auswirkung des Schadens:

- Umwelt
- Funktionsfähigkeit

Korrosion (C---)

Korrosion führt zur Reduzierung der Rohrwandstärke und ggf. zur Reduzierung der hydraulischen Leistungsfähigkeit durch Erhöhung der Wandrauhigkeit. Unter extremen Bedingungen kann sich das Schadensbild bis zur vollständigen Zerstörung von Teilen der Rohrwandung entwickeln. Nur in diesem Fall findet eine ungehinderte Exfiltration mit einer entsprechenden umweltrelevanten Gefährdung statt.

Auswirkung des Schadens:

- Umwelt (im Extremfall)
- Funktionsfähigkeit (in der Regel)

Deformation (D---)

Verformte Rohrquerschnitte sind materialspezifische Schäden, die im wesentlichen an Kunststoffleitungen gebunden sind. Die Deformation des Rohrquerschnittes kann zu einer Beeinträchtigung der hydraulischen Leistungsfähigkeit führen. Werden keine weiteren Folgeschäden in Verbindung mit auftretenden Undichtigkeiten festgestellt, findet keine umweltrelevante Belastung statt.

Auswirkung des Schadens:

- Funktionsfähigkeit

Abflusshindernis (H---)

Typische Abflusshindernisse sind Wurzeleinwüchse, verfestigte Ablagerungen, Inkrustationen und einragende Hindernisse. Sie mindern die hydraulische Leistungsfähigkeit des Kanalsystems und können zum Rückstau führen. Diese Schadensart beeinträchtigt in erster Linie die Funktion der Entwässerungsleitung. Ein Gefährdungspotential für die Umwelt ist nur indirekt gegeben, da sich die Druckbelastung auf die

im Anstrom des Hindernisses gelegenen Leckagen erhöhen kann. Hindernisse durch einragende Dichtungen können ebenfalls mit Undichtigkeiten im entsprechenden Muffenbereich einhergehen. Hindernisse durch Wurzeleinwuchs stehen in der Regel nicht mit relevanten Exfiltrationsmengen in Zusammenhang.

Auswirkung des Schadens:

- Umwelt (bei umweltrelevanten Schäden im Rückstaubereich)
- Funktionsfähigkeit (überwiegend)

Lageabweichung (L---)

Lageabweichungen treten in Form von vertikalem und/oder horizontalem Versatz, Axialverschiebungen und Unterbögen auf. Je nach Schadensstärke kann eine Lageabweichung durch auftretendes Gegengefälle die Funktionsfähigkeit beeinträchtigen, durch Versatz ein Abflusshindernis darstellen und ggf. durch Abreißen von Anschlussleitungen und axialen Muffenversätzen zu Undichtigkeiten führen. Die Einstufung der Schadensstärke läßt sich aus dem Maß der Abweichung im Bereich der Rohrverbindungen ermitteln. Eine umweltrelevante Beeinträchtigung durch Exfiltration kann dann auftreten, wenn die vertikalen bzw. horizontalen Lageabweichungen im Bereich der Muffen größer als die Wandstärke sind bzw. wenn bei axialem Längsversatz an den Muffen Boden sichtbar wird. Lageabweichungen an Rohrverbindungen (Muffenversatz) führen wie bei der Scherbenbildung zu deutlichen Exfiltrationsraten.

Auswirkung des Schadens:

- Umwelt (bei großen Lageabweichungen)
- Funktionsfähigkeit

Risse (R---)

Risse treten in verschiedenen Formen als Längs- oder Querriss bzw. als ein von einem Punkt ausgehender Riss auf. Die funktionelle und die umweltrelevante Gefährdung werden im starken Maß von der Größe der Rissöffnungsweite bestimmt. Aus den von Ullmann [UL-94] ausgewerteten Dichtheitsprüfungen an verschiedenen Schadensstellen kann man bei Rissöffnungsweiten von $\geq 2\text{mm}$ von einer nennenswerten Exfiltrationsrate an der Schadstelle ausgehen. Mit größer werdender Rissweite ($\geq 5\text{ mm}$) bzw. bei einem Schadensbild mit Scherbenbildung steht zunehmend auch die Funktionsfähigkeit des betreffenden Kanalabschnittes in Frage.

Auswirkung des Schadens:

- Umwelt
- Funktionsfähigkeit

Stutzen (S---)

Ähnlich wie bei dem Schadensbild Abzweig bezeichnet der Name Stutzen lediglich die Lokalität. Die Art des Schadens wird wiederum durch die zweite Kürzelstelle beschrieben. Ausgewählten Schadensbildern kann hier, analog der Verhältnisse bei den Schäden am Abzweig, aber auch ein direktes Umweltgefährdungspotential zugeordnet werden. Dazu zählen nicht fachgerecht eingebaute Stutzen (SN--), außen vorsitzende Stutzen (SO--), einragende Stutzen (SE--) und Risse in Stutzen (SR--). Unsachgemäß angeschlossene Stutzen zählen ähnlich wie unsachgemäß angeschlossene Abzweige zu den umweltrelevanten Schadensbildern.

Auswirkung des Schadens:

- Umwelt
- Funktionsfähigkeit

Sichtbare Undichtigkeit (U---)

Das Schadensbild „sichtbare Undichtigkeit“ ist die Auswirkung eines bereits vorliegenden Schadens. Sichtbare Undichtigkeit als Hauptschadensbild (Zustandsgruppe) an Rohrverbindungen, Schachtanschlüssen und an Rohrwandungen bzw. die Undichtigkeitsangaben an der 3. Stelle der Zustandskürzel geben neben einer funktionalen Beeinträchtigung des Kanals immer auch einen Hinweis auf eine umweltrelevante Gefährdung. Die Auswertung verschiedener TV-Befahrungsprotokolle hat gezeigt, daß deshalb die Mehrzahl von festgestellten sichtbaren Undichtigkeiten als Zusatz über die 3. Kürzelstelle zu anderen Hauptschadensbildern beschrieben wird.

Auswirkung des Schadens:

- Umwelt
- Funktionsfähigkeit

Mechanischer Verschleiß (V---)

Die Erscheinungsform des Schadensbildes ähnelt stark dem der Korrosion. Mechanischer Verschleiß führt ebenfalls zur Reduzierung der Rohrwandstärke und ggf. zur Reduzierung der hydraulischen Leistungsfähigkeit durch Erhöhung der Wandrauhigkeit. Unter extremen Bedingungen kann sich das Schadensbild bis zur vollständigen Zerstörung von Teilen der Rohrwandung entwickeln. Nur in diesem Fall findet eine ungehinderte Exfiltration mit einer entsprechenden umweltrelevanten Gefährdung statt.

Auswirkung des Schadens:

- Umwelt (im Extremfall bei Bruch)
- Funktionsfähigkeit (in der Regel)

7.2 Umweltrelevante Schadensgröße

Für die als umweltrelevant eingestuften Schadensbilder gilt es zu klären, ab welcher Schadensgröße bzw. ab welchem Schadensumfang diese Beeinträchtigung für die Umwelt wirksam wird. Da sich das Gefährdungspotential an der Exfiltrationsrate ori-

entiert, wird eine Bewertung der einzelnen Schadensbilder auf der Grundlage von Dichtheitsprüfungen vorgenommen. Ullmann [UL-94] und Dohmann [DO-99] untersuchten an unterschiedlichen Schadensarten die Abhängigkeiten der auftretenden Wasserverluste an Einzelschäden, von der Schadensgröße und von verschiedenen Füllständen im Kanal. Auf der Basis dieser Untersuchungsergebnisse werden nachfolgend die umweltwirksamen Schadensumfänge der Einzelschäden bei Annahme eines druckwasserfreien Wasserspiegels im Abwasserkanal eingegrenzt (Tab. 7-1).

Abzweig

Die Schadensbilder im Bereich der Abzweige (AN-- Abzweig nicht fachgerecht eingebaut; AR-- Riss im Abzweig) sind in ihrem Gefährdungspotential den vergleichbaren Schadensbildern am Stutzen gleichzusetzen.

Rohrbruch

Diese Schadensart stellt die höchste Gefährdung für die Umwelt dar. Eingeschränkt wird diese Einstufung nur dann, wenn die Einzelschäden an der 3. Stelle mit dem Kürzel E (Eindringendes Wasser sichtbar) bzw. M (Eindringendes Wasser mit Bodeneintrag sichtbar) beschrieben werden. Gleichfalls reduziert sich das Gefährdungspotential für diese Schäden unter der Annahme eines freien Wasserspiegels im Kanal, wenn der Schaden im Scheitelbereich liegt (4. Stelle → O).

Korrosion

Eine umweltrelevante Schadensgröße liegt bei diesen Schadensbildern nur vor, wenn die Korrosion im Strömungsraum des Abwassers zur vollständigen Zerstörung des Rohrmantels führt.

Lageabweichung

Bei Muffenversatz und sonstigen Lageabweichungen an der Rohrverbindung spielt die Druckhöhe für die Exfiltration gegenüber anderen Schadensarten eine bedeutende Rolle. Während bei druckfreien Spiegelhöhen die Exfiltrationsraten als relativ niedrig einzustufen sind, werden Lageabweichungen insbesondere bei Druckspiegelhöhen als umweltgefährdende Schadensart relevant.

Risse

Das Gefährdungspotential von Rissen, die von einem Punkt ausgehen (RX--), hängt stark von der Ausbildung und Lage des Schadens ab. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, daß ab einer Rissöffnungsweite von 5 mm Exfiltrationsvorgänge stattfinden. Schäden in dieser Größenordnung werden nach ATV M 149 der ZKL 1 bzw. 0 zugeordnet. Das von Risschäden ausgehende Gefährdungspotential vermindert sich bei freiem Wasserspiegel drastisch, wenn der Schaden ausschließlich im Scheitelbereich liegt.

Stutzen

Bei Lage des Stutzens im Rohrscheitel vermindert sich das Gefährdungspotential bei freiem Wasserspiegel drastisch.

Tabelle 7-1: Zusammenstellung umweltrelevanter Schäden

Schadensart	Kürzel ATV M 143	Umfang des Schadens	Zustands- klasse ATV M 149
Abzweige			
nicht fachgerecht eingebaut	AN--	sichtbare Undichtigkeit (S-U-), Boden sichtbar (S-B-) und sichtbarer Wasseraustritt (S-A-)	0 und 1
Riss im Abzweig	AR--	Umfang des Schadens analog R(L/Q)--	0 und 1
Rohrbruch/ -ausbruch			
Fehlendes Rohrteil	BA--	fehlende Teile, Scherben und Rohrstücke liegen unterhalb des Rohrwasserspiegels	0 und 1
Fehlendes Rohrstück im Ver- bindungsbereich	BC--		0 und 1
Fehlende Scherbe	BS--		0 und 1
Loch, fehlendes Rohrwand- ungsteil	BW--		0 und 1
Einsturz	BT--		0
Korrosion	C---	in Teilen vollständiger Materialverlust	0
Lageabweichung			
Axialverschiebung	LL--	sichtbarer Wasseraustritt, Boden sichtbar	1
Versatz	L(H/V)--	Versatz > Rohrwandungsstärke	1
Risse			
Längsriss	RL--	Rissöffnungsweite: 2 - 5 mm - Gefährdungspotential gering 5 - 10 mm - Gefährdungspot. vorhanden > 10 mm - Gefährdungspotential hoch	2 1 0
Querriss	RQ--		
Scherbenbildung ohne Quer- schnittsverformung	RS--		
Scherbenbildung bei gleich- zeitiger Querschnittsverformung	RS--	Rissöffnungsweite: > 2 mm - Gefährdungspotential hoch	0 und 1
Stutzen			
Einragend	SE--	sichtbare Undichtigkeit (S-U-), Boden sichtbar (S-B-) und sichtbarer Wasseraustritt (S-A-)	0 und 1
nicht fachgerecht ausgeführt	SN--		
Außen vorsitzend	SO--		
Riss im Stutzen	SR--	Umfang des Schadens analog R(L/Q)--	0 bis 2
Undichtigkeit	U---		0 bis 1
Verschleiß	V---	in Teilen vollständiger Materialverlust	0

Sichtbare Undichtigkeiten

Ein Gefährdungspotential liegt in jedem Fall vor, wenn die Beschreibung des Schadensbildes nach ATV M 143 an der 3. Stelle die Kürzel A (sichtbarer Wasseraustritt) und B (Boden sichtbar) aufweist. Entsprechend der Zustandsklassifizierung nach ATV M 149 sind diese Schäden den Zustandsklassen 1 bzw. 0 zuzuordnen.

Mechanischer Verschleiß

Es gilt die gleiche Einschätzung wie für Korrosionsschäden.

Sonstige Schadensarten

Für die Schadensarten **Deformation** (D---) und **Hindernis** (H---) kann ein Gefährdungspotential ausgeschlossen werden, solange diese Schäden nicht zu einer wirksameren Schadensart, z. B. Bruch, führen. Durch Rückstau und den damit verbundenen Wasserspiegelerhöhungen können diese Schäden indirekt bei anderen Schäden im Anstrom zu erhöhten Exfiltrationen führen.

Handlungsbedarf

In der Bewertung eines Kanalschadens nach der im wesentlichen auf die Funktion des Bauwerks bezogenen ATV M 149 besteht weitestgehend Übereinstimmung mit der Bewertung der Schäden nach Umweltrelevanz nach Tabelle 7-1. Eine Ergänzung der ATV - Bewertung des Kanalzustandes um den Aspekt der Umweltgefährdung kann deshalb nicht abgeleitet und empfohlen werden. Unter dem Gesichtspunkt der sich aus der Schadensgröße ergebenden Konsequenz für die Sanierung und Wartung des Kanalbauwerkes ergeben sich jedoch Möglichkeiten zur Vereinfachung der 5-stufigen Zustandsklassifizierung nach ATV M 149. Die Vereinfachung besteht in der Zusammenführung der Zustandsklassen 0 und 1 bzw. 3 und 4. Bezüglich der Sanierung lassen sich dann drei Klassen mit abgestufter Priorität zum Handlungsbedarf ableiten.

Prioritätenklasse 3: Sofortsanierung

Schaden:

Schwere und mittelschwere Schäden, wie z.B. Einbrüche, Ausbrüche in den Kanalwandungen, Scherbenbildungen, Risse, schwere Muffenversätze, sichtbare Undichtigkeiten, Bodensichtung sowie alle Schäden, die auf Undichtigkeiten schließen lassen und Kanäle, die nicht untersucht werden konnten (Befahrungsabbruch).

Sanierungsanforderung:

Die Schäden sind unmittelbar im Anschluss an die Auswertung in einer Ausführungs- und Sanierungsplanung zu erfassen und umgehend zu sanieren.

Bezug zu Schadensklasse ATV M 149:

Die hier eingestuften Schäden entsprechen etwa den ATV Zustandsklassen 0 und 1.

Prioritätenklasse 2: Mittelfristige Sanierung

Schaden:

Leichte und mittelschwere Schäden, wie z.B. Haarrisse, leichte Muffenversätze, Unterbögen sowie alle Schäden, die nicht auf Undichtigkeiten schließen lassen. Ferner Teilablagerungen, die geringe Auswirkungen auf die Hydraulik haben.

Sanierungsanforderung:

Die Schäden sollten in einem Zeitrahmen von ca. 2 bis 5 Jahren saniert werden. Treten innerhalb dieser Zeit Verschlechterungen des Zustandes ein, muss die Sanierung evtl. vorgezogen werden.

Bezug zu Schadensklasse ATV M 149:

Die hier eingestuften Schäden entsprechen in etwa der ATV Zustandsklasse 2.

Prioritätenklasse 1: Langfristige Sanierung/kein Handlungsbedarf

Schaden:

Geringfügige Schäden, wie z.B. geringfügige Ablagerungen, leichte Muffenversätze und -verschiebungen, gering einragende Stützen etc., keine sichtbaren Schäden.

Sanierungsanforderung:

Die Schäden sollten im Zuge von zeitgleich stattfindenden Baumaßnahmen saniert werden. In jedem Fall ist eine weitere Beobachtung der Schäden, anlehnend an den in den jeweiligen Eigenkontrollverordnungen und Wassergesetzen enthaltenen Abständen, vorzusehen und die Situation ggf. neu zu bewerten.

Bezug zu Schadensklasse ATV A 149:

Die hier eingestuften Schäden entsprechen etwa den ATV Zustandsklassen 3 und 4.

7.3 Schadensstatistik

Datenmaterial zu Schadenserhebung an Grundstücksentwässerungsleitungen von gewerblich oder industriell genutzten Grundstücken wurde nur in Ausnahmefällen veröffentlicht. Im Rahmen dieses Vorhabens wurden daher Kanaldaten von 22 Industrie- und Gewerbestandorten untersucht. Unter Einbeziehung von Literaturbeispielen konnte eine Gesamtnetzlänge von 77,8 km ausgewertet und folgende Zielstellungen verfolgt werden:

- Quantitative Verteilung der einzelnen Schadensarten am Gesamtschadensaufkommen
- Abhängigkeit der Schadensverteilungen von Rohrwerkstoff und Entwässerungssystem
- Bestimmung des Anteils von umweltrelevanten Schäden am Gesamtschadensaufkommen.

Da eine umweltrelevante Schadenswirkung bei Regenwasserkanälen i.d.R. ausgeschlossen werden kann, beruht die Datenerhebung nur auf Schadensfällen in Misch-, Schmutz- und Produktionsabwassernetzen.

7.3.1 Erhebungen zur Schadensverteilung

Auf der Grundlage der in der ATV M 143 aufgeführten Hauptschadensarten wurde eine werkstoffbezogene Schadensverteilung für die einzelnen Standorte ermittelt (siehe Anlage 7) und für alle Standorte in Tabelle 7-2 zusammengeführt. Getrennt nach den verschiedenen Rohrwerkstoffen werden die durchschnittlichen prozentualen Anteile der einzelnen Schadensarten am Gesamtschadensaufkommen angegeben. Um eine Vergleichbarkeit der werkstoffabhängigen Schadensintensität zu erhalten, wird für jeden Rohrwerkstoff eine durchschnittliche Schadensanzahl auf 1000 m Leitungslänge ermittelt. Die Häufigkeitsverteilungen einzelner Schadensarten basierten zwar auf einem relativ kleinen Datenbestand, trotzdem sind grundsätzliche Tendenzen daraus gut ableitbar.

Steinzeug und Beton: Für die hauptsächlich bei den Grundstücksentwässerungsleitungen eingesetzten Werkstoffe Steinzeug und Beton (siehe Kapitel 6.4.3) treten nahezu als deckungsgleiche Hauptschadensarten Risse und Hindernisse auf, ca. die Hälfte aller aufgenommenen Einzelschäden sind diesen beiden Hauptschadensarten zuzuordnen.

Eine weitere häufiger auftretende Schadensart, vorzugsweise bei Steinzeugrohren, ist die Lageabweichung.

Die durchschnittliche Schadensdichte liegt bei beiden Werkstoffen in einer Größenordnung von ca. 200 Schäden/1000 m.

Bei Betonrohrleitungen tritt als weitere Hauptschadensart die nicht fachgerecht ausgeführten Einbindungen von Stützen und Abzweigen auf. Diese Besonderheit ist auf die bis weit in die 80-er Jahre hinein übliche unsachgemäße Verfahrensweise der Einbindung von Stützen in Betonrohre zurückzuführen. Insbesondere zur nachträglichen Anbindung von Zuleitungen wurden die bereits verlegten Betonrohre aufgestemmt und im Anschluss der Anbindung der freigebliebene Raum zwischen eingeschobenem Anschlusskanal und der ausgebrochenen Kanalwandung verspachtelt. Erst mit der seit Oktober 1988 gültigen ATV-A 139 wird verlangt, daß nachträglich herzustellende Anschlussöffnungen mit einem geeigneten Bohrgerät gefräst werden müssen und die Anschlüsse nur mit genormten Formstücken und zugelassenen Dichtungsmitteln hergestellt werden dürfen.

Kunststoffe: Die aus Kunststoffen bestehenden Rohrmaterialien haben an der Gesamtlänge der Grundstücksentwässerungsleitungen nur geringe Bedeutung, die Schadenshäufigkeit verteilt sich gegenüber anderen Rohrwerkstoffen abweichend. Mehr als zwei Drittel der Schäden sind auf fehlerhafte Abzweige und Stützen zurückzuführen.

Tabelle 7-2: Schadensverteilung an Grundstücksentwässerungsleitungen (Misch-, Schmutz-, Produktionsabwassernetz)

ATV M 143	Kürzel	Durchschnittliche Verteilung der Einzelschäden [%] ¹⁾				
		Steinzeug	Beton/Stahl-beton	Kunststoff	Grauguss	Faser-/Asbestzement
Abzweig	A	2	<1	8	10	0
Rohrbruch Rohrausbruch	B	5	9	1	0	9
Korrosion	C	1	2	0	30	0
Deformation biegeweicher Rohre	D	0	0	2	0	0
Hindernisse	H	22	16	12	18	31
Lage- abweichung	L	18	7	8	25	4
Risse	R	37	32	2	15	13
Stutzen	S	9	31	63	2	35
Fehlende Teile	T	<1	<1	0	0	0
Sichtbare Un- dichtigkeiten	U	6	1	4	0	8
Mechanischer Verschleiß	V	<1	0	0	0	0
Sonstige Schäden	W	<1	<1	0	0	0
Schäden je 1000m		199	224	41	210	137
Datengrundlage						
Summe ausgewertete Kanalnetzlänge		35.556 m	37.799 m	3.637 m	190 m	621 m
Anzahl ausgewerteter Standorte		22	9	9	4	4

¹⁾ Prozentangaben beziehen sich jeweils auf einen Werkstoff

Die Unterschiede in der Schadensdichte zwischen Steinzeug und Beton auf der einen Seite und Kunststoff auf der anderen Seite ist nicht allein auf die unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften zurückzuführen. Ein nicht unwesentlicher Faktor ist das Alter der jeweiligen Kanalnetze. Generell handelt es sich bei den hier untersuchten Grundstücksentwässerungsleitungen um nichtsanierte Netze, die in der Regel seit ihrer Inbetriebnahme keine oder nur geringe baulichen Erneuerungen erfahren haben. Das Durchschnittsalter der aus Steinzeug und Beton hergestellten Grundstücksentwässerungsleitungen ist wesentlich höher einzuschätzen, als das Durchschnittsalter der erst seit den 60-er Jahren eingesetzten Kunststoffrohre. So

genügen bei älteren Steinzeug- und Betonkanälen die zum Zeitpunkt des Kanalbaus üblichen Dichtungseigenschaften der Rohrverbindungen, insbesondere die Langzeitwirkung des Dichtmaterials, nicht den heute geforderten Standards (siehe Kapitel 6.4.1). Im Zusammenwirken mit einer längeren betrieblichen Beanspruchung der Kanäle liegt darin eine Ursache für die höhere Schadensdichte der Steinzeug- und Betonkanäle bei den untersuchten Standorten.

Nach den vorliegenden Ergebnissen der Tabelle 7-2 liegt der Anteil an umweltrelevanten Schadensarten (siehe Kapitel 7.1) am Gesamtschadensaufkommen je nach Rohrwerkstoff bei ca. 70 bis 80 %. Inwiefern bei diesen Schäden eine Umweltwirksamkeit eintritt, hängt wesentlich von der Schadensstärke ab (Kapitel 7.2).

Beispielhaft soll deshalb ein Standort aus der Maschinenbaubranche hinsichtlich der Schadensstärke und -umfänge betrachtet werden. Die Klassifizierung der Schadensintensität erfolgt bei diesem Beispiel nach ATV M 149 und ergibt das in Tab. 7-3 dokumentierte Zustandsbild. Stellt man mit diesen Daten einen Bezug zu den in Abschnitt 7.2 definierten umweltrelevanten Schadensgrößen her, lässt sich folgendes ableiten:

- 214 Schäden von 728 Einzelschäden sind potentiell umweltrelevant, dies entspricht einem Anteil von ca. 30 % am Gesamtschadensaufkommen.
- Undichtigkeiten und Bruchschäden (100 %) sind umweltbeeinträchtigend (ZKL 0 und 1)
- Risschäden liegen in der Zustandsklasse ZKL 1 (67 %) und stellen somit eine potentielle Umweltgefährdung dar
- Schäden an Stützen (14 %) bzw. Schäden an Abzweigen (57 %) /ZKL 0 und 1) sind umweltrelevant
- Schäden durch Lageabweichung (1,4 %) sind umweltrelevante Schäden (ZKL0)
- Schäden durch Abflusshindernisse, Korrosion, mechanischen Verschleiß, Deformation sind entweder durch ihre geringe Schadensintensität bzw. auf Grund ihrer Schadensart nur untergeordnet umweltgefährdend (ZKL 2,3,4)

7.3.2 Literaturbeispiele der Schadensstatistik

Verschiedene Beispiele der Schadenserfassung und Bewertung sind überwiegend aus dem Bereich der öffentlichen Kanalnetze bekannt. Je nach Bedarf wurden die Auswertungen pauschal über alle Entwässerungssysteme und Rohrleitungsmaterialien vorgenommen. In den seltensten Fällen wurde ein Bezug zum Rohrwerkstoff hergestellt. Die nachfolgend aufgeführten Literaturbeispiele werten auf unterschiedliche Art und nach unterschiedlichen inhaltlichen Gesichtspunkten vorhandene Kanal TV-Daten aus. Zum Teil fehlen Aussagen über den Umfang der Datengrundlage.

Bundeswehrkaserne Balthasar–Neumann [UL-94]

Neben der allgemeingebräuchlichen Schadensbeschreibung nach ATV M 143 unterscheidet Ullmann in Anlehnung an die Umweltrelevanz der einzelnen Schadensbilder grundsätzlich vier Gruppen von Schäden:

1. Punktuelle Schäden
2. Schäden über längere Strecken
3. Punktuelle Mängel
4. Langgezogene Mängel

Tabelle 7-3: Standortbeispiel aus Maschinenbaubranche – Anzahl der Einzelschäden, klassifiziert nach Schadensgröße

		Anzahl der Einzelschäden je Klasse				
Zustandsklassen nach ATV M 149		ZKL 0	ZKL 1	ZKL 2	ZKL 3	ZKL 4
Schadensklassen nach ISYBAU		SKL 5	SKL 4	SKL 3	SKL 2	SKL 1
Schadensart	Kürzel ATV M 143					
Abzweig	A	4	-	3	-	-
Rohrbruch / -ausbruch	B	73	-	-	-	-
Korrosion	C	-	2	-	-	-
Deformation	D	-	-	-	-	-
Fehlanschluss	F	-	-	-	-	-
Hindernis	H	50	45	85	-	-
Kanalsanierungsmaßn.	K	-	-	-	-	-
Lageabweichung	L	3	118	96	-	-
Riß	R	-	121	36	-	23
Stutzen	S	1	8	24	31	-
Fehlende Teile	T	-	-	-	-	-
Undichtigkeit	U	1	3	-	-	-
Mechanischer Verschleiß	V	-	-	1	-	-
Sonstiger Zustand	Z	-	-	-	-	-

Entwässerungssystem: Mischwasser

Rohrwerkstoff: Beton/Steinzeug

Untersuchte Kanallänge: 3.950 m

Als Mängel werden Schadensbilder bezeichnet, die zunächst nach optischer Inspektion nicht in jedem Fall zu einer Undichtheit führen. Die Untersuchungen beziehen sich auf eine ausgewertete Länge von 10.030 m Mischwasserkanal.

Tabelle 7-4 gibt eine Übersicht über die als punktuelle Schäden eingestuftten Schadensbilder und ihre werkstoffbezogene Schadensverteilung.

Tabelle 7-4: Verteilung von punktuellen Schäden BW-Kaserne Balthasar-Neumann [UL-94]

Schadensart	ATV-Kürzel	Beton %	Steinzeug %	Summe %
Anschlüsse nicht fachgerecht	S	43,2	0,5	43,7
Wurzeleinwuchs	HP	14,7	0,4	15,1
Muffenriss	RC	10,4	0,6	11
Querriss	RQ	8,9	1,6	10,5
Lageabweichung	L	6,1	4,2	10,3
Fehlendes Wandungsteil	BW	3,8	0,2	4
Ausgebrochene Muffen	BC	2,6	0	2,6
Undichte Muffen	UCE	1,4	0	1,4
Punktuelle Scherben	RS	0,8	0,4	1,2
Flickstelle		0,2	0	0,2

Die Werkstoffverteilung im Netz liegt bei 80 % Betonkanalrohr und 20 % Steinzeugrohr. Insgesamt wurden 1.041 punktuelle Schäden festgestellt. Die Schadensdichte liegt bei 104 Schäden/1000 m (Betonrohr 119 Schäden/1000 m, Steinzeugrohr 46 Schäden/1000 m).

„Eine differenzierte Betrachtung der Schadensarten zeigt, daß nicht fachgerecht angeschlossene Zuläufe mit 43,7% die wesentliche Schadensursache darstellen. Die weiteren Schadensbilder wie Wurzeleinwuchs, Muffenriss, Querriss und Lageabweichungen nehmen einen relativ gleichmäßigen Umfang von jeweils 10 – 15% ein. Die übrigen punktuellen Schäden wie BW, BC, UCE, RS sind mit 1,2 – 4,0% wesentlich seltener vertreten. Auffallend ist, daß die Schadensdichte bei den Betonrohren um das 2,6 fache höher liegt als bei den Steinzeugrohren. ...Das Schadensbild der Lageabweichungen tritt bei den Steinzeugrohren wesentlich häufiger auf als bei den Betonrohren „ [UL-94 S. 52 ff]. Zu den Schäden über längere Strecken werden die verschiedenen Formen von Längsrissen und deren unterschiedlich starke Ausbildung zugeordnet. Tabelle 7-5 zeigt die Verteilung der verschiedenen Längsrissformen.

In dem Beispiel machen die Risse zwischen 0 und 2 mm 68 % der gesamten Risslänge aus. Nur bei etwa einem Drittel dieser Schadensfälle klafften die Risse mehr als 2mm oder fanden sich Scherbenbildungen. Insgesamt wiesen ca. 20 % der gesamten Rohrstrecke Längsrisse auf. Ein materialbezogener Unterschied im Schadensaufkommen konnte hier nicht ausgemacht werden. Die Gesamtzahl der festgestellten punktuellen Mängel betrug 1141 Stck. (11,4 Stck./1000 m). Langgezogene Mängel des gesamten Mischwasserkanals liegen mit 12 % für Innenkorrosion (CW), mit 1,3 % für Unterbogen (LB) und mit 0,7 % für langezogene Ablagerungen vor.

Tabelle 7-5: Längsrisse in Abhängigkeit von Rissart und Rissbreite [UL-94]

Rissart	Rissbreite mm	%-Anteil an Gesamtrisslänge von 2.070 m
Scheitelriss RL-O	0 – 2	26,9 %
Sohlriss RL-U	0 – 2	7,8 %
Sohlriss RL-U	>2 – 5	0,2 %
Scheitel- und Sohlriss RL-O/U	0 – 2	33,2
Scheitel- und Sohlriss RL-O/U	>2 – 5	7,8 %
Scheitel- und Sohlriss RL-O/U	> 5	0,8
Scherbenbildung ohne wesentliche Rohrverformung RSO	0 - > 5	10,0 %
Scherbenbildung mit Rohrverformung RSV	0 - > 5	13,1

Erhebung zu Hausanschlussleitungen [KM-92]

Von 184 optisch inspizierten Hausanschlussleitungen (Ein- und Mehrfamilienhäuser) mit einer Gesamtlänge von 1.478 m, wiesen 136 Haltungen Schadensbilder auf (Tabelle 7-6). Die Gesamtschadensrate lag bei 74 % der untersuchten Grundstücksentwässerungsanlagen. Angaben zu den verwendeten Rohrwerkstoffen und zu der inspizierten Gesamtlänge liegen nicht vor. In dieser Erhebung dominieren die Schäden durch Lageabweichungen und durch Hindernisse. Sie machen einschließlich der festgestellten Verformung 74,4 % aller ermittelten Schäden aus.

Erhebung zu Grundstücksentwässerungsleitungen [Decker in LE-95]

In einer weiteren Statistik stellt Decker die Ergebnisse einer Erhebung an 200 ausgewählten Grundstücksentwässerungsleitungen in einer Großstadt vor und trifft hierbei eine Unterscheidung der Schadensverteilung nach der Lage des Entwässerungsnetzes in Gewerbe- und Industriefläche bzw. in Wohn- und Büroflächen. Die Untersuchungen zeigen einen Schadensgrad von rund 64 bis 74 %: Nach Decker liegt eine ca. dreifach höhere Schadenshäufigkeit im Vergleich zur öffentlichen Kanalisation vor. Auffällig ist jedoch, daß nur eine ganz beschränkte Auswahl an Schadensarten aufgenommen wurde und zwar nur solche, die Exfiltrationsvorgänge bewirken können. Weiter fehlen Angaben über die untersuchten Kanalnetzlängen und die Art des Entwässerungsnetzes. Ein Vergleich mit den Ergebnissen anderer Schadenserhebungen fällt daher schwer.

Tabelle 7-6: Art und Häufigkeit von Schäden an optisch inspizierten Hausanschlußleitungen [KM-92]

Schadensart	Häufigkeit [%]	Schäden
Undichtigkeit Rohrverbindung (Muffe)	2.7	5
abflusshindernis	25.5	47
Wurzeleinwuchs	7.1	13
Lageabweichung (vertikal, horizontal, Längsverschiebung, Ausbiegung)	48.4	89
Verformung biegeweicher Rohre	0.5	1
Risse	3.8	7
Rohrbruch	1.1	2
Stutzen einragend, nicht fachgerecht eingebaut	2.7	5
Wasserrückstau	3.3	6
Summe	95.1	175
Anlagen ohne sichtbare Schäden	26.1	48
Anlagen mit sichtbaren Schäden	73.9	136

Tabelle 7-7: Art und Häufigkeit von Schäden an 200 repräsentativ ausgewählten Grundstücksentwässerungsleitungen einer Großstadt (Decker in LE-95)

Schadensart	Häufigkeit der beobachteten Schäden [%]		
	Gewerbe/Industrie	Wohnen/Verwaltung	Gesamt
Rohrverbindungen (Muffe)	46.3	54.6	52.9
Wurzeleinwuchs	9	10.4	10.1
Risse	31.3	26.2	27.2
Rohrbruch	13.4	8.8	9.8
Anlage dicht	15.4	39.6	36.2
Anlage undicht	84.6	60.4	63.8

ATV-Umfragen von 1997 zum kommunalen Kanalnetz [DY-98]

Die ATV-Umfrage zum Zustand der kommunalen Kanalnetze ging auch der Frage nach, welche Schadensbilder am häufigsten festgestellt wurden. Die Angaben zur Häufigkeit des Auftretens der verschiedenen Schadensbilder basieren auf der Datengrundlage von über ca. 65.000 km inspizierter Kanäle. Sie wurden über die Kanallänge des jeweiligen Netzbetreibers nach der Häufigkeit ihres Auftretens gewichtet. Die jeweilige Wichtung basiert auf der Einordnung der verschiedenen Schadensarten nach den Abstufungen von 0 bis 3 durch den Netzbetreiber.

Erläuterung:

- 0 Schadensbild ist bisher nicht aufgetreten
- 1 Schadensbild ist selten aufgetreten
- 2 Schadensbild ist häufig aufgetreten
- 3 Schadensbild ist sehr häufig aufgetreten

In Abbildung 7.1 wird auf der Grundlage der durchschnittlich genannten Wichtigkeitszahl eine vergleichende Häufigkeitsverteilung der einzelnen Schadensarten dargestellt.

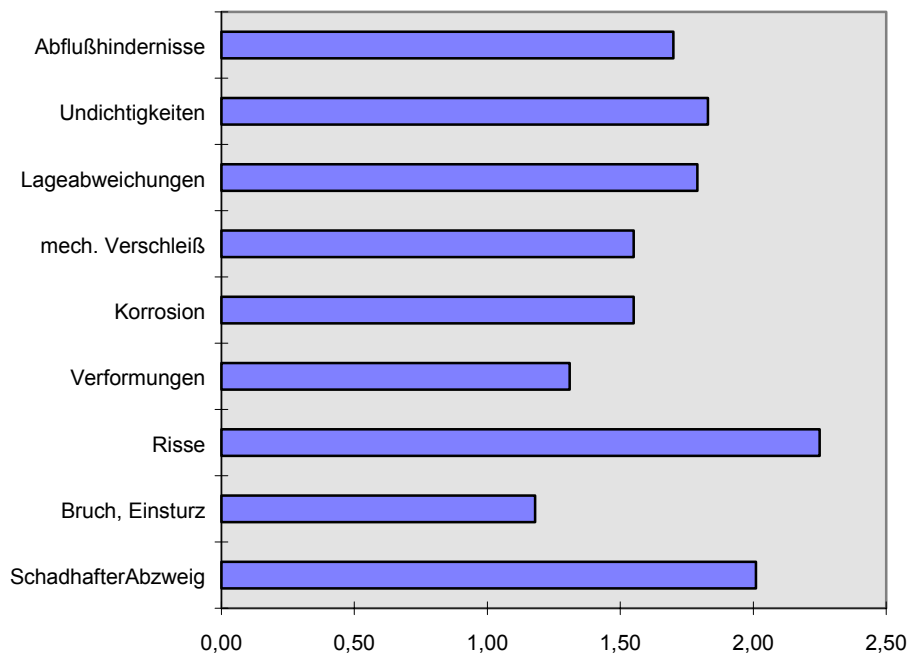


Abbildung 7.1: Häufigkeitsverteilung der Kanalschadensbilder [DY-98]

Auch wenn diesem Vergleich unmittelbar keine absoluten Schadenszahlen zu Grunde liegen, werden als die am häufigsten auftretenden Schadensarten Risse und schadhafte Abzweige genannt, gefolgt von Undichtigkeiten, Lageabweichungen und Hindernissen.

Weitere umfangreiche Untersuchungen zur Schadensverteilung in kommunalen Netzen führte Sawatzki 1995 und 1996 durch [SA-95, SA-96]. Dabei wurden insgesamt 908 km kommunaler Abwasserkanäle aus 42 unterschiedlichen Projekten hinsichtlich der Schadensverteilungen an Steinzeug- und Betonrohren - die Werkstoffe, die ca. 90 % der kommunalen Netze ausmachen - ausgewertet. Untersucht wurden Abhängigkeiten der Schadensentwicklungen zum Alter, zu den Entwässerungsverfahren und zu den Nennweiten. Als Fazit der Untersuchungen wird festgestellt, daß aus dem Werkstoff Steinzeug hergestellte Kanäle weniger schadensanfällig sind als Betonkanäle. Als am häufigsten aufgetretene Schäden werden Hindernisse, fehlerhafte Abzweige und Stutzen und Risse für beide Materialien genannt. Eine Unterscheidung der Einzelschäden nach Schadensklassen bzw. nach verschiedenen Schadensumfängen wird nicht vorgenommen.

7.3.3 Auswertung der Schadensstatistiken

Nach den in 7.3.1 und 7.3.2 dokumentierten Ergebnissen der Schadenserhebung bilden in Abhängigkeit von den jeweiligen Rohrwerkstoffen die Schadensarten Risse, Hindernisse, nicht fachgerecht ausgeführte Stutzen und Abzweige bei Beton und mit Abstrichen die Lageabweichung den wesentlichen Anteil aller aufgenommenen Schäden bei den untersuchten Grundstücksentwässerungsleitungen. Diese Aussage wird durch verschiedene Beispiele aus der Literatur gefestigt (siehe 7.3.2).

Unter dem Gesichtspunkt der Umweltrelevanz sind ca. 80 % der Schäden einer potentiell umweltgefährdenden Schadensart zuzuordnen. Bei Berücksichtigung der Schadensgröße und -intensität (30 bis 70 % der Rissöffnungsweiten $\leq 2\text{mm}$, weniger als 10 % der Lageabweichung sind umweltrelevant usw.) reduziert sich der Anteil potentiell umweltbeeinflussender Einzelschäden auf weit unter 50 %, bezogen auf die Gesamtzahl aller festgestellten Einzelschäden. Inwieweit bei diesen Schäden dann tatsächlich eine Beeinträchtigung stattfindet und in welcher Größenordnung, hängt von weiteren äußeren Faktoren, wie Abwasserinhaltsstoffen, Lage zum Grundwasser u.a. ab.

Hinsichtlich der Schadenshäufigkeit stellen sich im Vergleich der Grundstücksentwässerungsleitungen zu den Netzen der öffentlichen Kanalisation deutliche Unterschiede ein (Tab. 7-8). Die in Kapitel 7.3.1 ermittelte Schadensdichte der auf einer Länge von ca. 78 km untersuchten Grundstücksentwässerungsleitungen erreicht ca. die 3 -fache Größe der öffentlichen Kanalnetze. Die Untersuchungen von Decker [in LE-95], siehe Kapitel 7.3.2, bestätigen einen ca. dreifach höheren Schadensgrad der Grundstücksentwässerungsleitungen im Vergleich mit der öffentlichen Kanalisation. Gründe hierfür sind in der Altersstruktur der untersuchten Kanäle, der überwiegend kleindimensionierten Rohrleitungsquerschnitte und nicht zuletzt im bisher vorgenommenen Wartungs- und Sanierungsaufwand zu suchen. Es sei aber auch nochmals darauf hingewiesen, daß es sich bei den hier vorliegenden Erhebungsdaten ausschließlich um bisher nicht sanierte Grundstücksentwässerungsleitungen handelt. In vielen Fällen dienten die hier verwendeten Zustandsdaten als Grundlage für eine zukünftige Sanierungsplanung.

Tabelle 7-8: Übersicht zur Schadensdichte im Vergleich mit öffentlichem Kanalnetz

Quelle	Netz	untersuchte Kanallänge km	durchschnittliche Schadensdichte Schaden/1000 m
Stein [ST-98]	öffentliches Netz	306,6	58
Matthes [MA-92]	öffentliches Netz	57,0	73,1
Ullmann [UL-94]	BN-Kaserne "B. – Neumann"	10,0	104 + Mängel + Längsrisse
	Grundstücksentwässerungsleitungen industrieller u. gewerblicher Standorte	77,8	203

Ein Beispiel für die altersabhängige Schadensentwicklung gibt wiederum Ullmann [UL-94] mit seinen Untersuchungen an der Bundeswehrkaserne „Balthasar-Neumann“ in Veitshöchheim (Tabelle 7-9). Etwa 80 % der Kanäle der BN-Kaserne wurden in den 60er Aufbaujahren verlegt, zu einer Zeit, in der bekanntlich viele Schäden bereits bei der Verlegung der Kanalisation entstanden. Ein Vergleich der Inspektionsergebnisse aus den 60er Jahren mit Kanälen aus den 80er Jahren im untersuchten Kanalnetz zeigt einen gravierenden Unterschied in der Schadensdichte.

Tabelle 7-9: Schadensdichte der punktuellen Schäden in Abhängigkeit vom Alter der Kanäle in der BN-Kaserne [UL-94]

Kanallänge [m]	Baujahr	Alter [a]	Schadensdichte Stck./km
7.999,2	1965/66	27 – 28	128
2.030,4	1983-86	7 – 10	8
Summe 10.029,6			104

Das Ministerium für Umwelt und Verkehr Land Baden-Württemberg [MUV-00] hat für insgesamt 48.750 km Misch- und Schmutzwasserkanalisation des öffentlichen Netzes die Verteilung der Schäden auf die Schadensklassen ermittelt. Danach befinden sich rund 20 % der untersuchten Kanallänge in den drei höchsten Schadensklassen (entspricht Zustandsklasse nach ATV M 149):

- Schadensklasse 1: 4 % (Schadensklasse 0 und 1 zusammen)
- Schadensklasse 2: 6 %
- Schadensklasse 3: 10 %.

Demnach weisen ca. 4 % der untersuchten Länge des öffentlichen Misch- und Schmutzwasserkanals umweltrelevante Schadensgrößen auf. Für vergleichbare Aussagen zu den gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen fehlen entsprechende Datenangaben. Hier kann nur auf das Beispiel eines Einzelstandortes (Tabelle 7-3) verwiesen werden, bei dem der Anteil an Schäden der Zustandsklasse 0 und 1 am Gesamtschadensaufkommen jedoch wesentlich höher liegt.

Abschließend bleibt festzustellen, daß Kanalbauwerke dauerhaft oder zeitweise unterschiedlichen physikalischen, chemischen, biochemischen und biologischen Beanspruchungen ausgesetzt sind. Diese Vorgänge können zu Schäden am Bauwerk führen.

7.4 Abschätzung der Sanierungskosten

Nach der ATV-Umfrage von 1997 zum Zustand der Kanalisation wird ein Sanierungsbedarf für etwa 16 % der öffentlichen Kanalnetzlänge abgeschätzt [DY-98]. Bei Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern ist der Sanierungsbedarf etwas geringer und liegt bei etwa 10 %. Für die Sanierung des öffentlichen Kanalnetzes müssen erhebliche Finanzmittel aufgewendet werden. In der ATV-Umfrage werden als mittlere Sanierungskosten 1.650 DM/m angegeben. Bei größeren Kommunen ergeben sich jedoch höhere Sanierungskosten, da die Kanäle im Mittel größere Rohrdurchmesser haben und auch tiefer verlegt sind. Geht man von einem öffentlichen Kanal-

netz von 400.000 km aus, ergeben sich notwendige Sanierungsmaßnahmen für 40.000 km und Sanierungskosten von 100 Mrd. DM. Jährlich werden derzeit etwa 3 - 4 Mrd. DM zur Sanierung des Kanalnetzes von den Kommunen in Deutschland aufgewendet [DY-98].

Nach Untersuchungen in Nordrhein-Westfalen an Hausanschlußleitungen weisen die privaten Grundstücksentwässerungsleitungen zu mehr als 50 % Schäden auf [KM-92]. Eine Vielzahl von Grundstücksentwässerungsleitungen war wegen schlechter Bauausführung oder mangelnder Wartung nicht optisch inspizierbar. Geht man von einer Mindestlänge von 800.000 km für alle privaten Grundstücksentwässerungsleitungen aus und einer doppelt so hohen sanierungsnotwendigen Schadensrate (etwa 30 %) wie bei den öffentlichen Kanälen aus, so besteht etwa für 240.000 km der Grundstücksentwässerungsleitungen ein Sanierungsbedarf.

Nach Kapitel 6 hat das Kanalnetz bei industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen eine Gesamtlänge von etwa 220.000 km, ein vordringlicher Untersuchungsbedarf besteht dabei für 110.000 km. Unterstellt man wiederum eine sanierungsnotwendige Schadensrate von 30%, so ergibt sich für etwa 30.000 km eine erhöhter Sanierungsbedarf.

Die spezifischen Sanierungskosten für die Grundstücksentwässerungsleitungen dürften wegen der generell geringeren Rohrdurchmesser niedriger sein als für die öffentliche Kanalisationen. Durch die Überbauung von größeren Abschnitten ergeben sich jedoch Probleme bei der technischen Umsetzung. Vordringlich wird die Sanierung auf kostengünstige Inliner-Verfahren zurückgreifen. Geht man von einem Preis von etwa 1.000 DM pro m Kanal aus, so ergeben sich Sanierungskosten von 240 Mrd. DM. Von den Kosten betreffen 30 Mrd. DM Kanalnetze mit einem vordringlichen Sanierungsbedarf aufgrund potentieller Umweltbelastungen.

Von diesen Kosten dürfte bisher erst ein geringer Anteil aufgewendet worden sein. Unterstellt man eine Umsetzung der Sanierung innerhalb der nächsten 20 Jahre, so ergeben sich jährlich Sanierungskosten von ca. 10 Mrd. DM. Würde die Umsetzung der vordringlich sanierungsbedürftigen Kanalnetze bei Industrie und Gewerbe analog zur DIN 1986-30 innerhalb von 5 Jahren erfolgen, so ergäben sich zusätzlich jährliche Aufwendungen zur Sanierung von 6 Mrd. DM.

Die Größenordnung der notwendigen jährlichen Sanierungskosten liegt um ein Vielfaches über den Aufwendungen für das kommunale Entwässerungsnetz. Es ist fraglich, ob die Aufwendungen tatsächlich getätigt werden, da die privaten Betreiber die Notwendigkeit für eine Sanierung in der Regel nicht sehen. Hinzu kommt, daß die finanziellen Belastungen durch die Benutzung der öffentlichen Kanalisation deutlich gestiegen sind und somit zusätzliche Kosten für die privaten Betreiber entstehen.

7.5 Fazit zu den Schäden

Ergebnisse

- Umweltbeeinträchtigende Exfiltrationsraten liegen Schadensgrößen zugrunde, die nach der Zustandsbewertung ATV M 149 den Zustandsklassen 1 und 0 entsprechen. Umweltrelevante Schäden betreffen daher immer auch Schäden, die die

Funktionsfähigkeit beeinträchtigen und zur baulichen und betrieblichen Werterhaltung im Grundsatz eine Sanierung erfordern.

- Schäden der Zustandsklassen 2 können ggf. eine lokale Minderung der Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes verursachen, erreichen aber in der Regel keine Schadensgröße mit umweltrelevanter Gefährdung.
- Abhängig von den jeweiligen Rohrwerkstoffen bilden die Schadensarten Risse, Hindernisse, nicht fachgerecht ausgeführte Stutzen und Abzweige bei Beton und mit Abstrichen die Lageabweichung den wesentlichen Anteil aller aufgenommenen Schäden bei den untersuchten Grundstücksentwässerungsleitungen.
- Bezogen auf den Werkstoff haben Schäden durch Lageabweichung bei Steinzeug einen höheren Anteil als bei Beton.
- Der Anteil potentiell umweltbeeinflussender Einzelschäden wird auf weit unter 50 %, bezogen auf die Gesamtzahl aller festgestellten Einzelschäden, geschätzt.
- Die ermittelte Schadensdichte der untersuchten industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen erreicht ca. die 3 - fache Größe der öffentlichen Kanalnetze.
- Ein vordringlicher Sanierungsbedarf ergibt sich für etwa 30.000 km des industriellen und gewerblichen Kanalnetzes mit Sanierungskosten von 30 Mrd. DM.

Empfehlungen

- Einführung einer vereinfachten Schadensklassifizierung zur Einstufung der Prioritätsklasse 3: Langfristige Sanierung/kein Handlungsbedarf.
- Um eine dauerhafte Werterhaltung der Bauwerke abzusichern, sind in kontinuierlichen Zeitabständen Zustandserfassungen, Wartungs- und Sanierungsarbeiten durchzuführen. Gerade bei kleinen und mittelgroßen Betriebsstandorten wird hier noch ein gesteigerter Handlungsbedarf gesehen.

8 Abschätzung des Schadstoffeintrages undichter Kanäle in Boden und Grundwasser

Im vorliegenden Kapitel wird die Größenordnung der Schadstofffreisetzung aus undichten Kanälen abgeschätzt und die Auswirkungen auf Wasser und Boden bewertet. Ausgangspunkt sind angenommene Exfiltrationsraten und Abwasserbelastungen, die zu einem Schadstoffeintrag in den Untergrund führen. Es wird ermittelt, mit welchen Schadstoffanreicherungen im Untergrund zu rechnen ist. Für die Abschätzung werden vereinfachende Modellannahmen benutzt, da sich die Größe des Schadstoffeintrages bei undichten Kanälen im Einzelfall aufgrund der Vielzahl der Einflußgrößen nur schwer quantifizieren läßt. Über die Modellannahmen läßt sich die Größenordnung einer Boden- bzw. Grundwasserbelastung ermitteln.

Als wesentliche Kenngrößen für den Schadstoffeintrag werden die Exfiltrationsrate und Abwasserbelastung angesetzt. Für die Schadstoffanreicherung im Untergrund ist die Sorption verantwortlich. Dabei bestimmen die Eigenschaften des Untergrundes und der Schadstoff selbst, wie stark er jeweils im Boden sorbiert wird. Je stärker ein Schadstoff zurückgehalten wird, um so höher ist seine Anreicherung in der Untergrundmatrix. Schadstoffe mit einer hohen Sorption – wie nahezu alle Schwermetalle – findet man daher vor allem in der Bodenmatrix in der Nähe der Freisetzungstellen. Vor diesem Hintergrund erfolgte die Untersuchung auf freigesetzte Schadstoffe bei den Fallbeispielen vor allem in der unmittelbaren Nähe von Kanalschäden im Bereich der Rohrsohle (siehe Kapitel 9).

Im Untergrund kann es aufgrund der Sorption zu einer Schadstoffanreicherung kommen. Wasserinhaltsstoffe mit einem geringen Sorptionsvermögen breiten sich mit dem Grundwasser aus und werden mit zunehmender Transportentfernung verdünnt. Im Grundwasser wird man daher immer mit deutlich geringeren Belastungen als beim freigesetzten Abwasser rechnen können.

8.1 Exfiltrationsraten

Industrielle und gewerbliche Grundstücksentwässerungsleitungen haben im Mittel geringere Nennweiten als kommunale Abwassersammler. Im Mittel kann von Nennweiten von DN 200 und DN 300 ausgegangen werden (siehe Kapitel 6). Aussagen zu Exfiltrationsraten bei industriellen Grundstücksentwässerungsleitungen sollten sich vordringlich auf diese Rohrdurchmesser konzentrieren.

Die Exfiltrationsraten lassen sich bei defekten Abwasserkanälen schwer direkt im Bereich einer Schadensstelle quantifizieren. Wenn Informationen zu Verlustaten zu einem Abwassernetz vorliegen, so sind dies in der Regel Summenangaben über ganze Netzlängen oder Teilnetze. Die örtlichen Abwasserverluste, die durch einen Einzelschaden an der Kanalisation verursacht werden, lassen sich bei laufendem Betrieb einer Kanalisation nur schwer ermitteln. Daher wurden bei unterschiedlichen Forschungsvorhaben Versuche zur Ermittlung der Exfiltrationsraten durchgeführt.

In einem Verbundvorhaben des BMBF wurden von der RWTH Aachen [DO-99] Untersuchungen an ausgewählten Haltungen, einer Pilotanlage und an Teststrecken im Labor durchgeführt. Die folgende Tabelle 8 -1 gibt einen Einblick in die ermittelten

Exfiltrationsmengen bei Riß- und Scherbenbildung an ausgewählten Haltungen. Riß- und Scherbenbildung treten in den Schadensstatistiken häufig auf (siehe Kapitel 7) und es ist bei diesen Schäden mit hohen Exfiltrationsraten zu rechnen.

Aus Tabelle 8-1 ist zu entnehmen, daß unabhängig vom Schadensbild die Exfiltration signifikant zunimmt, wenn die Druckhöhe im Abwasserrohr deutlich über der Scheitelhöhe liegt. Wächst die Druckhöhe beispielsweise auf 3 m vervielfacht sich die Exfiltrationsrate von 170 l / h • m auf 2.700 l / h • m. Diese überhöhten Druckhöhen treten bei Schmutzwasserleitungen in der Regel selten auf, insofern sind die maximalen Freisetzungsraten nicht für einen kontinuierlichen Betrieb einer Abwasseranlage zu erwarten.

Weitere Exfiltrationsraten über Dichtheitsprüfungen an ausgewählten Schadensbildern ermittelte [UL-94]. Diese umfangreichen Dichtheitsprüfungen an defekten Abwasserkanälen ermöglichen Angaben, für welche Schäden mit umfangreichen Exfiltrationsraten zu rechnen ist. Die Untersuchungen wurden an Betonkanälen durchgeführt, die auf Beton in einem relativ dichten Festgestein ($k_f = 10^{-7}$ m/s) gelagert sind. Bei Vollfüllung der Haltungen wurden Verluste bis zu 150 l / h • m festgestellt. Bei Halbfüllung wurden nur noch durchschnittliche Wasserverluste bis zu 30 l / h • m in den Versuchen ermittelt. Die größten Verluste ergaben sich wie bei den Untersuchungen der RWTH Aachen bei Scherbenbildungen (Kürzel: RS).

Tabelle 8-1: Exfiltrationsraten bei Riß- und Scherbenbildung [DO-99]

Kürzel ATV M143	Zustands- klasse ATV M149	Beschreibung	Exfiltrations- rate [l/h • m]	Druckhöhe [m]
RL-O,L,R 50; 0,3	1	DN 450, Steinzeug: Längsriß im Scheitel und linken/rechten Kämpfer, 3 mm, Länge 0,5 m	171 2700	0,3 3,4
RS-O,L 0,2	1	DN 450, Steinzeug: Scherbenbildung im Scheitel/linker Kämpfer, 2 mm	48 1716	0,3 3,4
BSBO, RL-O,U 100; 0,2	1	DN 300, Beton: Fehlende Scherbe im Scheitel und Scheitel- und Sohlängsriß von 2 mm, Länge 1m	30,1 280	0,1 0,8
RS-U,R 0,2	1	DN 300, Beton: Scherbenbildung in Sohle und rechtem Kämpfer, 2 mm	24 1116	0,1 2,1
RS-L 100; 0,3	2	DN 300, Steinzeug: Längsriß im linken Kämpfer, 3 mm, Länge 1m	18 324	1,0 3,2
RS- 0,2	2	DN 300, Beton: Scherbenbildung über gesamten Rohrumfang von 2 mm	7,9 249	0,1 0,8
RS-O,L 0,1	2	DN 300, Beton: Scherbenbildung im Scheitel und am linken Kämpfer, Breite 1 mm	6,9 146	0,2 0,8

Tabelle 8-2 gibt einen Einblick in die Wasserverluste für unterschiedliche Schadensbilder. Entscheidend sind bei den Ergebnissen wiederum die Druckverhältnisse im Abwasserrohr. Insofern ergibt sich die Notwendigkeit für eine Sanierung vor allem für die Abwassersysteme, die hydraulisch überlastet sind. In der Regel liegen jedoch nur unzureichende Angaben über die hydraulische Auslastung einer Kanalisation vor. Hinzu kommt, daß sich die Ergebnisse von hydraulischen Berechnungen oft nicht realitätsnah sind.

Tabelle 8-2: Mittlere Wasserverluste aufgrund von Dichtheitsprüfungen [UL-94]

Kürzel ATV M 143	Schadensbild	Zustands- Klasse ATV M 149	Durchschnittliche Wasserverluste [l / h • m] bei		
			Halbfüllung	Vollfüllung	Überstau 3 m über Rohrscheitel
RS	Scherbe verformt	1	32,4	150	8106
RS	Scherbe unverformt	2	10,2	68,4	1758
SN	Stutzen mangelhaft ausgeführt, unten	2	27,6	82,8	810
RL	Längsriß Sohle/Scheitel > 2 – 5 mm	2	7,2	21	594
BC	Muffenausbruch	1	8,4	15	252
HP	Wurzeleinw. Muffenbereich > 10 mm	2	-	6	246
HP	Wurzeleinwuchs > 2 – 5 mm	3	-	1,8	125
HG	Einragende Muffendichtung	1	3	16,2	56
RQ	Querriß < 2 mm	3	0,0	0,0	12,6

Aufgrund der ermittelten Exfiltrationsraten wird für die folgenden Abschätzungen von einem kontinuierlichen Wasserverlust von 100 l / h • m ausgegangen. Dieser Wert wurde bei den untersuchten Schäden nur bei Scherbenbildung und bei Vollfüllung überschritten. In der Regel wird eine Schmutzwasserkanalisation nicht unter Vollfüllung dauerhaft betrieben. Insofern stellt die Verlustrate als Dauerverlustrate eine hohe Freisetzungsrate dar.

8.2 Abwasserbelastung

Die Anforderungen an die Einleitung von nicht häuslichem Abwasser in öffentliche Abwasseranlagen haben nach ATV Arbeitsblatt A 115 (Oktober 1992) auszugsweise in Tabelle 8-3 und Spalte 2 für Metalle sehr unterschiedliche Werte: vom µg/l bis mg/l Bereich. Kommunales Schmutzwasser [KOP-86] ist dagegen mindestens um den Faktor 10 geringer belastet. Die Einleitwerte stellen für eine Langzeitbetrachtung Maximalwerte für die Indirekteinleitung von industriellem und gewerblichem Abwasser in ein kommunales Abwassernetz dar. Innerhalb eines Betriebes können vor der Einleitung deutlich höhere Belastungen im Zulauf einer betriebseigenen Abwasservorbe-

handlung auftreten (s. Kapitel 5). In den folgenden Abschätzungen wird von den aufgeführten Grenzwerten für die Einleitung als mittleren Belastungswerten ausgegangen.

Tabelle 8-3: Belastungen von Abwasser mit Schwermetallen

Parameter	Kommunales Schmutzwasser nach Koppe [KOP-86]	Anforderungen Einleitung nach ATV A115	Maximalwerte Rohabwasser (s. Kapitel 5)
Arsen		0,5 mg/l	
Blei	0,1 mg/l	1 mg/l	
Cadmium	< 0,005 mg/l	0,5 mg/l	
Kupfer	0,15 mg/l	1 mg/l	200 mg/l
Nickel	0,04 mg/l	1 mg/l	200 mg/l
Quecksilber		0,05 mg/l	
Zink	0,1 – 1 mg/l	5 mg/l	200 mg/l

8.3 Sorption von Schadstoffen im Untergrund

Wesentlich für die Schadstoffanreicherung von Abwasserinhaltsstoffen im Boden sind die Sorptionsvorgänge im Untergrund. Bei der Sorption wird ein Anteil des im Abwasser gelösten Schadstoffs an der Bodenmatrix gebunden. Der einfachste Ansatz zur Beschreibung der Sorption stellt die lineare Adsorptionsisotherme dar. Danach besteht unabhängig von der Belastungshöhe eine Gleichgewichtskonzentration zwischen der Bodenbelastung und der Sickerwasserbelastung. Das bedeutet, daß die Maximalbelastung des Bodens von der Abwasserbelastung bestimmt wird und nicht von der freigesetzten Abwassermenge. Um die Schadensstelle bildet sich ein Anreicherungsgebiet mit einer Maximalkonzentration, der sich zeitlich mit zunehmendem Abwasseraustrag ausdehnt. Unter realen Bedingungen wird dies wahrscheinlich nicht so ausgeprägt sein, da die Abwasserbelastung und die Freisetzungsmenge nicht konstant sein werden. Hinzu kommt, daß die lineare Adsorptionsisotherme die Bodenbelastung überschätzt, da die Sorptionskapazität des Untergrundes begrenzt ist. Daher lassen sich realistischere Abschätzungen mit der Freundlich- bzw. Langmuir-Isotherme durchführen, bei denen eine Sättigungsbegrenzung berücksichtigt wird. Für die Anwendung solcher Ansätze fehlen jedoch die notwendigen Basisdaten.

Der Adsorptionsverteilungskoeffizient ist wie folgt definiert:

$$K_d = \frac{C_s}{C_w} \quad \begin{array}{l} [\text{mg/kg} / \text{mg/l}] \quad \text{bzw.} \quad [\text{l/kg}] \\ \text{mit } C_s = \text{Konzentration im Boden} \quad [\text{mg/kg}] \\ C_w = \text{Konzentration in der Flüssigkeit} \quad [\text{mg/l}] \end{array}$$

Die K_d - Werte lassen sich nach Literaturwerten abschätzen. Eine Zusammenstellung der Rechenschritte enthält die Dokumentation des UMS-Systems zur Altlastenbeurteilung [FR-97]. Für anorganische Verbindungen wird die Sorption besonders stark vom C_{org} - Gehalt und vom Tongehalt, sowie vom pH-Wert bestimmt. Für die abgeschätzten K_d - Werte werden ein Tongehalt T_c von 10% und ein C_{org} - Gehalt

von 5% angesetzt. Als pH-Wert wird ein mitteleuropäischer Boden mit Werten zwischen 5,0 und 6,5 berücksichtigt. Unter diesen Randbedingungen lassen sich die folgenden Adsorptionsverteilungskoeffizienten in Tabelle 8-4 ermitteln. Bei den ausgewählten Metallen handelt es sich um Verbindungen, die eine große Bandbreite bei der Untergrundsorption (zwischen $K_d = 10$ bis $K_d > 1.000$ l/kg) abdecken.

Aus dem K_d -Wert läßt sich ein Retardationswert bzw. Verzögerungsfaktor R_d ermitteln. Der Retardationsfaktor beschreibt die Verringerung der Schadstoffgeschwindigkeit gegenüber der Grundwassergeschwindigkeit. Er läßt sich wie folgt ermitteln:

$$\begin{aligned} R_d &= 1 + \rho S \cdot K_d / n \\ \rho S &= 1,8 \text{ [kg/l]} \text{ (Dichte Sediment)} \\ n &= 0.2 \text{ (effektive Porosität)} \end{aligned}$$

Unter der Annahme von konstanten Werten für ρS und n lassen sich die in Tabelle 8-4 genannten R_d -Werte ermitteln, die mit ansteigendem Sorptionsvermögen aufgelistet sind. Danach ist beispielsweise eine vergleichsweise geringe Sorption für Zinn und eine um den Faktor 10 höhere Sorption für im Abwasser gelöste Bleiverbindungen zu erwarten. Dies hat eine Retardation der Ausbreitung von ca. Faktor 100 zur Folge. Nach Tabelle 8-4 ist bei den metallischen Verbindungen immer mit signifikanten Stoffanreicherungen im Untergrund und Rückhaltefaktoren zu rechnen.

Tabelle 8-4: Sorptionsverteilungskoeffizienten K_d für anorganische Verbindungen

Stoff	K_d -Wert [l/kg]	R_d -Wert
Zinn	10	~ 100
Zink	20	~ 200
Cadmium	30	~ 300
Nickel	100	~ 900
Blei	100	~ 900
Quecksilber	200	1.800
Kupfer	200	1.800
Arsen	500	4.500
Chrom	5.000	45.000

Für organische Verbindungen wird die Sorption bei geringen Tongehalten (< 20 %) vor allem K_{oc} – Wert und vom C_{org} – Gehalt bestimmt. Nach den Ausführungen beim UMS-System [FR-97] gilt:

$$\begin{aligned} K_d &= K_{oc} \cdot C_{org} \% / 100 \quad \text{mit} \\ K_{oc} &= \text{Verteilungskoeffizient zwischen organ. Kohlenstoff und} \\ &\quad \text{Wasser (l/kg) bzw.} \\ K_{oc} &= K_{ow}^{0,86} \text{ (l/kg)} \\ K_{ow} &= \text{Octanol-Wasser-Verteilungskoeffizient} \\ C_{org} &= \text{organischer Kohlenstoffgehalt} \end{aligned}$$

Unter Berücksichtigung eines Tongehaltes < 20 % und eines C_{org} - Gehaltes von 5 % lassen sich die in Tabelle 8-5 für einzelne organische Verbindungen zusammengestellten K_d – Werte ermitteln. Auch hier sind die Verbindungen mit wachsendem Sorptionsvermögen aufgelistet. Vor allem die LCKW (z.B. Trichlorethen) und BTEX (z.B. Benzol) unterliegen nur einer geringen Sorption, d.h. bei Stofffreisetzungen in den Untergrund wird ein deutlich geringerer Anteil als bei den anorganischen Verbindungen im Untergrund zurückgehalten.

Schadstoffanreicherungen bei der Freisetzung über undichte Kanäle sind daher vor allem bei PAK zu erwarten. Deutlich wird aus der Tabelle 8-5 auch, warum DDT beispielsweise im Grundwasser bei Altlastenschadensfällen nicht nachweisbar ist.

Tabelle 8-5: Sorptionsverteilungskoeffizienten K_d für organische Verbindungen

Verbindung	Koc	Kd-Wert [l/kg]	Rd
Phenol	3	0,15	~ 2
Dichlormethan	10,1	0,5	~ 6
1,2-Dichlorethan	16	0,8	8
Cis-1,2-Dichlorethan	23/82	1,1 / 4,1	11 / 38
Benzol	48	2,4	23
Trichlorethen	66	3,3	31
Toluol	107	5,4	50
Ethylbenzol	239	12,0	110
Tetrachlorethen	273	13,6	123
Phenanthren	7.665	383	3.450
Fluoranthren	23.950	1.298	11.680
Anthracen	70.193	3.510	31.590
DDT	408.631	20.432	183.900

Bei einer Abwasserexfiltration erfolgt der Schadstofftransport an der Rohrsohle zunächst in die ungesättigte Bodenzone. Der Sickerwassertransport in der ungesättigten Bodenzone hängt vom nutzbaren Porenraum und vom Haftwasseranteil ab. Dadurch wird örtlich ein Wechsel zwischen Schadstofftransport und Schadstoffanreicherung verursacht. Vernachlässigt man diese Effekte, so ergeben sich Maximalwerte, die sich analog in der wassergesättigten Bodenzone einstellen.

8.4 Abschätzung der Schadstoffanreicherung im Untergrund

Das Prinzipbild in Abbildung 8.1 zeigt vereinfacht eine Bodenbelastung im Bereich einer Freisetzungsstelle. Dabei spielt die Form der Schadstoffanreicherung eine untergeordnete Rolle und wird im wesentlichen durch die örtlichen Bedingungen, z.B. den Aufbau des Leitungsgrabens oder die Lagerungsbedingungen der Rohrsohle bestimmt.

Für die Abschätzung gelten folgende Annahmen:

- Es erfolgt ein kontinuierlicher Schadstoffeintrag in den Untergrund mit einem konstanten mittleren Wasserverlust und einer konstanten mittleren Schadstoffkonzentration.
- Es gilt die lineare Adsorptionsisotherme, d.h. es ergibt sich eine Gleichgewichtskonzentration zwischen der Bodenanreicherung und der Sickerwasserbelastung.
- Mit der linearen Adsorptionsisotherme läßt sich eine maximale Bodenbelastung abschätzen, die eine Überschätzung der Schadstoffbelastung beinhaltet. Durch einen Vergleich mit den Prüfwerten der Bodenschutzverordnung wird deutlich, für welche Abwasserbelastungen am ehesten mit signifikanten Belastungen des Untergrundes zu rechnen ist.
- Bei Ermittlung der K_d -Werte werden Untergrundbedingungen berücksichtigt, die eine gute Sorption erwarten lassen

Die maximale Anreicherung von Schadstoffen ist unabhängig von der Versickerungsgeschwindigkeit und der Leckagemenge. Die ermittelten Werte stellen jedoch eine Überschätzung der Schadstoffanreicherung dar, da eine vollständige Sättigung des gesamten Untergrundes bei der Abwasserversickerung unterstellt wird. Tatsächlich erfolgt die Abwasserversickerung in der ungesättigten Bodenzone bei einer Leckagestelle bei einem geringeren Wassergehalt.

Beispiel Nickel:

Für Nickel läßt sich für die Sorption ein K_d -Wert = 100 l/kg abschätzen. Bei einer Freisetzung von belastetem Abwasser mit einer Konzentration C_w = 1 mg/l ergibt

sich folgende

$$\text{maximale Belastung Boden} \quad C_s = K_d \bullet C_w \quad = 100 \text{ mg/kg}$$

Dieser Wert unterschreitet den Prüfwert für Boden von 900 mg/kg (für Nutzung bei Industrie- und Gewerbegebiet) der Bodenschutzverordnung deutlich. Für Nickel ist ein Überschreiten des Prüfwerts erst bei Abwasserbelastungen > 5 mg/l zu erwarten.

Bei einer Leckrate von 100 l / h • m ergibt sich pro Jahr folgender

$$\text{kontaminierter Boden} = 8.760 \text{ kg/a} \bullet \text{m}$$

bzw. bei einer Dichte von 1,8 kg/l = 4.867 Liter = 4,87 m³

Die ermittelten Werte zeigen für Nickel, daß bei einer konservativen Abschätzung die maximale Bodenbelastung geringer als der Prüfwert ist. Der Wert der Abfallklär-schlammverordnung (AbfKlärV) [AKV-92] wird jedoch überschritten.

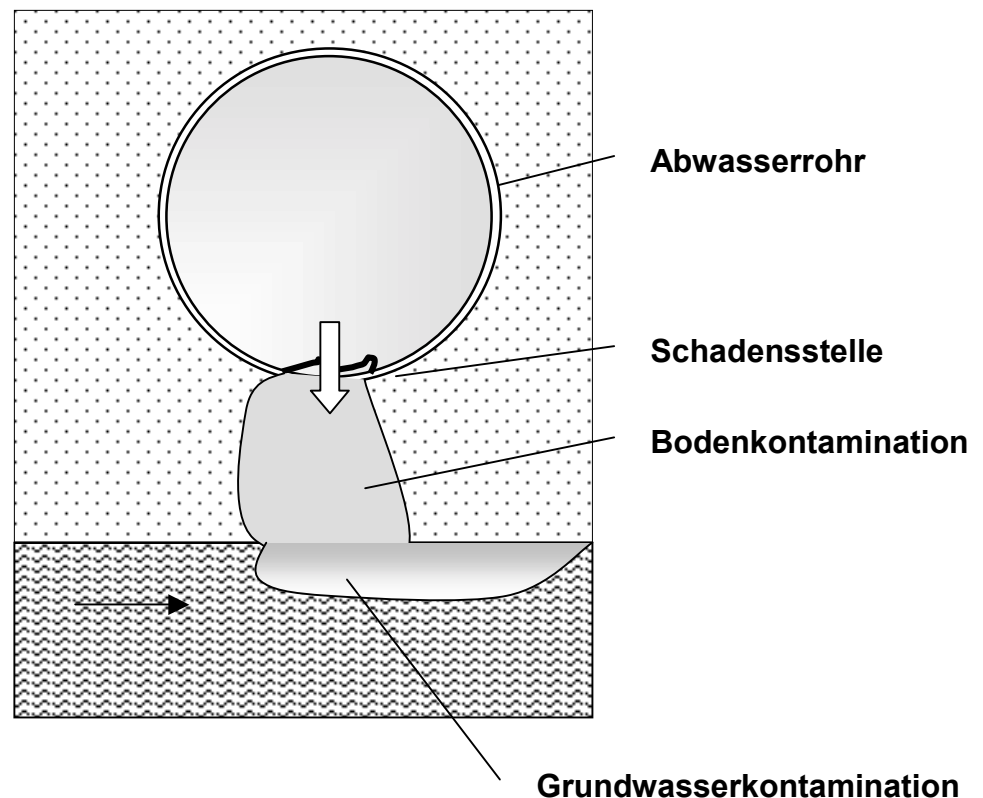


Abbildung 8.1: Prinzipskizze Schadstofffreisetzung und Schadstoffanreicherung

Beispiel Arsen:

Für Arsen wurden für $K_d = 500 \text{ l/kg}$ abgeschätzt. Mit einer Freisetzung von belastetem Abwasser mit einer Konzentration $C_w = 0,5 \text{ mg/l}$ ergibt sich folgende

$$\text{maximale Belastung Boden} \quad C_s = K_d \bullet C_w = 250 \text{ mg/kg}$$

Dieser Wert unterschreitet den Prüfwert für Boden von 140 mg/kg (für Nutzung bei Industrie- und Gewerbegebiet) der Bodenschutzverordnung.

Bei einer Leckrate von $100 \text{ l/h} \bullet \text{m}$ ergibt sich pro Jahr folgender

$$\begin{aligned} \text{kontaminierter Boden} &= 1.752 \text{ kg/a} \bullet \text{m} \\ \text{bzw. bei einer Dichte von } 1,8 \text{ kg/l} &= 973 \text{ Liter} = 0,97 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Für Arsen überschreitet der ermittelte maximale Belastungswert den Prüfwert Boden. Eine Sanierung dieser Bodenkontamination wäre von der Größenordnung des belasteten Bodenvolumens her nicht verhältnismäßig.

In Tabelle 8-6 sind maximale Bodenbelastungen bei unterschiedlichen Abwasserkonzentrationen für ausgewählte Schwermetalle zusammengestellt. Bei einer Abwasserbelastung von $0,1 \text{ mg/l}$ ergeben sich für alle der aufgeführten Metalle Schad-

stoffanreicherungen, die unterhalb der Prüfwerte der Bodenschutzverordnung für Industrie- und Gewerbegrundstücke liegen. Die Überschreitungen der Prüfwerte sind in der Tabelle 8-6 grau hinterlegt.

Bei Blei müsste z.B. die Belastung des versickernden Abwassers 10 mg/l überschreiten, um zu einer Bodenbelastung über dem Prüfwert der BBodSchV zu gelangen. Überschreitungen sind eher bei Freisetzungen von Arsen und Quecksilber zu erwarten.

Tabelle 8-6: Abschätzung der maximalen Bodenbelastung für ausgewählte Metalle

	Cadmium (Cd)	Blei (Pb)	Arsen (As)
Sorption	Kd = 30 l/kg	Kd = 100 l/kg	Kd = 500 l/kg
Prüfwert Boden/Industrie BBodSchV	60 mg/kg TM	2.000 mg/kg TM	140 mg/kg TM
Prüfwert Sickerwasser BBodSchV	5 µg/l	25 µg/l	10 µg/l
Grenzwert AbfKlärV	1,5 mg/kg	100 mg/kg	-
Abwasserbelastung	Bodenbelastung	Bodenbelastung	Bodenbelastung
0,1 mg/l	3 mg/kg	10 mg/kg	50 mg/kg
1	30	100	500
5	150	500	2.500
10	300	1.000	5.000
50	1.500	5.000	25.000

	Chrom (Cr)	Nickel (Ni)	Quecksilber (Hg)
Sorption	Kd = 5.000 l/kg	Kd = 100 l/kg	Kd = 200 l/kg
Prüfwert Boden/Industrie BBodSchV	1.000 mg/kg TM	900 mg/kg TM	80 mg/kg TM
Prüfwert Sickerwasser BBodSchV	50 µg/l	50 µg/l	1 µg/l
Grenzwert AbfKlärV	100 mg/kg	50 mg/kg	1 mg/kg
Abwasserbelastung	Bodenbelastung	Bodenbelastung	Bodenbelastung
0,1 mg/l	500 mg/kg	10 mg/kg	20 mg/kg
1	5.000	100	200
5	25.000	500	1.000
10	50.000	1.000	5.000
50	250.000	5.000	25.000

8.5 Abschätzung der Grundwasserbelastung durch Schadstofffreisetzungen

Für vereinfachte Randbedingungen läßt sich auch die mögliche Belastung des Grundwassers nach einer Stofffreisetzung aus einer undichten Kanalisation abschätzen. Bei dieser Abschätzung werden der Stofftransport und die Rückhaltevorgänge in der ungesättigten Bodenzone – also von der Freisetzungsstelle bis zum Grundwasserspiegel – vernachlässigt. Es wird ein kontinuierlicher Schadstoffeintrag in einen gering mächtigen Aquifer mit einer parallelen Grundwasserströmung angesetzt. Die folgende Abbildung 8.2 stellt die wesentlichen Randbedingungen dar. Es handelt sich um ein ebenes 2-dimensionales Problem, bei dem die Stoffausbreitung in vertikaler Richtung vernachlässigt wird bzw. eine vollständige Vermischung über die Mächtigkeit des Aquifers an der Eintragsstelle unterstellt wird.

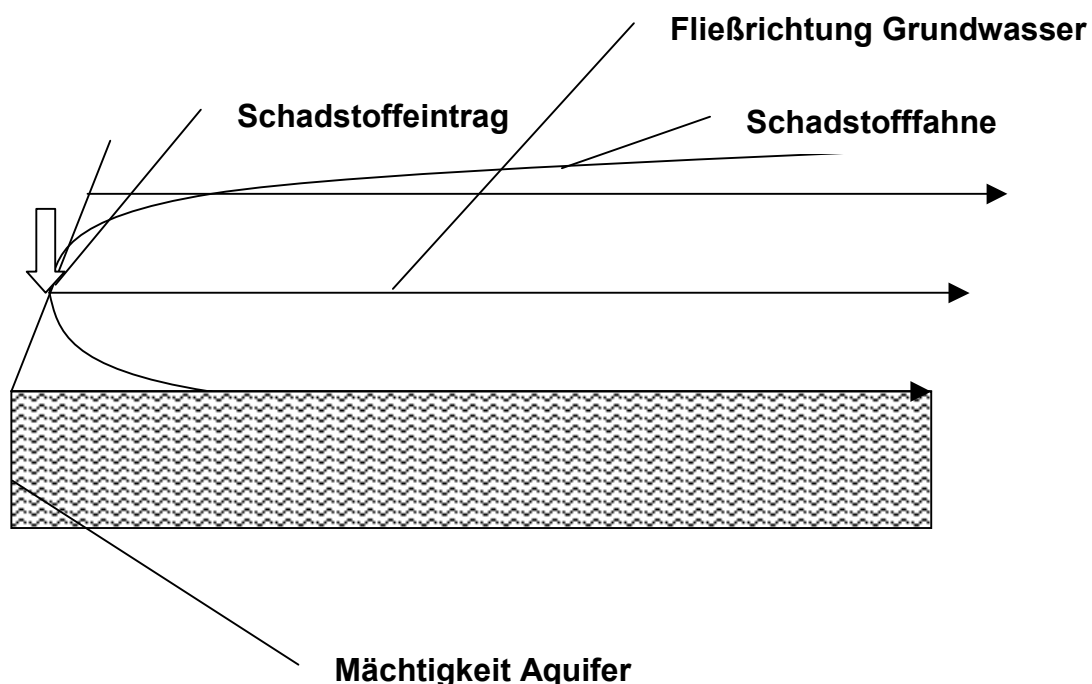


Abbildung 8.2: Schematische Darstellung der Schadstoffausbreitung

Nach Kinzelbach [KI-87] gilt für die permanente Stoffinjektion am Ort $(x=0, y=0)$ zur Zeit $t=0$ in die zur x -Achse parallele Grundströmung folgende analytische Lösung:

$$C(x, y, t) = A \cdot \exp B \cdot \operatorname{erfc} C \quad (\exp B = e^B ; \operatorname{erfc} = \text{Errorfunktion})$$

$$A = M_p / (4 \cdot n \cdot m \cdot u \sqrt{(\pi \cdot \alpha T)})$$

$$B = ((x - r' \cdot \gamma) / 2 \alpha L) \cdot 1 / \sqrt{(r' \cdot \gamma)}$$

$$C = (r' - u \cdot t \cdot \gamma / Rd) / 2 \sqrt{(\alpha L \cdot u \cdot t / Rd)}$$

$$\text{mit } \gamma = \sqrt{(1 + (4 \cdot \alpha_T \cdot \lambda \cdot R_d / u))}$$

$$r' = \sqrt{(x^2 + (\alpha_L / \alpha_T \cdot y^2))}$$

Unter Berücksichtigung der folgenden Eingabedaten wird die Grundwasserbelastung in 100 m Entfernung von der Freisetzungsstelle berechnet. Zunächst werden die Konzentrationen für einen Stoff (Beispiel: Phenol) mit einem geringen Retardationsfaktor ermittelt. Nicht in Rechnung gestellt wird ein möglicher Abbau bzw. Zerfall des freigesetzten Stoffes im Aquifer.

Mp	=	2,4 g/d (Quellstärke) bei 100 l / h • m und cw = 1 mg/l
n	=	0,2 (effektive Porosität)
m	=	10 m (Aquifermächtigkeit)
u	=	1 m/d (Abstandsgeschwindigkeit Grundwasser)
α_L	=	5 m (longitudinale Dispersivität)
α_T	=	0,5 m (transversale Dispersivität)
Rd	=	2 (Retardationsfaktor für Phenol)
λ	=	0 1/d (keine Abbaurate bzw. kein Zerfall)
x	=	100 m (Entfernung von Freisetzungsstelle)
y	=	0 m (auf Hauptstromlinie)
t	=	t1:100 d, t2:1.000 d, t3:10.000 d

Die analytische Lösung ergibt für die aufgeführten Parameter und für die Zeiten t1; t2; t3 folgende Konzentrationen:

C1	=	$6,1 \cdot 10^{-4}$ mg/l
C2	=	$4,8 \cdot 10^{-2}$ mg/l
C3	=	$4,8 \cdot 10^{-2}$ mg/l

Die ermittelten Grundwasserbelastungen werden im Beispiel für drei Zeitpunkte ermittelt. Deutlich ist zu sehen, daß nach 100 Tagen die maximale Schadstoffkonzentration noch nicht erreicht ist. Erst nach etwa 2 Jahren wird die Maximalbelastung erreicht, die aufgrund der angesetzten stationären Quellrate dann für die Folgezeit beim Beobachtungspunkt konstant bleibt.

Tabelle 8-7 zeigt die ermittelte Grundwasserbelastung bei gleicher Freisetzungsrate für unterschiedliche Sorptionswerte. Bei einem Stoff mit geringer Sorption (Beispiel Phenol) wird die Maximalkonzentration innerhalb weniger Jahre erreicht. Bei einer erhöhten Sorption, wie bei Zinn, verzögert sich das Eintreffen der Maximalkonzentration um mehrere Jahrzehnte.

Tabelle 8-7: Grundwasserbelastungen in Abhängigkeit von der Sorption (im Abstand 100 m von Freisetzungsstelle)

Konzentrationen z.B. für	Rd = 2	Rd = 10	Rd = 100	Rd = 1.000
	Phenol	1,2-Dichlorethan	Zinn	Nickel, Blei
Prüfwert Sickerwasser BbodSchV	$2 \cdot 10^{-2}$ mg/l	$1 \cdot 10^{-2}$ mg/l	$4,0 \cdot 10^{-2}$ mg/l	Blei: $2,5 \cdot 10^{-2}$ mg/l Nickel: $5 \cdot 10^{-2}$ mg/l
t1 = 100 d	$6,1 \cdot 10^{-4}$ mg/l	0	0	0
t2 = 1.000 d (2,7 a)	$4,8 \cdot 10^{-2}$ mg/l	$2,4 \cdot 10^{-2}$ mg/l	0	0
t3 = 10.000 d (27 a)	$4,8 \cdot 10^{-2}$ mg/l	$4,8 \cdot 10^{-2}$ mg/l	$2,4 \cdot 10^{-2}$ mg/l	0

Für Rd-Werte > 100 ist somit in 100 m Entfernung von der Freisetzungsstelle dann nicht mehr mit signifikanten Grundwasserbelastungen zu rechnen. Daraus ist ableitbar, daß bei einem Inspektionsintervall von 10 Jahren bei einem Schadensfall mit ausreichender Sicherheit eine signifikante Ausbreitung von freigesetzten Schwermetallen nicht zu besorgen ist.

Bei den angesetzten Parametern ergibt sich eine Maximalkonzentration, die in seiner Größenordnung im Bereich der Prüfwerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung [BBSV-99] für den Wirkungspfad Boden - Grundwasser liegen.

In Tabelle 8-8 wird der Einfluß des Abbaus auf die Maximalbelastung für Stoffe mit geringer Sorption gezeigt. Sowohl Phenole als auch 1,2 Dichlorethan sind biologisch abbaubar. Der Abbau läßt sich über eine Abbaurate darstellen. Als Abbaukonstanten wurde jeweils $\lambda = 0.01$ (1/d) und $\lambda = 0.001$ (1/d) angesetzt. Bei einem schnellem Abbau (Abbaurate: 1/100 d) verringern sich die ermittelten Konzentrationen deutlich. Bei einer Abbaurate von 1/1.000 d ergeben sich maximale Belastungswerte, die noch in der Größenordnung der Belastungen ohne Abbau liegen.

Aus der Abschätzung läßt sich schließen, daß der Schadstoffabbau von organischen Verbindungen im Untergrund sich signifikant nur bei hohen Abbauraten auswirkt, die vor allem in der ungesättigten Bodenzone weniger im eigentlichen Grundwasserleiter zu erwarten sind.

Tabelle 8-8: Grundwasserbelastungen in Abhängigkeit von der Sorption und vom Schadstoffabbau (im Abstand 100 m von Freisetzungsstelle)

	Rd = 2 (Phenol)		Rd = 10 (1,2-Dichlorethan)	
	$\lambda = 1/100$ d	$\lambda = 1/1.000$ d	$\lambda = 1/100$ d	$\lambda = 1/1.000$ d
t1 = 100 d	$2,4 \cdot 10^{-4}$ mg/l	$5,5 \cdot 10^{-5}$ mg/l	0	0
t2 = 1.000 d (2,7 a)	$7,0 \cdot 10^{-3}$ mg/l	$3,9 \cdot 10^{-2}$ mg/l	$2,4 \cdot 10^{-5}$ mg/l	$1,1 \cdot 10^{-2}$ mg/l
t3 = 10.000 d (27 a)	$7,0 \cdot 10^{-3}$ mg/l	$3,9 \cdot 10^{-2}$ mg/l	$2,4 \cdot 10^{-5}$ mg/l	$1,7 \cdot 10^{-2}$ mg/l

8.6 Fazit zur Belastungsabschätzung

Ergebnisse

Insgesamt zeigen die Abschätzungen, daß bei den angesetzten Abwasserfreisetzungen und Abwasserbelastungen nur geringe Belastungen bei Boden und Grundwasser zu erwarten sind.

Boden

- Nur bei hohen Abwasserbelastungen sind auch hohe Bodenbelastungen zu erwarten, soweit die Inhaltsstoffe einen hohen K_d -Wert besitzen.
- Bei niedrigen K_d -Werten ($< 10 \text{ l/kg}$) sind wegen der geringen Anreicherung im Boden keine signifikanten Bodenbelastungen zu erwarten; in diesen Fällen sind die Grundwasserbelastungen relevant.
- Die Prüfwerte nach BBodSchV geben Hinweise, welche Schadstoffe bei einer Bodenkontamination vor dem Hintergrund der Verhältnismäßigkeit für eine Sanierung relevant sind.

Grundwasser

- Signifikante Grundwasserbelastungen sind bei Freisetzungen aus einer undichten Kanalisation bei erhöhten K_d -Werten ($> 10 \text{ l/kg}$) nur in unmittelbarer Nähe der Schadensstelle zu erwarten.
- Grundwasserbelastungen im Bereich der Prüfwerte sind bei Abwasserbelastungen von 1 mg/l und niedrigen K_d -Werten ($< 10 \text{ l/kg}$) zu erwarten.
- Der Schadstoffabbau von organischen Verbindungen wirkt sich signifikant auf die Grundwasserbelastung nur bei hohen Abbauraten aus.

9 Fallbeispiele

Mit den ausgewählten Untersuchungsbeispielen werden Auswirkungen von Abwasserexfiltrationen auf Boden und Grundwasser unter unterschiedlichen Bedingungen betrachtet. Anhand der empirischen Befunde sind die Ergebnisse der Kapitel 4 bis 8 zu überprüfen und ggf. weitergehend zu differenzieren. In Tabelle 9-1 sind die Beispiele den Wirtschaftszweigen bzw. Anhängen der AbwV zugeordnet und im Überblick dargestellt.

Tabelle 9-1: Fallbeispiele – Überblick

AbwV Anhang / VwV	Anzahl	Abwasserherkunftsbereich	Abw.-Mengenklasse	Abw.-Beschaffenheitsklasse	Schadensarten (ATV M143)	Zustandsklassen (ATV M149)
II Chemische Industrie, Kokerei						
22	1	Mischabwasser (anorganisch)	3	3	R	3
36 / 45	1	Herstellung von Kohlenwasserstoffen / Erdölverarbeitung (Raffinerien)	3	3	B	0
IV Metallerzeugung, Metallbe- und -verarbeitung, Herstellung von elektronischen Bauelementen						
40	1	Metallbearbeitung, Metallverarbeitung	1	2	R	3
VI Textil- und Ledergerber						
38	1	Textilherstellung, Textilveredelung	2	2	B	0
VIII Dienstleistungen						
49	5	Mineralöhlhaltiges Abwasser	1	2	B, U, R, H, L	1, 2, 3, 4
IX Sonstige						
31	1	Wasseraufbereitung, Kühlsysteme, Dampferzeugung	1	1	B	1

Die zehn untersuchten Fallbeispiele gehören den Wirtschaftszweigen II: Chemische Industrie, Kokerei, IV: Metallerzeugung, Metallbe- und -verarbeitung, VI: Textil- und Ledergerber, VIII: Dienstleistungen und IX: Sonstige an. Dementsprechend repräsentieren sie Branchen der Abwassermengen- und Abwassergüteklassen 3 bis 1. Die Kriterien Kanalbauwerk und Untergrundverhältnisse werden mit Kanalschäden der Zustandsklassen 0 bis 4 sowohl bei gut als auch bei gering durchlässigen Sedimenten abgedeckt. Im Kapitel 9.2 sind die Fallbeispiele in einer Kurzform dokumentiert, eine ausführliche Darstellung enthält die Anlage 9 (Dokumentation der Fallbeispiele).

9.1 Untersuchungen

Als Bewertungsbasis wurde im ersten Schritt ein Gesamtbild der Betriebsstandorte erstellt. Neben den Untersuchungskriterien waren daher auch jene Daten bedeutungsvoll, mit denen die geogenen oder standortspezifischen Verhältnisse (u. a. Hintergrundwerte) beschrieben werden. Im einzelnen handelt es sich um folgende Schwerpunkte:

Abwasser

- Branche des Betriebes/der Betriebsstätte
- Kurze Historie des Betriebes
- Abwasserbeschaffenheit
- Abwassermengen

Kanalbauwerk

- Misch- oder Prozeßabwasserkanalisation
- Alter
- Material und Durchmesser
- Bautechnischer Zustand der zu betrachtenden Teilstrecke

Untergrund / Grundwasser

- Durchlässigkeitsverhältnisse
- Grundwasserstand
- Altlastenverdachtsflächen auf / im Umfeld des Betriebsgeländes

Probenahmen

Die horizontale Verteilung der Probenahmepositionen entlang des Kanals richtete sich nach Art und Schwere der Schäden. So konnte die Nachweisführung gezielt auf die Messung der von Abwasserexfiltrationen ausgehenden Wirkungen abgestimmt werden. Grundlagen der Planungen waren Kamerabefahrungen oder Befahrungsprotokolle, die den bautechnischen Zustand des relevanten Kanalabschnittes dokumentierten. Die Einzelschäden wurden nach Art, Schwere und Lage im Rohrquerschnitt differenziert und entsprechend der Nomenklatur des ATV-Merkblattes M 143, Teil 2 benannt. Mit den im ATV-Merkblatt M 149 vorgegebenen fünf Zustandsklassen (0, 1, 2, 3, 4) wurde die Schadensschwere umschrieben.

Mit den Untersuchungen wurden sowohl leichte als auch schwere Schäden berücksichtigt. Ausgesucht wurden bevorzugt bautechnische Mängel, an denen mit Exfiltrationen gerechnet werden kann. Sie lagen deshalb primär in der Rohrsohle evtl. noch im Kämpfer. Von im Rohrscheitel gelegenen Schäden gehen erfahrungsgemäß keine oder nur untergeordnet Einflüsse auf die Umwelt aus. Dies bestätigten bereits vorliegende Untersuchungsergebnisse [HA-96]. Weiterhin mußten die durch Abwässer hervorgerufenen Stoffkonzentrationen im Sediment gegenüber den geogenen oder standortspezifischen Hintergrundwerten abgrenzbar sein. Für die Bewertung der Exfiltrationen waren daher die vertikalen Konzentrationsverhältnisse von Abwasserinhaltsstoffen unterhalb des Kanals differenziert zu betrachten. An jeder horizontalen Entnahmeposition wurden Sedimentproben aus mindestens drei definierten Teufenabschnitten entnommen. Die Entnahmetiefen der Proben wurden so festgelegt, daß durch die Untergrundpassage hervorgerufene Konzentrationsveränderungen der Stoffe im Sediment ermittelt werden konnten.

Bisherige Untersuchungen [HA-96] und im Kapitel 8 vorgenommene Abschätzungen bestätigten, daß mit Abwasser versickernde Stoffe überwiegend im Kontaktbereich Abwasser - Schaden - Sediment am stärksten zurückgehalten werden. Deutliche Meßwertunterschiede gegenüber unbeeinflussten Proben sind daher besonders in der unmittelbaren Schadensumgebung zu erwarten. Mit zunehmendem Abstand gehen die Befunde deutlich zurück. Basierend auf einem Teufenabschnitt von bis zu 100 cm unterhalb der Rohrsohle können die wesentlichen Konzentrationsunterschiede erfaßt werden. Unterhalb der Rohre wurden daher in der Regel Profilabschnitte von 0 - 10 cm und 10 - 20 cm beprobt. Der folgende Teufenabschnitt von 20 cm bis maximal 100 cm, aus dem der tiefergehende Transport von Abwasserinhaltsstoffen abgeleitet werden kann, wurde nicht weiter differenziert, sondern als Mischprobe zusammengefaßt.

In neun der zehn Fälle standen offene Kanalbaustellen für die Untersuchungen nicht zur Verfügung. Hier wurden Sondierbohrungen seitlich der Kanaltrasse - aber noch innerhalb des Leitungsgrabens - niedergebracht und die Sedimentproben aus den entsprechenden Teufenabschnitten entnommen. Pro Fallbeispiel wurden zwischen einem und vier Schäden untersucht mit insgesamt 24 Sondierbohrungen. An einem Fallbeispiel konnten Proben aus der offenen Baugrube per Handschachtung sowie mittels Bohrstock entnommen werden. Insgesamt wurden an den 10 Untersuchungsbeispielen 109 Bodenproben gewonnen. Davon wurden 88 für chemische Analysen ausgewählt.

Aufnahme der Bohrbefunde

Mit Aufschlußbohrungen gewonnene Bohrbefunde wurden gemäß DIN 4022 protokolliert. Aufgenommen wurden mindestens folgende Parameter:

- Bodenart, Feuchte, Beschaffenheit
- Farbe, Geruch
- ggf. Grundwasseranschnitte, Ruhewasserstände sowie Farbe und Geruch des Wassers.

In die Schichtenverzeichnisse waren darüber hinaus die Entnahmetiefen der vom Sediment/Füllmaterial entnommenen Proben einzutragen sowie der Durchmesser und die Lage des Kanalrohres zur Geländeoberkante zu dokumentieren.

Analysenparameter

Die Analysenparameter richteten sich primär nach der Abwasserbeschaffenheitsklasse, dem die Branche des Unternehmens / der Betriebsstätte im Einzugsgebiet des untersuchten Kanalabschnittes zugeordnet worden war (s. Kapitel 5.4). Entsprechend der Beschaffenheitsklasse 3, waren vorwiegend die Parameter AOX / EOX und BTEX bedeutungsvoll. Bei Abwasser der Beschaffenheitsklasse 2 standen Schwermetalle und MKW im Mittelpunkt. Das Spektrum der Untersuchungsparameter wurde aber generell größer gewählt. Mit dem Gruppenparameter TOC - der fast immer bestimmt wurde - sollten Hinweise auf den organischen Kohlenstoffgehalt des (abwasserbeeinflussten) Sedimentes gewonnen werden. Darüber hinaus wurden abhängig von der untersuchten Branche Cyanid, Fluorid, Arsen, Barium, Zinn und PAK (EPA) analysiert. Anhand der gewonnenen Daten war zu überprüfen, ob die vorgeschlagenen Untersuchungsparameter als Leitparameter für Untersuchungen an schadhaften Kanälen (Kapitel 5.4, Tabelle 5-2 und 5-6) nutzbar sind.

Auswertung

Anhand der ermittelten Ergebnisse war ein Gesamtbild auszuarbeiten, aus dem der Nachweis und die Auswirkungen von Abwasserexfiltrationen unter typischen Randbedingungen und insbesondere die Einflüsse der Schadenarten und -klassen deutlich wurden. Zu unterscheiden sind die

- Exfiltrationsnachweise: Schadens-, Branchenbezug
- Leitparameter: Eignung zum Exfiltrationsnachweis
- Umweltrelevanz: Bewertung der Schadstoffgehalte

Exfiltrationsnachweise

Der Nachweisführung liegt zugrunde, daß Abwasserexfiltrationen die geogenen oder standortspezifischen Hintergrundwerte verändern. Es wurde daher geprüft, ob Exfiltrationen aus bautechnischen Mängeln der Abwasserkanalisationen im Auflagerbereich unmittelbar unterhalb der Rohrsohle zu höheren Meßwerten für Abwasserinhaltsstoffe führten, als in Vergleichsproben oder in Proben aus größeren Teufen. Dies dürfte besonders für gut an der Bodenmatrix sorbierbare Substanzen - also für Stoffe mit einem vergleichsweise hohen K_d -Wert von $> 10 \text{ l/kg}$ - gelten (s. Kapitel 8).

Damit die auf Abwasser zurückgehenden Einflüsse sicher gegenüber den Vergleichswerten abgegrenzt werden konnten, wurden gemäß [HA-96] im allgemeinen folgende Abweichungen der Meßwerte als Faktoren $f > \text{Referenzwert}$ zugrunde gelegt und definiert als:

$f < 2$	Schaden nicht nachweisbar
$2 \leq f < 4$	Schaden nachweisbar
$f \geq 4$	Schaden deutlich nachweisbar

Dieser Klassifizierung liegt ein umfangreicher Datenbestand zugrunde. Sie berücksichtigt u. a. die natürliche Streuung der Hintergrundwerte.

MKW mußte wegen der breiten Anwendung auf industriell / gewerbliche Standorte davon abweichend eingeschätzt werden. Abgeleitet aus dem Spektrum der Meßwerte wurden die Klassengrenzen wie folgt festgelegt und definiert ($x = \text{MKW-Meßwert (mg/kg)}$):

$x \leq 100 \text{ mg/kg}$	Schaden nicht nachweisbar
$100 \text{ mg/kg} < x \leq 400 \text{ mg/kg}$	Schaden nachweisbar
$x > 400 \text{ mg/kg}$	Schaden deutlich nachweisbar

Leitparameter

Aus den Ergebnissen der schadensbezogenen Auswertungen resultierten jene Parameter, die Abwasserexfiltrationen bestätigten. Für jedes Fallbeispiel und für jede Abwasserbeschaffenheitsklasse war zu prüfen, ob diese mit den im Kapitel 5 (Tabelle 5-2) vorgeschlagenen Leitparametern übereinstimmten oder ob sich Änderungen ergaben.

Umweltrelevanz

Die Einflüsse von Abwasserexfiltrationen auf das Schutzgut Boden wurden anhand der absoluten Meßwerte für jene Parameter eingeschätzt, die Exfiltrationen bestätigten. Weil es sich fast ausschließlich um Feststoffanalysen handelte, wurden die Vergleichswerte für die Schwermetalle dem Anhang 2, Tabelle 1.4 (Wirkungspfad Boden -Mensch) der BBodSchV entnommen. Für die im Bodenfeststoff analysierten Parameter MKW und BTEX bietet die BBodSchV keine Bewertungsgrundlage. Es wurde daher auf die "Orientierungswerte für Bodenbelastungen" der [LAWA-94] zurückgegriffen. Weitergehend waren die Abschätzungen zum Schadstoffeintrag im Kapitel 8 einzubeziehen.

9.2 Dokumentation

9.2.1 Fallbeispiel 1 - Lager- und Umschlagfläche für Kraftstoffe (AbwV, Anhang 49)

Standort

Auf der Betriebsfläche fiel Abwasser ausschließlich bei Niederschlagsereignissen an. Tropf- und Umgangsverluste von Benzin und Dieselkraftstoff wurden mit dem Niederschlagswasser von der versiegelten Geländeoberfläche abgespült und über eine Kanalisation abgeleitet. Die Abwässer konnten dementsprechend MKW und BTEX enthalten. Gemäß AbwV war die Betriebsfläche dem Anhang 49: "Mineralölhaltiges Abwasser" zuzuordnen. Bei der Entwässerungsleitung handelte es sich um einen Betonkanal DN 250, der diverse bautechnische Mängel aufwies. Insgesamt wurden vier Schäden untersucht, die den Zustandsklassen 1 und 4 zugeordnet werden konnten. Darunter zwei "axiale und vertikale Lageabweichungen" (LL-- 1 cm; LVBU 5 cm), eine "undichte Muffe mit eindringendem Wasser im linken Kämpfer" (UCEL) und eine "überstehende Dichtung im Rohrscheitel" (HG-O 6 cm). In der Tabelle 9-2 sind die Schadensarten den Zustandsklassen gegenüber gestellt.

Die Leitungszone und den natürlichen Untergrund bildeten überwiegend gering durchlässige Sedimente aus sandig, tonigen Schluffen. In den entnommenen Bodenproben wurden die Parameter TOC, MKW und BTEX im Feststoffaufschluß analysiert.

Untersuchungsergebnisse

Auf exfiltriertes Abwasser zurückzuführende, relativ höhere Meßwerte im Untergrund wurden für den Parameter MKW belegt. Parallel erhöhten sich leicht die TOC-Gehalte. Die Befunde für BTEX unterschritten generell die Nachweisgrenzen.

Einflüsse durch exfiltriertes Abwasser lagen an zwei der vier untersuchten Bauwerkschäden vor. Eingetragen wurden die Umgangsstoffe besonders am Schaden "undichte Muffe mit eindringendem Wasser im linken Kämpfer" (UCEL) der Zustandsklasse 1. Hier war der MKW-Meßwert unmittelbar unterhalb der Rohrsohle mit 2.800 mg/kg deutlich erhöht. Mit zunehmender Tiefe gingen die Befunde schnell zurück. Unterhalb 60 cm Tiefe wurden noch 650 mg/kg gemessen.

Tabelle 9-2: Fallbeispiel 1 – Stammdaten

Betrieb	Lager- und Umschlagfläche für Kraftstoffe
Anhang (AbwV)	49 - Mineralöhlhaltiges Abwasser
Umgangsstoffe	Kraftstoffe
Abwasser	Klasse 2: MKW im Niederschlagsabflußwasser,
Kanalisation	
Material	Beton, DN 250
Schäden	Art: LL-- (1 cm) Zustandsklasse: 4 LVBU (5 cm) 1 HG-O (6 cm) 1 UCEL 1
Untergrund	
Leitungszone	U, t, fs bis mS, fs
Sediment	U, t, s, g' x bis T, fs, g

Tabelle 9-3: Fallbeispiel 1 – Nachweise

Anhang / Betrieb		49 / Lager- und Umschlagfläche für Kraftstoffe
Abwasser		Klasse 2
Exfiltration		MKW
Schäden	Zustands- klasse	
LL-- (1 cm)	4	-
LVBU (5 cm)	1	+
HG-O (6 cm)	1	-
UCEL	1	++

Legende: - Schaden nicht nachweisbar
 + Schaden nachweisbar
 ++ Schaden deutlich nachweisbar

Unauffällig waren die Verhältnisse unterhalb des Schadens "Lageabweichungen, axial" (LL-- 1 cm) der Zustandsklasse 4 und unterhalb des Schadens "überstehende Dichtung im Rohrscheitel" (HG-O 6 cm) der Zustandsklasse 1. Die MKW-Meßwerte betrugen hier < 100 mg/kg oder unterschritten die Nachweisgrenze. Deutlich niedriger - aber noch leicht erhöht - waren die Meßwerte am Schaden "vertikale Lageabweichungen, Boden sichtbar" (LVBU 5 cm) der Zustandsklasse 1. Hier betrug der maximale Befund 410 mg/kg MKW.

Zusammenfassung

In Tabelle 9-3 sind die im Kapitel "Untersuchungsergebnisse" dokumentierten Befunde zusammengefaßt. Entsprechend den Meßwerten für MKW waren Einflüsse durch die Schäden "Lageabweichung, axial" (LL-- 1 cm) und "überstehende Dichtung im Rohr-

scheitel" (HG-O 6 cm) als nicht nachweisbar einzustufen. Geringfügige, aber meßbare Einflüsse bestanden unterhalb des Schadens "vertikale Lageabweichungen, Boden sichtbar" (LVBU 5 cm). Deutlich erhöht - und damit den Untergrund beeinträchtigend - waren Abwasserexfiltrationen, die auf den Schaden "undichte Muffe mit eindringendem Wasser im linken Kämpfer" (UCEL) zurückgingen.

9.2.2 Fallbeispiel 2 - Kfz-Reparaturwerkstatt (AbwV, Anhang 49)

Standort

Durch die hier üblichen Umgangsstoffe war von Schmierölen, Kraftstoffen und Reinigungsmitteln im Abwasser auszugehen. Der Standort entsprach den Anforderungen an Anhang 49 AbwV: "Mineralöhlhaltiges Abwasser".

Der untersuchte Kanal bestand aus Steinzeugrohren DN 200. Mittels Kamerainspektion wurden vorwiegend Scherbenbildungen und Risse dokumentiert. Insgesamt wurden an fünf Schäden der Zustandsklassen 2 und 3 Bodenproben entnommen. Die berücksichtigten Schadensarten waren Scherbenbildungen (RS--) und Radialrisse (RQ--), die sich über den gesamten Rohrquerschnitt erstreckten. Die Reißbreiten betrugen zwischen 0,2 cm und 0,5 cm. In Tabelle 9-4 sind die Schadensarten den Zustandsklassen gegenübergestellt. Die Leitungszone und den natürlichen Untergrund bildeten überwiegend durchlässige Sedimente aus schwach schluffigen Sanden. In den entnommenen Bodenproben wurden die Parameter TOC, MKW, BTEX und EOX im Feststoffaufschluß analysiert.

Untersuchungsergebnisse

Auf exfiltriertes Abwasser zurückzuführende, relativ höhere Meßwerte im Untergrund wurden nicht belegt. Die Meßwerte unterschritten generell die Nachweisgrenzen oder waren unauffällig (MKW < 20 mg/kg). Einflüsse durch exfiltriertes Abwasser konnten dementsprechend an keinem der untersuchten Schäden nachgewiesen werden.

Tabelle 9-4: Fallbeispiel 2 – Stammdaten

Betrieb	Kfz-Reparaturwerkstatt		
Anhang (AbwV)	49 – Mineralöhlhaltiges Abwasser		
Umgangsstoffe	Schmieröle, Kraftstoffe, Reinigungsmittel		
Abwasser	Klasse 2: MKW		
Kanalisation			
Material	Steinzeug, DN 200		
Schäden	Art: 3x RS-- (0,5 cm) 1x RQ-- (0,2 cm) 1x RQ-- (0,5 cm)	Zustandsklasse:	2 3 2
Untergrund			
Leitungszone	mS, fs, u´, g´		
Sediment	mS, fs, u		

Zusammenfassung

In der Tabelle 9-5 sind die im Kapitel Untersuchungsergebnisse dokumentierten Befunde zusammengefaßt.

Tabelle 9-5: Fallbeispiel 2 – Nachweise

Anhang / Betrieb		49 / Kfz-Reparaturwerkstatt
Abwasser		Klasse 2
Exfiltration		Nein
Schäden	Zustands- klasse	
RQ-- (0,2 cm)	3	-
RQ-- (0,5 cm)	2	-
RS-- (0,5 cm)	2	-
RS-- (0,5 cm)	2	-
RS-- (0,5 cm)	2	-

Legende:

- Schaden nicht nachweisbar
- + Schaden nachweisbar
- ++ Schaden deutlich nachweisbar

9.2.3 Fallbeispiel 3 - Preßwerk, Metallformung (AbwV, Anhang 40, Teil 10)

Standort

Das Unternehmen gehörte gemäß AbwV zur metallbearbeitenden Branche und war dem Anhang 40, Teil 10: "Mechanische Werkstätte" zuzuordnen. Aus der mechanischen Bearbeitung von Metallen fielen hier mit Schmierölen und Kühlemulsionen beeinträchtigte Abwässer an, die nach einer Vorbehandlung durch einen Leichtflüssigkeitsabscheider dem Abwassersammler zugeführt wurden. Der die Produktionsabwässer aufnehmende Sammler bestand aus Steinzeugrohren DN 150. Bautechnische Mängel waren Scherbenbildungen (RS--) und Radialrisse (RQ--) der Zustandsklasse 3. Exemplarisch wurden mögliche Einflüsse durch diese Schäden an zwei Positionen untersucht. In Tabelle 9-6 sind die Schadensarten den Zustandsklassen gegenüber gestellt.

Die Leitungszone und den natürlichen Untergrund bildeten durchlässige Sedimente aus Sanden mit z. T. schluffigen Beimengungen. In den entnommenen Bodenproben wurden die Parameter TOC, MKW, BTEX und EOX im Feststoffaufschluß analysiert.

Untersuchungsergebnisse

Auf exfiltriertes Abwasser zurückzuführende, relativ höhere Meßwerte im Untergrund wurden für den Parameter MKW belegt. Parallel erhöhten sich leicht die TOC-Gehalte. Die Befunde für BTEX und den Gruppenparameter EOX unterschritten generell die Nachweisgrenzen. Einflüsse durch exfiltriertes Abwasser lagen sowohl unterhalb des Radialrisses (RQ--) als auch unterhalb der Scherbenbildung (RS--) vor. Die Meßwerte

für MKW waren aber nur geringfügig erhöht. Sie betrugen zwischen 110 mg/kg und 140 mg/kg. Bereits ab 30 cm unterhalb der Rohrsohle unterschritten die Befunde wieder die Nachweisgrenzen.

Tabelle 9-6: Fallbeispiel 3 – Stammdaten

Betrieb	Preßwerk, Metallformung		
Anhang (AbwV)	40.10 - Mechanische Werkstätte		
Umgangsstoffe	Schmieröle, Kühlemulsionen		
Abwasser	Klasse 2: MKW (vorbehandelt)		
Kanalisation			
Material	Steinzeug, DN 150		
Schäden	Art: RS-- (0,2 cm) RQ-- (0,2 cm)	Zustandsklasse:	3 3
Untergrund			
Leitungszone	mS, fs, u´, g´		
Sediment	mS, fs		

Zusammenfassung

In der folgenden Tabelle 9-7 sind die im Kapitel "Untersuchungsergebnisse" dokumentierten Befunde zusammengefaßt. Die Daten zeigten, daß sich Einflüsse durch die untersuchten Schäden der Zustandsklasse 3 nachweisen ließen. Doch hatten sich diese nur geringfügig auf die ungesättigte Bodenzone ausgewirkt.

Tabelle 9-7: Fallbeispiel 3 – Nachweise

Anhang / Betrieb		40.10 / Preßwerk, Metallformung
Abwasser		Klasse 2
Exfiltration		MKW
Schäden	Zustands- klasse	
RQ-- (0,2 cm)	3	+
RS-- (0,2 cm)	3	+

Legende:

- Schaden nicht nachweisbar
- + Schaden nachweisbar
- ++ Schaden deutlich nachweisbar

9.2.4 Fallbeispiel 4 - Kfz-Waschplatz (AbwV, Anhang 49)

Standort

Der untersuchte Kanalabschnitt führt die Reinigungs- und Niederschlagswässer eines nichtüberdachten Waschplatzes einem Leichtflüssigkeitsabscheider zu. Der betonierte Waschplatz hat eine Fläche von ca. 300 m². Durch eine diskontinuierliche Nutzung in relativ großen Zeitabständen (ein- bis zweimal pro Woche) fallen nur geringe Mengen an MKW und BTX belasteten Abwässern an. Gereinigt werden vorwiegend Kfz und Kleingeräte zur Wartung und Pflege der Liegenschaft. Die untersuchte Haltung der Entwässerungsleitung besteht aus Steinzeug DN 150 und hat eine Länge von 10,3 m. Bei der TV-Befahrung wurden insgesamt drei Schäden durch Wurzeleinwuchs jeweils im Bereich der Rohrverbindungen festgestellt. Zur Probenahme war die Entwässerungsleitung für Sanierungsarbeiten freigelegt. In der Tabelle 9-8 sind die Schäden den Zustandsklassen zugeordnet.

Die Leitung war in einem ca. 10 cm mächtigen Sandbett verlegt (hohe Durchlässigkeit). Als Untergrund steht bindiger Verwitterungshorizont des Muschelkalks an, der mit zunehmender Tiefe in Festgestein übergeht. An Bodenproben wurden die Parameter TOC, MKW, BTEX und EOX im Feststoffaufschluß analysiert. Zusätzlich wurde zur Abschätzung der Schadstoffbelastung im Abwasser eine Probe des Kanalsedimentes entnommen und auf die o. g. Parameter untersucht.

Untersuchungsergebnisse

Mit einer MKW - Konzentration von 580 mg/kg im Kanalschlamm konnte eine signifikante Belastung der Abwässer durch mineralöhlhaltige Rückstände nachgewiesen werden. Auffälligkeiten durch weitere Parameter wurden nicht festgestellt.

Tabelle 9-8: Fallbeispiel 4 – Stammdaten

Betrieb	Waschplatz, militärische Liegenschaft		
Anhang (AbwV)	49 – Mineralöhlhaltiges Abwasser		
Umgangsstoffe	Kraftstoffe, Schmieröle		
Abwasser	Klasse 2: MKW, BTEX		
Kanalisation			
Material	Steinzeug, DN 150		
Schäden	Art:	HP--(>20%)	Zustandsklasse: 1
		HP--(<20%)	2
		HP--(<10%)	3
Untergrund			
Leitungszone	fS bis mS, fs		
Sediment	U, t, s, g', x bis T, fs, g im Wechsel mit Kalksteinbänken		

Relevante Schadstoffbelastungen im bindigen Untergrund bzw. im gut durchlässigen Sandbett des Abwasserkanals unterhalb der Schadensstellen konnten in keinem Fall

nachgewiesen werden. Die ermittelten MKW-Konzentrationen im Boden lagen deutlich unter 100 mg/kg. Eine Exfiltration von Schadstoffen fand nicht statt.

Zusammenfassung

In Tabelle 9-9 sind die im Kapitel Untersuchungsergebnisse dokumentierten Befunde zusammengefaßt.

Tabelle 9-9: Fallbeispiel 4 – Nachweise

Anhang / Betrieb		49 / Kfz – Waschplatz
Abwasser		Klasse 2
Exfiltration		Nein
Schäden	Zustands- klasse	
HP-- (>20%)	1	-
HP-- (<20%)	2	-
HP-- (<10%)	3	-

Legende:

- Schaden nicht nachweisbar
- + Schaden nachweisbar
- ++ Schaden deutlich nachweisbar

Unabhängig vom Umfang des Wurzeleinwuchses (Zustandsklassen 1 bis 3) war kein Schadstoffaustritt in den Untergrund nachweisbar.

9.2.5 Fallbeispiel 5 - Tankstelle, Faßlager (AbwV, Anhang 49)

Standort

Beispiel 5 beschreibt die Verhältnisse an einem Haltungsabschnitt einer Entwässerungsleitung, die Teil eines Abwassernetzes für mineralöhlhaltige Produktionsabwässer ist. Im ca. 500 m² großen Einzugsgebiet des Haltungsabschnittes waren unter anderem eine betriebseigene Tankstelle, ein Faßlager und ein Technikum mit verschiedenen Prüfständen, Labors und Werkstätten angeschlossen. Das Abwasser wird einer betriebseigenen Kläranlage zugeführt. Die aus Steinzeug bestehende Entwässerungsleitung hat eine Nennweite von DN 200. Die untersuchte Haltung liegt unter einer ehemals stark befahrenen Werksstraße. Das Alter des Schmutzwasserkanals wird auf 60 Jahre geschätzt. Seit 1997 sind die am Kanal angeschlossenen Anlagen und Gebäude außer Betrieb bzw. zurückgebaut. Durch Kanal-TV-Befahrungen wurden Schäden durch Undichtigkeiten am Schachtanschluß (UABU) der Zustandsklasse 1 und Radialrisse (RQ--; RQB-) der Zustandsklassen 1 und 3 ermittelt. An insgesamt vier Schadensstellen erfolgte die Untersuchung des Untergrundes auf mögliche Schadstoffexfiltrationen mittels Bohrsondierungen. In Tabelle 9-10 sind die Schadensarten den Zustandsklassen zugeordnet.

Der Schmutzwasserkanal liegt im Niveau einer Schichtgrenze vom gering durchlässigem Löß zum sehr gut durchlässigen Terrassenschotter. Unterhalb der Leitungs-

zone ist der Löß z.T. nicht vorhanden bzw. nur wenige Dezimeter mächtig. Ca. 2,5 m unter Kanalsole steht im Terrassenschotter der Grundwasserspiegel an. An den entnommenen Bodenproben wurden die Parameter MKW, EOX, BTEX, Phenol-Index und Cyanid_(gesamt) im Feststoffaufschluß analysiert.

Tabelle 9-10: Fallbeispiel 5 – Stammdaten

Betrieb	Tankstelle, Faßlager		
Anhang (AbwV)	49 - Mineralöhlhaltiges Abwasser		
Umgangsstoffe	Kraftstoffe, Schmier- und Motorenöle		
Abwasser	Klasse 2: MKW		
Kanalisation			
Material	Steinzeug, DN 200		
Schäden	Art:	UABU	Zustandsklasse: 1
		RQ-- (1 mm)	3
		RQ-- (1 mm)	3
		RQB- (5 mm)	1
Untergrund			
Leitungszone	fS bis mS, fs		
Sediment	U, fs; G, s, u'		

Tabelle 9-11: Fallbeispiel 5 – Nachweise

Anhang / Betrieb		49 / Tankstelle, Faßlager
Abwasser		Klasse 2
Exfiltration		MKW
Schäden	Zustands- klasse	
UABU	1	++
RQ-- (1 mm)	3	+
RQ-- (1 mm)	3	+
RQB- (5 mm)	1	-

Legende:

- Schaden nicht nachweisbar
- + Schaden nachweisbar
- ++ Schaden deutlich nachweisbar

Untersuchungsergebnisse

Auf exfiltriertes Abwasser zurückzuführende, relativ höhere Meßwerte im Untergrund wurden für den Parameter MKW belegt. Die Befunde für den Phenol-Index, Cyanid_(gesamt) und den Gruppenparameter EOX unterschritten generell die Nachweisgrenzen. BTEX wurden nur lokal in geringfügigen Konzentrationen nachgewiesen. Ein ursächlicher Zusammenhang mit den vorliegenden Kanalschäden läßt sich für die BTEX - Analysen nicht ableiten. Deutliche Einflüsse durch exfiltriertes Abwasser lagen

unmittelbar unterhalb der Undichtigkeit am Schachtanschluß (UABU) mit einer maximalen MKW-Konzentration von 650 mg/kg vor. Der erhöhte MKW-Meßwert reichte bei diesem Schaden bis ca. 1,0 m unterhalb der Kanalsohle.

Auffälligkeiten durch MKW wurden in abgeschwächter Form auch unterhalb radial verlaufender Risse (RQ--) festgestellt. Die Meßwerte für MKW waren aber nur geringfügig erhöht. Sie betrugen zwischen 67 mg/kg und 120 mg/kg bis zu einer Tiefe von 1,0 m unter Kanalsohle. Tieferliegende Bodenproben aus dem Grundwasserschwankungsbereich wiesen wiederum erhöhte MKW – Konzentrationen auf (bis 250 mg/kg). Hier ist eine Beeinflussung durch Hintergrundbelastungen nicht auszuschließen.

Zusammenfassung

In Tabelle 9-11 sind die im Kapitel "Untersuchungsergebnisse" dokumentierten Befunde zusammengefaßt.

Sowohl bei dem Schadensbild Undichtigkeit (UABU) als auch bei den Schadensbildern Radialriß lagen Schadstoffausträge durch Exfiltrationsvorgänge vor. Während die Undichtigkeit deutlich nachweisbar war, waren die Meßwerte unterhalb der Radialrisse (RQ) nicht bis nur geringfügig erhöht. Aus der Größe der Rißbreite ließen sich keine Zusammenhänge zur Höhe der gemessenen MKW-Konzentrationen im Boden ableiten.

9.2.6 Fallbeispiel 6 - Raffinerie (AbwV, Anhänge 36, 45)

Standort

Der untersuchte Schaden stellt einen Extremfall dar, der in seiner Größe und Auswirkung eine Sonderstellung einnimmt. Es handelt sich hierbei um einen Hauptsammler DN 500, Steinzeug. Am Zulauf des Hauptsammlers liegt ein ca. 3000 m langes Schmutzwasserkanalnetz für ölverschmutzte Produktionsabwässer. Hieran angeschlossen waren bis 1996 großtechnische Anlagen der Mineralölverarbeitung. Im einzelnen handelte es sich um folgende Anlagen zur Destillation, Phenolraffination, Schwefelsäureraffination, Entsalzung und verschiedene Tanklager. Die Abwassermenge lag im Durchschnitt zwischen 1000 und 2000 m³/d. Wesentliche Abwasserinhaltsstoffe waren Phenole und Mineralöle (bis hin zur Mineralölphase). Ca. 50 m vor der Einleitung des Abwassersammlers in die betriebseigene Zentrale Abwasserkläranlage (ZAB) weist das Kanalbauwerk einen gravierenden baulichen Schaden auf. Im Ablauf eines Schachtbauwerkes ist auf einer Länge von 1 m die Rohrleitung vollständig eingestürzt (Totalverlust BT--). Durch Erosionsvorgänge hat sich ein Hohlraum mit einem Volumen von ca. 5 m³ bis 10 m³ gebildet, der bis zur Geländeoberkante durchgebrochen ist. Der Schacht ist zum Teil unterspült. Große Teile des eingestürzten Rohres sind vermutlich fortgespült. Nach Durchlaufen des Hohlraumes fließt das Abwasser, soweit es nicht versickert, über den im Abstrom wieder funktionsfähigen Hauptsammler ab. Zum Zeitpunkt der Untersuchung waren die an den Hauptsammler angeschlossenen großtechnischen Anlagen bereits stillgelegt, so daß eine stark verminderte Abwassermenge den Hauptsammler durchfloß.

In Tabelle 9-12 sind die Stammdaten zusammengestellt.

Tabelle 9-12: Fallbeispiel 6 – Stammdaten

Betrieb	Raffinerie
Anhang (AbwV)	36 – Herstellung von Kohlenwasserstoffen 45 – Erdölverarbeitung
Umgangsstoffe	Flüssiggasfraktionen, Benzin, Dieselöl, Kogasin, Gatsch, Hartparaffin, Schmieröle, Trafo – Öle, Phenole, Aromaten, Verbrauchtbleicherden, Säureharze
Abwasser	Klasse 3: MKW, BTEX, Phenole
Kanalisation	
Material	Steinzeug, DN 500
Schäden	Art: BT--(1 m) Zustandsklasse: 0
Untergrund	
Leitungszone	Erodiert
Sediment	G, S, u'

Der Hauptsammler ist im Hauptterrassenschotter verlegt (Kiese, Sande), einem stark durchlässigen Grundwasserleiter. Der Grundwasserspiegel steht ca. 0,5 m unter Rohrsohle. An den entnommenen Bodenproben wurden die Parameter MKW, EOX, BTEX, Phenol-Index und Cyanid_(gesamt) im Feststoffaufschluß analysiert.

Untersuchungsergebnisse

Die offen in den gut durchlässigen Untergrund ablaufenden Abwässer führen zu einer großflächigen und tiefreichenden massiven Verunreinigung des Bodens und des Grundwassers durch MKW (im Boden > 10.000 mg/kg; im Sohlenbereich des Hohlraumes Öl in Phase, 243 g/kg). Untergeordnet treten Belastungen durch BTEX auf (max. Konzentration 10,35 mg/kg). Die horizontale und laterale Verbreitung der Schadstoffe wurde mit den zwei Bohrsondierungen, die bis 2,5 m unter Rohrsohle reichten, nicht vollständig erfaßt. In einer einzigen Bodenprobe, aus der Sohle des Hohlraumes, wurde eine Cyanid-Konzentration von 1,08 mg/kg ermittelt. In allen weiteren Bodenproben lagen die Parameter Cyanid_(gesamt), EOX und der Phenolindex unter der Nachweisgrenze.

Zusammenfassung

In Tabelle 9-13 sind die im Kapitel Untersuchungsergebnisse dokumentierten Befunde zusammengefaßt.

Das Schadensbild "Einsturz", die hohe Schadstoffbelastung des Abwassers, die großen Abwassermengen und die gute Durchlässigkeit des Untergrundes führen zu einem massiven Eintrag von Schadstoffen in den Untergrund. Eine zu erwartende Grundwasserbelastung konnte wegen fehlender Grundwassermeßstellen bei hohem Flurabstand nicht ermittelt werden.

Tabelle 9-13: Fallbeispiel 6 – Nachweise

Anhang / Betrieb		36 / Herstellung von Mineralöl- kohlenwasserstoffen 45 / Erdölverarbeitung
Abwasser		Klasse 3
Exfiltration		MKW (BTEX)
Schäden	Zustands- klasse	
BT--	0	++

Legende:

- Schaden nicht nachweisbar
- + Schaden nachweisbar
- ++ Schaden deutlich nachweisbar

9.2.7 Fallbeispiel 7 - Textilveredelung (AbwV, Anhang 38)**Standort**

Der Standort gehörte gemäß AbwV zum Anhang 38 Textilherstellung / Textilveredelung. Aus dem Produktionsprozeß fielen hier mit Ausrüstungschemikalien und Farbstoffen beeinträchtigte Abwässer an, die dem Abwassersammler zugeführt wurden. Dementsprechend war u. a. mit MKW, AOX, Aromaten und Schwermetallen im Abwasser zu rechnen. Der die Produktionsabwässer aufnehmende Sammler bestand aus Steinzeugrohren DN 200. Bei dem untersuchten bautechnischen Mangel handelte es sich um einen "Rohrbruch" (BT--) der Zustandsklasse 0. Mögliche Einflüsse durch diesen Schaden wurden anhand einer Sondierbohrung untersucht. In der Tabelle 9-14 sind die Schadensarten den Zustandsklassen gegenüber gestellt.

Die Leitungszone und den natürlichen Untergrund bildeten durchlässige Sedimente aus Sanden mit z. T. kiesigen Beimengungen. In den entnommenen Bodenproben wurden die Parameter TOC, MKW, BTEX Phenolindex, AOX, Schwermetalle und Barium im Feststoffaufschluß analysiert.

Untersuchungsergebnisse

Auf exfiltriertes Abwasser zurückzuführende, relativ höhere Meßwerte im Untergrund wurden für die Parameter AOX, Blei, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink belegt. Parallel erhöhten sich leicht die TOC-Gehalte. Die Befunde für den Gruppenparameter MKW, den Phenolindex, BTEX, Cadmium, Zinn und Barium unterschritten die Nachweisgrenzen oder wiesen nicht auf Einflüsse hin. Die Meßwerte für die relevanten Parameter waren in der Probe aus 0 - 10 cm unterhalb der Rohrsohle um das 2- bis 4,5fache gegenüber der Liegendprobe aus 10 - 20 cm erhöht, wobei die Schwermetalle Chrom, Kupfer und Nickel sich um den Faktor ≤ 4 gegenüber der Referenzprobe unterschieden. Die absoluten Meßwerte sind Tabelle 9-15 zu entnehmen:

Tabelle 9-14: Fallbeispiel 7 – Stammdaten

Betrieb	Textilveredelung
Anhang (AbwV)	38 - Textilherstellung / Textilveredelung
Umgangsstoffe	Ausrüstungschemikalien, Farbstoffe
Abwasser	Klasse 2: MKW, SM
Kanalisation	
Material	Steinzeug, DN 200
Schäden	Art: BT- Zustandsklasse: 0
Untergrund	
Leitungszone	FS, ms, m-gg
Sediment	FS, ms

Tabelle 9-15: Fallbeispiel 7 - Meßwerte der relevanten Parameter (0- 10 cm unter Rohrsohle)

Parameter	Meßwert [mg/kg]
AOX	20
TOC	2,4
Pb	41
Cr	27
Cu	29
Ni	12
Hg	0,4
Zn	85

Die in der Probe aus 50 - 100 cm wieder leicht ansteigenden Meßwerte gingen auf erhöhte Schluff- und Torfanteile innerhalb des Profilabschnittes zurück. Dadurch verbesserten sich die Adsorptionsverhältnisse.

Zusammenfassung

In der folgenden Tabelle 9-16 sind die im Kapitel "Untersuchungsergebnisse" dokumentierten Befunde zusammengefaßt. Die Daten zeigten, daß sich Einflüsse durch den untersuchten Schaden "Rohrbruch" der Zustandsklasse 0 deutlich nachweisen ließen. Doch hatte sich dieser nur geringfügig auf die ungesättigte Bodenzone ausgewirkt.

Tabelle 9-16: Fallbeispiel 7 – Nachweise

Anhang / Betrieb		38 / Textilveredelung
Abwasser		Klasse 2: MKW, SM
Exfiltration		AOX, SM
Schäden	Zustands- klasse	
BT--	0	++

Legende:

- Schaden nicht nachweisbar
- + Schaden nachweisbar
- ++ Schaden deutlich nachweisbar

9.2.8 Fallbeispiel 8 - Fuhrparkhalle / Kfz-Reparaturwerkstatt (AbwV, Anhang 49)**Standort**

Durch die hier üblichen Umgangsstoffe war von Schmierölen, Kraftstoffen und Reinigungsmitteln im Abwasser auszugehen. Das Unternehmen entsprach den Anforderungen an den Anhang 49 AbwV: "Mineralölhaltiges Abwasser". Das Abwasser wurde über einen Sammler aus Steinzeugrohren DN 250 abgeleitet. Bei dem untersuchten bautechnischen Mangel handelte es sich um ein "fehlendes Wandungsteil im rechten Kämpfer" (BW-R) der Zustandsklasse 1. In der Tabelle 9-17 sind die Schadensarten den Zustandsklassen gegenüber gestellt.

Während der Probenahme lag der Kanal innerhalb eines temporär auftretenden Grundwasserhorizontes. Grundwasser trat 0,7 m oberhalb der Kanalsohle auf. Das Sediment der Leitungszone bildete Sand mit Beimengungen von Schluff, Ton und Kiesen. Der natürlicher Untergrund wurde ab 40 cm unterhalb der Rohrsohle erbohrt. Er bestand hier aus gering durchlässigem Tonstein. In den entnommenen Bodenproben wurden die Parameter TOC, MKW, BTEX, Phenolindex, AOX, Arsen und Schwermetalle im Feststoffaufschluß analysiert.

Untersuchungsergebnisse

Auf exfiltriertes Abwasser zurückzuführende, relativ höhere Meßwerte im Untergrund wurden für die Parameter MKW, Blei und BTEX belegt. Die Befunde für AOX, Arsen und die Schwermetalle erhöhten sich mit zunehmender Tiefe und hatten ihr Maximum aufgrund der besseren Sorptionsbedingungen überwiegend im Tonstein. Die Meßwerte für die relevanten Parameter waren in den Proben aus 0 - 10 cm und 10 - 20 cm unterhalb der Rohrsohle nur leicht erhöht. Sie betrugen für MKW bis 180 mg/kg, für Blei bis 16 mg/kg und für die Summe der BTEX-Einzelstoffe 0,47 mg/kg. Im Tonstein (50 - 100 cm unter Rohrsohle) unterschritten die Meßwerte wieder die Nachweisgrenzen.

Tabelle 9-17: Fallbeispiel 8 – Stammdaten

Betrieb	Fuhrparkhalle / Kfz-Reparaturwerkstatt
Anhang (AbwV)	49 - Mineralölhaltiges Abwasser
Umgangsstoffe	Schmieröle, Kraftstoffe, Reinigungsmittel
Abwasser	Klasse 2: MKW, SM
Kanalisation	
Material	Steinzeug, DN 250
Schäden	Art: BW-R Zustandsklasse: 1
Untergrund	
Leitungszone	S, u, t, g
Untergrund	Tonstein

Zusammenfassung

In Tabelle 9-18 sind die im Kapitel "Untersuchungsergebnisse" dokumentierten Befunde zusammengefaßt. Geringfügige, aber meßbare Einflüsse bestanden unterhalb des Schadens "fehlendes Wandungsteil im rechten Kämpfer" (BW-R) der Zustandsklasse 1.

Tabelle 9-18: Fallbeispiel 8 – Nachweise

Anhang / Betrieb		49 / Fuhrparkhalle, Kfz-Reparaturwerkstatt
Abwasser		Klasse 2: MKW, SM
Exfiltration		MKW, Pb, BTEX
Schäden	Zustandsklasse	
BW-R	1	+

Legende:

- Schaden nicht nachweisbar
- + Schaden nachweisbar
- ++ Schaden deutlich nachweisbar

9.2.9 Fallbeispiel 9 - Kühlsysteme, Dampferzeugung (AbwV, Anhang 31)

Standort

Der Betrieb gehörte gemäß AbwV zum Anhang 31 Wasseraufbereitung, Kühlsysteme, Dampferzeugung. Dementsprechend war u. a. mit AOX und Schwermetallen im Abwasser zu rechnen. Das Abwasser wurde über einen Sammler aus Steinzeugrohren DN 200 abgeleitet. Bei dem untersuchten bautechnischen Mangel handelte es sich um ein "fehlendes Wandungsteil im rechten Kämpfer, Boden sichtbar" (BWBR) der Zustandsklasse 1. Mögliche Einflüsse durch diesen Schaden wurden anhand einer Sondierbohrung untersucht. In der Tabelle 9-19 sind die Stammdaten zum Fallbeispiel zusammengestellt.

Tabelle 9-19: Fallbeispiel 9 – Stammdaten

Betrieb	Kühlsysteme, Dampferzeugung		
Anhang (AbwV)	31 – Wasseraufbereitung, Kühlsysteme, etc.		
Umgangsstoffe	Biozide		
Abwasser	Klasse 1		
Kanalisation			
Material	Steinzeug, DN 200		
Schäden	Art: BWBR	Zustandsklasse:	1
Untergrund			
Leitungszone	fS, ug		
Sediment	FS, u g		

Am Standort bildeten die Leitungszone und den natürlichen Untergrund Sedimente aus Feinsand mit geringen Beimengungen von Schluff. In den entnommenen Bodenproben wurden die Parameter TOC, MKW, BTEX Phenolindex, AOX, Arsen und Schwermetalle im Feststoffaufschluß analysiert.

Untersuchungsergebnisse

Auf exfiltriertes Abwasser zurückzuführende, relativ höhere Meßwerte im Untergrund wurden nicht nachgewiesen. Die Analysenergebnisse dokumentierten für die untersuchten Parameter Befunde unterhalb der Nachweisgrenzen oder unabhängig vom Probeentnahmeabstand unterhalb der Rohrsohle gleichbleibende Meßwerte.

Zusammenfassung

In Tabelle 9-20 sind die im Kapitel Untersuchungsergebnisse dokumentierten Befunde zusammengefaßt.

Tabelle 9-20: Fallbeispiel 9 – Nachweise

Anhang / Betrieb		31 - Kühlsysteme, Dampferzeugung
Abwasser		Klasse 1
Exfiltration		Nein
Schäden	Zustands- klasse	
BWBR	1	-

Legende:

- Schaden nicht nachweisbar
- + Schaden nachweisbar
- ++ Schaden deutlich nachweisbar

9.2.10 Fallbeispiel 10 - Kryolith-, Holzschutzmittelproduktion (AbwV, Anhang 22)

Standort

Der Standort gehört gemäß AbwV zur Chemischen Industrie und war dem Anhang 22 zuzuordnen. Aus der Herstellung von Kryolith und Holzschutzmitteln fielen hier u. a. mit Arsen, Chrom und Fluoriden beeinträchtigte Abwässer an, die dem Abwassersammler zugeführt wurden. Als weitere Inhaltsstoffe konnten PAK- und BTEX-Einzelstoffe nicht ausgeschlossen werden. Der Sammler bestand auf einer Teilstrecke von 2,6 m aus Betonrohren DN 300 und über 16 m aus Steinzeugrohren DN 300. Bautechnische Mängel der Betonhaltung waren Scherbenbildungen (RS--) und Längsrisse (RL--) der Zustandsklasse 3. Exemplarisch wurden mögliche Einflüsse durch diese Schäden an zwei Positionen untersucht. In der Steinzeughaltung konnten keine Schäden mehr festgestellt werden. In die alte und vermutlich defekte Leitung waren PVC-Rohre DN 200 eingeschoben worden. Hier wurden weitere zwei Sondierbohrungen niedergebracht. In der Tabelle 9-21 sind die untersuchten Schadenarten den Zustandsklassen gegenübergestellt.

Abhängig von der Lage der Bohrungen bildeten die Leitungszone und den natürlichen Untergrund sowohl gering durchlässige als auch gut durchlässige Sedimente aus sandigen Schluffen, schluffigen Sanden und sandigen Kiesen. In ausgewählten Bodenproben wurden die Parameter MKW, PAK (EPA), BTEX, Arsen und Schwermetalle im Feststoffaufschluß sowie Fluorid im Eluataufschluß analysiert.

Tabelle 9-21: Fallbeispiel 10 – Stammdaten

Betrieb	Kryolith- / Holzschutzmittelherstellung
Anhang (AbwV)	22 – Mischabwasser
Umgangsstoffe	Arsen, Chromverbindungen, Fluoride
Abwasser	Klasse 3: AOX, Aromaten (SM)
Kanalisation	
Material	Beton / Steinzeug DN 300
Schäden	Art: Zustandsklasse: Beton: RL-R- (0,1 cm) 3 RS-- (0,1 cm) 3 Steinzeug: Schäden nicht bestimmbar, da PVC-Rohr DN 200 in alte Leitung geschoben; aber Schäden wahrscheinlich
Untergrund	
Leitungszone	S, u, g bis U, fs, t
Sediment	U, fs, t bis G, s

Untersuchungsergebnisse

Am Betonkanal lagen Einflüsse durch exfiltriertes Abwasser sowohl unterhalb der Scherbenbildung (RS--) als auch unterhalb des Längsrisses (RL--) vor. Dies bestätigten relativ höhere Meßwerte für die Schwermetalle Blei und Nickel sowie untergeordnet für

die Parameter Arsen, Kupfer, Zink und Fluorid. Die Meßwerte für die relevanten Parameter waren in den Proben aus 0 - 20 cm und 20 - 40 cm unterhalb der Rohrsohle maximal um das 3,5fache gegenüber den Referenzwerten erhöht. Die absoluten Meßwerte sind Tabelle 9-22 zu entnehmen. Weitere Hinweise auf exfiltriertes Abwasser konnten wegen der Altlastensituation nicht abgeleitet werden.

Tabelle 9-22: Fallbeispiel 10 - maximale Meßwerte der relevanten Parameter (0-20 cm und 20 - 40 cm unter Rohrsohle)

Parameter	Meßwert (mg/kg)
Arsen	(26)
Pb	280
Cu	(40)
Ni	29
Zn	(140)
F	(29 [mg/l])

Unterhalb des Steinzeugkanals konnten Exfiltrationen nicht sicher bestätigt werden. Gegenüber den Vergleichsproben waren die Meßwerte für die Schwermetalle überwiegend um einen Faktor von $f < 2$ erhöht oder die Befunde waren uneinheitlich (Cadmium, Quecksilber). Hinweise ließen sich zwar anhand der MKW-Werte ableiten. Die Meßwerte unterschritten aber 100 mg/kg oder waren ebenfalls nur um einen Faktor von $f < 2$ erhöht.

Zusammenfassung

In Tabelle 9-23 sind die im Kapitel "Untersuchungsergebnisse" dokumentierten Befunde zusammengefaßt.

Tabelle 9-23: Fallbeispiel 10 – Nachweise

Anhang / Betrieb		22 / Kryolith-, Holzschutzmittelherst.
Abwasser		Klasse 3 / 2
Exfiltration		Pb, Ni
Schäden	Zustands- klasse	
Betonkanal		
RL-R (1 mm)	3	+
RS-- (1 mm)	3	+
Steinzeugkanal		
n. b.		-

Legende:

- Schaden nicht nachweisbar
 + Schaden nachweisbar
 ++ Schaden deutlich nachweisbar

n. b.: nicht bestimmbar

Am Betonkanal lagen sowohl unterhalb des Schadens "Längsriß im Kämpfer" (LR-R) als auch unterhalb des Schadens "Scherbenbildung" (RS--) Schadstoffausträge durch Exfiltrationsvorgänge vor. Die Einflüsse erhöhten die Meßwerte aber nur geringfügig. Beide Mängel der Zustandsklasse 3 waren daher nur als "nachweisbar" einzuordnen. Unterhalb des zwischenzeitlich abgedichteten Steinzeugkanals bestätigten sich keine meßbaren Abwasserexfiltrationen. Insgesamt erschwerte die Altlastensituation auf dem Gelände zwischen Abwasser bedingten und nicht durch Abwasser beeinflussten Meßwerten zu unterscheiden.

9.3 Auswertung

9.3.1 Exfiltrationsnachweise

Insgesamt konnten mit den im Kapitel 9.2 dokumentierten 10 Fallbeispielen die fünf Hauptschadensarten Brüche (B), Hindernisse (H), Lageabweichungen (L), Risse (R) und Undichtigkeiten (U) untersucht werden (Tabelle 9-24). Die Schäden decken das gesamte Spektrum der Zustandsklassen von 0 bis 4 ab. Sie umfassen damit im wesentlichen die in Kapitel 7, Tabelle 7-1 als umweltrelevant eingestuften Schadensbilder. An Abzweigen (A) und Stutzen (S) auftretende sowie auf Verschleiß (V) und Korrosion (C) zurückgehende Mängel sind nicht enthalten. Im Endstadium - d. h., wenn das Rohrmaterial vollständig zerstört ist - entsprechen diese aber im wesentlichen den o. g. Schadensarten. Bei den untersuchten Brüchen und Undichtigkeiten handelt es sich ausschließlich um vergleichsweise schwere Schäden. Sie gehören den Zustandsklassen 0 und 1 an. Hindernisse und Lageabweichungen sowie Risse repräsentieren schwere bis leichte Schäden der Zustandsklassen 1 bis 4. In der Tabelle 9-24 sind die Exfiltrationsnachweise den Schadensarten und Zustandsklassen gegenübergestellt. Die Ergebnisse dokumentieren, daß Hindernisse wie Wurzeleinwüchse (HP) oder einragende Dichtungen im Rohrscheitel (HG-O) nicht zu meßbaren Abwasserexfiltrationen führen. Vergleichbare Verhältnisse wurden für die Lageabweichungen erwartet. Doch zeigten sich an einer stärkeren vertikalen Abweichung mit sichtbarem Boden (LVBU) der Zustandsklasse 1 leichte Einflüsse im Sediment, so daß der Schaden als nachweisbar (+) eingeordnet werden kann. Uneinheitlich fielen die Exfiltrationsnachweise an Längs- (RL) und Radialrissen (RQ) sowie an Scherbenbildungen (RS) aus. Während im Sediment unterhalb von Schäden der Zustandsklassen 1 und 2 keine relativ erhöhten Meßwerte vorlagen, konnten Schäden der Zustandsklassen 3 zumindest teilweise nachgewiesen (+) werden.

Die auffälligsten Einflüsse durch Abwasserexfiltrationen bestätigten sich an Brüchen und Undichtigkeiten, die den Zustandsklassen 0 und 1 angehören. Doch vergleichbar den Befunden für die Rißbildungen waren die Ergebnisse auch hier nicht einheitlich. Deutlich nachweisbar (++) waren ausschließlich die Schäden Rohrbruch (BT--), Undichtigkeiten an Anschlüssen (UABU) und Rohrverbindungen (UCEL). Geringere Auswirkungen zeigte hingegen bereits der bautechnische Mangel „fehlendes Wandungsteil im rechten Kämpfer (BW-R)“ der Zustandsklasse 1 im Fallbeispiel 8. Dieser konnte noch als nachweisbar (+) eingestuft werden. Demgegenüber bestanden im Fallbeispiel 9 unterhalb eines vergleichbaren, im Kämpfer (BWBR) gelegenen Schadens keine meßbaren Einflüsse durch Abwasserexfiltrationen.

Insgesamt stimmten die Untersuchungsbefunde gut mit den im Kapitel 7, Tabelle 7-1 zusammengefaßten Ergebnissen aus Exfiltrationsuntersuchungen gemäß [UL-94] und [DO-99] überein; bestätigt wurden ebenso die Exfiltrationsnachweise unterhalb schadhafter öffentlicher Kanalisationen [HA-96]: Abwasserexfiltrationen oder meßbare Einflüsse durch Abwasserexfiltrationen sind besonders an Schäden der Zustandsklassen 0 und 1 zu erwarten, während die Auswirkungen unterhalb von Schäden der Zustandsklassen 2 und 3 deutlich zurückgehen. Primär trifft dies auf die Schadensarten Brüche (B) und sichtbare Undichtigkeiten (U), untergeordnet auf Rißbildungen (R) zu. Dies gilt ebenso für die entsprechenden Schadensbilder an Abzweigen (A) und Stützen (S) sowie für Mängel, die auf Verschleiß (V) und Korrosion (C) zurückgehen.

Die Verteilung der positiven und negativen Exfiltrationsbefunde auf die Schadensarten, Zustandsklassen und Fallbeispiele läßt vermuten, daß Abhängigkeiten zwischen Abwassermenge und Abwasserbeschaffenheit - bzw. den Schadstoffgehalten im Abwasser des jeweiligen Fallbeispiels - auf der einen und Exfiltrationsnachweisen auf der anderen Seite bestehen. Die Abwassermengen- und Abwasserbeschaffenheitsklassen sind für diese Betrachtungen zu grob. Es mußten daher Ergebnisse der Fallbeispiel bezogenen Recherchen herangezogen werden. Darüber hinaus kann die Schadstoffart gegenüber den Konzentrationen im Abwasser vernachlässigt werden. Abwasserexfiltrationen wurden überwiegend anhand von Parametern / Abwasserinhaltsstoffen mit günstigen Sorptionseigenschaften belegt.

Kombiniert man die Kriterien Abwassermenge (hoch/niedrig) und Schadstoffgehalte im Abwasser (hoch/niedrig) miteinander, resultieren daraus die in Tabelle 9-25 aufgeführten vier Varianten. Hierbei wird vorausgesetzt, daß die Kombinationen 2 und 3 von ihrer Wirkung über Abwasserexfiltrationen her identisch sind. Ordnet man die Fallbeispiele diesem groben Raster zu, entsteht das in Tabelle 9-24 aufgeführte Bild. In die Zuordnung gingen ebenfalls die in der Vergangenheit vorherrschenden Verhältnisse ein. Aus der Tabelle geht hervor, daß an Fallbeispielen der Kombination 1 - niedriges Abwasseraufkommen / niedrige Schadstoffgehalte - unabhängig von der Art und der Schwere der Schäden Abwasserexfiltrationen nicht belegt werden konnten. Andere Verhältnisse dokumentieren die Fallbeispiele der Kombinationen 2 und 3 - niedriges Abwasseraufkommen / hohe Schadstoffgehalte; hohes Abwasseraufkommen / niedrige Schadstoffgehalte. Hier liegen Nachweise (+) an Rißbildungen der Zustandsklasse 3 in der Rohrsohle, an Brüchen der Zustandsklasse 1 im Kämpfer sowie deutliche Nachweise (++) an Undichtigkeiten der Zustandsklasse 1 vor. Hindernisse und Lageabweichungen wurden hingegen nur dort detektiert (+), wo an der Rohrsohle Boden sichtbar war (LVBU). Vergleichbar dürften auch die Ergebnisse für die Kombination 4 - hohes Abwasseraufkommen / hohe Schadstoffgehalte - ausfallen. Hier lagen jedoch ausschließlich Brüche vor, deren Einflüsse deutlich meßbar (++) waren. Damit konnte gezeigt werden, daß für die Umweltauswirkungen von Abwasserexfiltrationen nicht nur Schadensart und Schadensschwere (Kapitel 7) relevant sind, sondern auch das Abwasseraufkommen (Kapitel 4) und die Abwasserbeschaffenheit (Kapitel 5). Obwohl Abwasserexfiltrationen im Rahmen der Fallbeispiele überwiegend durch Stoffe belegt wurden, die gut sorbierbar sind und sich damit an der Bodenmatrix anreichern ($K_d > 10 \text{ l/kg}$), gehen die eigentlichen Einflüsse von gering sorbierbaren und dementsprechend mobilen Substanzen ($K_d < 10 \text{ l/kg}$) aus, wie sie durch die typischen Parameter der Abwasserbeschaffenheitsklasse 3 (AOX, BTEX) repräsentiert werden.

Tabelle 9-24: Kanalschäden – Exfiltrationsnachweise im Bodenfeststoff

Kombination Abwasser/Stoffmenge (s. Tab. 9-25)		1	1	1	2	2	2	2/3?	3	4	4
Fallbeispiele		2: Kfz-Reparatur	4: Kfz-Waschplatz	9: Kühlsysteme	8: Kfz-Reparatur	1: Kraftstofflager	5: Tankstelle Faßlager	3: Metallformung	10: Kryolith, Holzschutz	6: Raffinerie	7: Textil
Anhang (AbwV)		49	49	31	49	49	49	40.10	22	36 / 45	38
Abwassermengenklasse		1	1	1	1	1	1	2	3	3	2
Abwasserbeschaffenheitsklasse		2	2	1	2	2	2	2	2 / 3	3	2
Schäden	Zustandsklasse										
BT--	0									++	++
BW-R	1				+						
BWBR	1			-							
HG-O	1					-					
HP--	3		-								
HP--	2		-								
LL--	4					-					
LVBU	1					+					
RL-R	3								+		
RQ--	3	-					+	+			
RQ--	2	-									
RQ--	1						-				

Tabelle 9-24: Fortsetzung

Kombination Abwasser/Stoffmenge (s. Tab. 9-25)	1	1	1	2	2	2	2/3?	3	4	4
Fallbeispiele	2: Kfz-Reparatur	4: Kfz-Waschplatz	9: Kühlsysteme	8: Kfz-Reparatur	1: Kraftstofflager	5: Tankstelle Faßlager	3: Metallformung	10: Kryolith, Holzschutz	6: Raffinerie	7: Textil
Anhang (AbwV)	49	49	31	49	49	49	40.10	22	36 / 45	38
Abwassermengenklasse	1	1	1	1	1	1	2	3	3	2
Abwasserbeschaffenheitsklasse	2	2	1	2	2	2	2	2 / 3	3	2
Schäden	Zustandsklasse									
RS--	2	-								
RS--	3						+	+		
UABU	1					++				
UCEL	1				++					
n. b.	n. b.							-		

Legende:

Exfiltrationsnachweise	-	Schaden nicht nachweisbar	n. b.:	Schaden nicht bestimmbar
	+	Schaden nachweisbar		
	++	Schaden deutlich nachweisbar		
Abwassermengenklassen	3	$\geq 100 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{a}$	$(\geq 500 \text{ m}^3/\text{d})$	
	2	$\geq 20 \text{ bis } < 100 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{a}$	$(\geq 50 \text{ bis } < 500 \text{ m}^3/\text{d})$	
	1	$< 20 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{a}$	$(< 50 \text{ m}^3/\text{d})$	
Abwasserbeschaffenheitsklassen	3	AOX, Aromaten		
	2	Schwermetalle, MKW		
	1	Nährstoffe, gut biologisch abbaubare Stoffe oder zu vernachlässigende Gehalte der Klassen 3 und 2		

Tabelle 9-25: Kombinationsmöglichkeiten von Abwassermenge und Schadstoffgehalten im Abwasser

Kombination	Abwassermenge	Schadstoffgehalt
1	-	-
2	-	+
3	+	-
4	+	+

Legende:

- niedrig

+ hoch

9.3.2 Leitparameter

An sieben der zehn untersuchten Fallbeispiele bestätigten sich Abwasserexfiltrationen. Die Nachweise gelangen anhand der in Tabelle 9-26 aufgeführten Parameter MKW, Schwermetalle und untergeordnet BTEX und AOX. Der überwiegende Teil der sieben Fallbeispiele gehört Betrieben an, die Mineralöle umschlagen, verwenden oder herstellen (Anhänge 36/45, 49). Entsprechend häufig wurden positive Befunde für den Parameter MKW unterhalb von Schäden festgestellt. Die häufig zusammen mit MKW auftretenden aromatischen Kohlenwasserstoffe (BTEX) wurden demgegenüber nur in den Fällen Raffinerie (Fallbeispiel 6) und Kfz-Reparatur (Fallbeispiel 8) nachgewiesen. Hier sind sie aber nur wenig bedeutungsvoll. Die Schwermetalle Chrom und Kupfer sowie untergeordnet Blei, Nickel, Quecksilber, Zink und der Gruppenparameter AOX gehen auf Abwasser eines Textilveredelungsunternehmens (Fallbeispiel 7) zurück. Im anorganischen Mischabwasser eines Chemischen Betriebes (Fallbeispiel 10) waren u.a. die Schwermetalle Blei, Kupfer, Nickel und Zink enthalten.

Die nur geringfügig meßbaren Einflüsse durch BTEX sind u. a. auf die vergleichsweise geringe Sorbierbarkeit der Einzelstoffe im Untergrund zurückzuführen. Als Beispiel sei Benzol genannt, daß einen Kd-Wert von nur 2,4 l/kg aufweist. Demgegenüber betragen die Kd-Werte für die relativ gut sorbierbaren Schwermetalle zwischen 20 l/kg für Zink und 5.000 l/kg für Chrom. Für MKW (als Dieselmotorkraftstoff) wurden Kd-Werte von ≥ 50 l/kg ermittelt. Dementsprechend waren die Exfiltrationsnachweise dort am eindeutigsten, wo Parameter vom Sediment vergleichsweise gut sorbiert wurden.

Unter Berücksichtigung der heutigen Abwasserbeschaffenheit sind für das Textilveredelungsunternehmen die Meßwerte für Schwermetalle und die AOX-Gehalte als Einflüsse durch die ehemaligen Abwasserverhältnisse zu deuten. Sie stammen vermutlich aus einer Zeit, als diese Substanzen noch eine größere Rolle im Abwasser spielten.

Die untersuchten Fallbeispiele gehören Branchen an, die gemäß Kapitel 5, Tabelle 5-2 den Abwasserbeschaffenheitsklassen 3 und 2 zugeordnet worden sind. Diese werden charakterisiert durch die Parameter AOX und BTEX (Klasse 3) sowie MKW und Schwermetalle (Klasse 2).

Für Boden- und Grundwasseruntersuchungen sind darüber hinaus die branchenspezifischen (theoretischen) Leitparameter zu beachten (s. a. Tabelle 9-26), die z. T. auch Parameter anderer Abwasserklassen beinhalten. Diese werden berücksichtigt,

weil die Zuordnungsparameter zu den Abwasserbeschaffenheitsklassen nicht in jedem Fall zum Nachweis von Exfiltrationen geeignet sind. Hier muß ggf. auf weniger umweltrelevante Parameter, wie Schwermetalle und MKW zurückgegriffen werden, die dafür aber am Sediment vergleichsweise gut sorbiert werden.

Tabelle 9-26: Fallbeispiele – Leitparameter

Anhang/ VwV	Fall- bei- spiel	Abwasserherkunftsbereich	Mengen- klasse	Beschaf- fenheits- klasse	Leitparameter	
					theoretisch (Tab. 5-2)	nachge- wiesen
II Chemische Industrie, Kokerei						
22	10	Mischabwasser (anorganisch)	3	3	AOX, Cu, SM	Pb, Cu, Ni, Zn
36 / 45	6	Herstellung von Kohlenwasser- stoffen / Erdölverarbeitung (Raffinerien)	3	3	MKW, (BTEX), Phenole	MKW, (BTEX)
IV Metallerzeugung, Metallbe- und –verarbeitung, Herstell. von elektronischen Bauelementen						
40.10	3	Metallbearbeitung, Metallver- arbeitung	1	2	MKW, SM	MKW
VI Textil- und Ledergewerbe						
38	7	Textilveredelung	2	2	MKW, SM, (AOX)	Cr, Cu, (Pb, Ni, Hg, Zn, AOX)
VIII Dienstleistungen						
49	1	Kraftstofflager	1	2	MKW, (BTEX)	MKW
	2	Kfz-Reparatur	1	2	MKW, (BTEX)	-
	4	Kfz-Waschplatz	1	2	MKW, (BTEX)	-
	5	Tankstelle, Faßlager	1	2	MKW, (BTEX)	MKW
	8	Kfz-Reparatur	1	2	MKW, (BTEX)	MKW, BTEX, Pb
IX Sonstige						
31	9	Kühlsysteme	1	1	-	-

In Tabelle 9-26 sind die branchenspezifischen (theoretischen) Leitparameter den betriebsspezifischen (nachgewiesenen) Leitparametern gegenübergestellt. Es zeigt sich, daß auf den als Fallbeispiele ausgewählten Betriebsstandorten gute Übereinstimmungen zu den theoretischen Vorgaben vorliegen. In keinem Fall liegen Exfiltrationsnachweise durch Parameter vor, die nicht im Stoffspektrum enthalten sind. Vielmehr ist der Parameterumfang kleiner als erwartet. Diese Abweichungen ergeben sich aus den betrieblichen Besonderheiten - wie Produktionspaletten etc. - sowie aus der Sorbierbarkeit der Substanzen im Untergrund. Für Untersuchungen zum Nachweis von

Abwasserexfiltrationen sind die Leitparameter Schwermetalle und MKW insgesamt besser geeignet als BTEX und AOX.

9.3.3 Umweltrelevanz

Es bestätigte sich, daß Einflüsse durch exfiltrierendes Abwasser über 20 cm Tiefe unter Rohrsohle hinaus kaum mehr nachweisbar sind. Ausnahmen liegen nur dort vor, wo vergleichsweise hohe Schadstoffgehalte im Abwasser in Kombination mit Brüchen (B) und Undichtigkeiten (U) der Zustandsklassen 0 und 1 auftraten (Fallbeispiele 1, 5 und 6). Im Abwasser enthaltene MKW hatten hier zu erhöhten Meßwerten in den schadensnahen Proben geführt, die sich in abgeschwächter Form bis in Teufen von > 50 cm bis 100 cm fortsetzten.

Einen Sonderfall stellt Fallbeispiel 6 dar. Durch den Einsturz des Kanalrohres hatte sich ein Hohlraum herausgebildet, über den Mineralölkohlenwasserstoffe in Phase ins Erdreich gelangten. Der unter Rohrsohle erbohrte Grundwasserleiter war relevant beeinträchtigt. Dieses Extrembeispiel ist prozentual gesehen aber von untergeordneter Bedeutung (s. Kapitel 7.3) und sollte nicht auf die Gesamtsituation übertragen werden.

In Tabelle 9-27 sind die Streuungen der Meßwerte in abwasserbeeinflussten Proben für jene Parameter zusammengestellt, die Exfiltrationen bestätigten. Aus der Übersicht ist zu entnehmen, daß die Meßwerte für die in der BBodSchV aufgeführten Schwermetalle generell die Prüfwerte für Industrie- und Gewerbegrundstücke deutlich unterschreiten. Dies gilt im wesentlichen auch für die Parameter MKW und BTEX, die den Prüfwerten gemäß [LAWA-94] gegenübergestellt werden. Auffällig sind ausschließlich die MKW-Meßwerte für die Fallbeispiele 1 und 6. Mit maximal 2.800 mg/kg und > 10.000 mg/kg wird hier der Maßnahmenschwellenwert von 1.000 - 5.000 mg/kg einerseits erreicht, andererseits deutlich überschritten.

Die Untersuchungsergebnisse stimmen gut mit den theoretischen Abschätzungen des Schadstoffeintrages in Kapitel 8 überein. Im allgemeinen unterschreiten die gemessenen Feststoffbefunde die über Berechnungsansätze erzielten Ergebnisse deutlich. Den zuvor geschilderten Sonderfall ausgeschlossen, gehen von den dokumentierten und -dementsprechend auch von vergleichbar gelagerten - Verhältnissen keine relevanten Auswirkungen auf Boden und Grundwasser aus.

Tabelle 9-27: Fallbeispiele - Streuung abwasserbeeinflusster Meßwerte im Bodenfeststoff

Fallbeispiele		8: Kfz-Reparatur	1: Kraftstoff-lager	5: Tank-stelle Faßlager	3: Metall-formung	10: Kryolith, Holz-schutz	6:Raffin-erie	7: Textil
Anhang (AbwV)		49	49	49	40.10	22	36 / 45	38
Abwassermengen-klasse		1	1	1	2	3	3	2
Abwasserbeschaf-fenheitsklasse		2	2	2	2	2 / 3	3	2
Para-meter	Prüfwert (mg/kg)	Meßwert (mg/kg)						
BbodSchV – Prüfwerte für Industrie- und Gewerbegrundstück								
Pb	2.000	13-16				280		41
Cr	1.000							27
Ni	900					29		12
[LAWA-94] - Prüfwerte für Bodenbelastungen								
MKW	300-1.000	120-180	410-2.800	110-650	110-140		8.000-18.000	
BTEX	2-10	0,3-0,5					0,9-10	

9.4 Fazit der Fallbeispieluntersuchungen

Ergebnisse

- Nachweise von Abwasserexfiltrationen sind an die Schadensschwere gebunden (Kapitel 7): Deutliche Nachweise liegen an schweren Schäden der Zustandsklassen 0 und 1 vor. Geringere Einflüsse sind durch mittlere Schäden der Zustandsklassen 2 und 3 bedingt.
- Nachweise von Exfiltrationen sind an die Schadensart gebunden (Kapitel 7): Deutliche Nachweise werden an den Schadensarten Brüche (B) und Undichtigkeiten (U) dokumentiert. Demgegenüber exfiltrieren geringere Mengen Abwasser an Rißbildungen (R), während bei Lageabweichungen (L) und Hindernissen (H) Abwasserexfiltrationen nur gering bis nicht nachweisbar sind.
- Nachweise von Abwasserexfiltrationen sind an das Abwasseraufkommen gebunden (Kapitel 4): Deutliche Nachweise sind bei hohem Abwasseraufkommen wahrscheinlicher als bei vergleichsweise geringen Abwassermengen.
- Nachweise von Abwasserexfiltrationen sind an die Abwasserbeschaffenheit gebunden (Kapitel 5): Versickern Abwässer mit vergleichsweise hohen Schadstoffgehalten, sind deren Einflüsse im Boden zumeist deutlich nachweisbar.

- Nachweise von Abwasserexfiltrationen sind an die Abwasserinhaltsstoffe gebunden (Kapitel 8): Enthält das Abwasser Inhaltsstoffe, die vom Boden gut sorbiert werden ($K_d > 10 \text{ l/kg}$), sind Exfiltrationen deutlicher nachweisbar.
- Zum Nachweis von Abwasserexfiltrationen sind die branchen- / betriebsspezifischen Leitparameter nutzbar (Kapitel 5).
- Schwermetalle und MKW sind wegen ihrer vergleichbar guten Sorptionseigenschaften ($K_d > 10 \text{ l/kg}$) besser geeignet als AOX und BTEX ($K_d < 10 \text{ l/kg}$).
- Abwasserexfiltrationen sind überwiegend nur bis 20 cm unter Rohrsohle meßbar. Ausnahmen bestehen bei Brüchen (B) und Undichtigkeiten (U) der Zustandsklassen 0 und 1.

Empfehlungen

- Auf Grundlage der Fallbeispieluntersuchungen wird empfohlen, vorhandene Standortuntersuchungen neu zu bewerten und weitere Aufnahmen durchzuführen.

10 Bewertungsmodell zur Ermittlung des Untersuchungsbedarfs bei betrieblichen Grundstücksentwässerungsleitungen

Gegenüber der Aufnahme kommunaler Entwässerungsnetze wurden industrielle und gewerbliche Grundstücksentwässerungsleitungen bisher nur wenig untersucht. Um das aufgelaufene Vollzugsdefizit schrittweise abzubauen, ist ein Bewertungsansatz notwendig. Es werden die Betriebsstandorte ermittelt, bei denen ein vordringlicher Untersuchungsbedarf für das Entwässerungsnetz der Standorte gegeben ist. In Deutschland gibt es unterschiedliche Bewertungsmodelle zur Einstufung von Schäden bei kommunalen Entwässerungsanlagen. Weitgehend alle Bewertungsmodelle stützen sich auf durchgeführte optische Inspektionen. Die dabei festgestellten Schäden werden im allgemeinen nach dem im ATV Merkblatt M143 Teil 2 aufgeführten Schadenskürzeln beschrieben.

In Gegenüberstellungen der verschiedenen Bewertungsmodelle wird gezeigt, daß die Beurteilung der Sanierungsdringlichkeit in Einzelfällen stark voneinander abweicht [ST-98, EAG-98, HM-99]. Alle Bewertungsmodelle gehen schrittweise vor und bewerten zunächst die Einzelschäden. Dann werden die Schäden für eine Haltung zusammenfassend betrachtet und zuletzt die Gefährdungsaspekte für Umwelt und Hydraulik im Bereich der Haltung berücksichtigt. Im ersten Schritt gehen alle Bewertungsmodelle weitgehend vom Merkblatt ATV M 149 aus. Über Wichtungsfaktoren werden im zweiten Schritt die Einzelschäden und im dritten Schritt die Gefährdungsaspekte in einer weiteren Betrachtung zusammenfassend klassifiziert. Ziel der weiteren Betrachtung ist bei allen Modellen eine Prioritätensetzung oder ein Maßnahmenkatalog, der die durchzuführenden Sanierungs- oder Erneuerungsmaßnahmen haltungsweise beschreibt.

Bei der Bewertung mit den einzelnen Modellansätzen ist aufgrund der sehr umfangreichen Daten bzw. Schadenskürzeln eine automatisierte Vorauswertung über ein Rechenprogramm sinnvoll. Um Fehlinterpretationen zu vermeiden, ist auf jeden Fall im Anschluß eine Überarbeitung der so ermittelten Ergebnisse durch einen Fachingenieur notwendig, der in Zweifelsfällen anhand der dokumentierten Kanal-TV-Befahrung nachprüft, ob eine andere Bewertung der Schäden notwendig ist. Es muß unbedingt vermieden werden, daß die Bewertung allein speziellen EDV-gestützten Auswerteprogrammen und „technischen Daten“ überlassen bleibt.

10.1 Ermittlung des Handlungsbedarf für betriebliche Standorte

Wie unter anderem in Kapitel 2 ausgeführt, wird das Kanalnetz bei gewerblichen und industriellen Betrieben trotz der vorhandenen gesetzlichen Regelungen nur bei wenigen Betrieben nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik untersucht. Es ist daher sinnvoll vor allem die Betriebe einer Bewertung zu unterziehen, bei denen ein erhöhtes Gefährdungspotential durch Leckagen an undichten Kanälen gegeben ist. Es wird daher vorgeschlagen, die Vorgehensweise bei der Bewertung von industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen gegenüber kommunalen Kanalnetzen zu verändern.

Die vorhandenen Bewertungsmodelle für kommunale Entwässerungsnetze gehen von Einzelschäden aus, die in der Folge mit den Standortgegebenheiten gewichtet werden. Diese Vorgehensweise setzt große Unterschiede bei den Standortgegebenheiten vor-

aus, wie sie bei großen kommunalen Entwässerungsnetzen zu erwarten sind. Bei industriellen und gewerblichen Betrieben sind bei einem Großteil der Betriebsflächen keine Unterschiede bei den Standortbedingungen vorhanden. Der Bewertungsansatz dient also der Ermittlung der Betriebe, für die ein vordringlicher Handlungsbedarf zur Revitalisierung vorhandener Grundstücksentwässerungsleitungen gegeben ist. Nur so ist das vorhandene Vollzugsdefizit schrittweise abbaubar und es ergeben sich bessere Basisdaten zur vergleichenden Bewertung von industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen.

In Hinblick auf die vielen industriellen und gewerblichen Standorte wird es den Verantwortlichen vom Netzbetreiber, über die Aufsichtsinstanzen (Genehmigungsbehörden) bis hin zum Fachingenieur möglich, über ein Bewertungsmodell den Zustand eines Kanalsystems und damit das Gefährdungspotential für die Umwelt schnell einzuschätzen. Dabei wird berücksichtigt, daß eine Bewertung transparent und unkompliziert sein sollte, um die Anwendung wirtschaftlich und kostengünstig durchzuführen. Ein Bewertungsmodell darf nicht abschrecken, vielmehr soll es bei den Verantwortlichen und gerade bei den Netzbetreibern die Notwendigkeit eines intakten Entwässerungssystems bewusst machen.

10.2 Grundbewertung eines Standortes

In einem ersten Schritt der Bewertung, der sogenannten Grundbewertung, findet eine vergleichende Bewertung von Grundstücksentwässerungsleitungen gewerblicher Nutzflächen hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials für die Umwelt statt. Grundlage für diese Bewertungsstufe bilden ausschließlich betriebsspezifische und umweltrelevante Daten, die in der Regel vorliegen und ohne zusätzlichen technischen Aufwand zu recherchieren sind. Der bauliche Zustand der Grundstücksentwässerungsleitungen geht in diese Grundbewertung noch nicht ein.

Mit dieser Grundbewertung soll eine Einstufung einzelner Gewerbeflächen hinsichtlich ihres abwasserrelevanten Gefährdungspotentials erreicht werden, ohne auf die vielfach noch nicht vorhandenen bzw. nicht mehr aktuellen TV-Inspektionen zurückgreifen zu müssen. Das Ergebnis dieser Grundbewertung legt noch keine Prioritäten hinsichtlich auszuführender Sanierungsarbeiten fest. Es wird lediglich die Dringlichkeit von notwendigen Kanal-TV-Untersuchungen für das betroffene betriebliche Kanalbauwerk ermittelt.

Die vorgeschlagene Grundbewertung beruht auf einem Punktesystem. Für die grundlegenden betriebsspezifischen Angaben (**Betriebscharakteristik**) werden in abgestufter Wertung Grundzahlen vergeben (3: große Auswirkung; 1: geringe Auswirkung). Die umweltrelevanten Einflüsse (**Umweltcharakteristik**) gehen in Form von Risikofaktoren in die Vorauswahl relevanter Betriebe ein.

10.3 Betriebscharakteristik

In die Betriebscharakteristik gehen das jeweilige Abwasseraufkommen, die Abwasserbeschaffenheit, die Größe der Betriebsfläche und die letztmalige Inspektion des Kanalnetzes ein. Für diese Kriterien erfolgt eine Klassifizierung in drei Bewertungsklassen, die über eine einfache Punktbewertung zur Betriebscharakteristik zusammengefaßt werden. Die Ableitung der Klassifizierung erfolgt weitgehend in den vorherigen Kapiteln.

Bewertungskriterium: Abwassermenge

Entsprechend den Ausführungen von Kapitel 4 werden die durchschnittlichen pro Betriebsstandort behandelten Abwassermengen drei Bewertungsklassen zugeordnet:

- Klasse 3: große Abwassermenge ($\geq 100.000 \text{ m}^3/\text{a}$)
- Klasse 2: mittlere Abwassermenge ($\geq 20.000 \text{ m}^3/\text{a}$ bis $< 100.000 \text{ m}^3/\text{a}$)
- Klasse 1: geringe Abwassermenge ($< 20.000 \text{ m}^3/\text{a}$)

Auf die Klasse 3 entfallen insgesamt 85 % des behandelten Abwassers, während ihnen nur 20 % aller erfaßten Betriebe angehören. In die Klasse 1 gehen Wirtschaftszweige ein, die nur rund 3 % des behandelten Abwassers ausmachen. Sie beinhaltet aber 41 % der statistisch erfaßten Betriebe.

Zur Abwassermengenklasse 3 gehören im Mittel folgende Wirtschaftszweige/Branchen: (s. a. Tabelle 10-1):

- Chemische Industrie
- Herstellung von Chemiefasern
- Kokerei
- Papiergewerbe
- Erzeugung von Roheisen, Stahl, Ferrolegierungen
- Steinkohlenbergbau und -brikettherstellung
- Braunkohlenbergbau und -brikettherstellung

Bewertungskriterium: Abwasserherkunftsbereich

Ausgehend von den Abwasserherkunftsbereichen lassen sich analog zu den Ausführungen von Kapitel 5 die Wirtschaftszweige/Branchen drei Abwasserbeschaffenheitsklassen zuordnen:

- | | |
|---|---|
| - Abwasserbeschaffenheitsklasse 3
(AOX, Aromaten) | Hohe Umweltrelevanz
(12 Herkunftsbereiche) |
| - Abwasserbeschaffenheitsklasse 2
(Schwermetalle, MKW) | Mittlere Umweltrelevanz
(10 Herkunftsbereiche) |
| - Abwasserbeschaffenheitsklasse 1
(Nährstoffe, gut biologisch abbaubare
Stoffe oder zu vernachlässigende
Gehalte der Klasse 3 und 2) | Geringe Umweltrelevanz
(23 Herkunftsbereiche) |

Für jede Abwasserbeschaffenheitsklasse lassen sich die Umwelteinflüsse anhand der charakteristischen Inhaltsstoffe ausreichend nachweisen und beschreiben.

Boden und Grundwasser können besonders durch Abwässer der Klassen 3 und 2 beeinträchtigt werden. Hierzu gehören im wesentlichen die Wirtschaftszweige Chemische Industrie (II), Metall (IV), Papiergewerbe (V) und Textil und Leder (VI).

In Tabelle 10-1 sind für die einzelnen Abwasserherkunftsbereiche die mittleren Mengen- und Beschaffenheitsklassen zusammengestellt. Eine hohe Umweltrelevanz und einen entsprechenden Untersuchungsbedarf der Kanalnetze haben Branchen der Mengenkategorie 3 und der Beschaffenheitsklasse 3.

Bewertungskriterium: Größe der versiegelten Fläche

Die Bewertung der versiegelten Flächen eines Standortes dient zur Abschätzung der Größenordnung des jeweiligen Grundstücksentwässerungsnetzes. Der Rückschluß auf das von der Größe des Entwässerungsnetzes ausgehende Gefährdungspotential ist zwar mit hohen Unsicherheiten behaftet, aber es gehen standortspezifische Rahmenbedingungen in die Bewertung ein.

Generell lassen sich nach Kapitel 7 drei Größenklassen unterscheiden:

- Größenklasse 3
großes Standortnetz Netzlänge > 10.000 m
versiegelte Betriebsfläche > 10 ha
- Größenklasse 2
mittelgroßes Standortnetz Netzlänge 1.000 bis 10.000 m
versiegelte Betriebsfläche 1 ha bis 10 ha
- Größenklasse 1
kleines Standortnetz Netzlänge < 1.000 m
versiegelte Betriebsfläche < 1 ha

Bewertungskriterium: Kanalinspektion

Bei der Bewertung soll in Anlehnung an die Eigenkontrollverordnungen und die DIN 1986-30 die Häufigkeit von durchgeführten Kanalinspektionen berücksichtigt werden. Es wird unterstellt, daß bei Industrie und Gewerbe zumindest alle 10 Jahre eine Kanal-TV-Untersuchung stattfinden sollte.

- Untersuchungsklasse 3
letzte Kanal-TV-Untersuchung liegt mehr als 10 Jahre zurück oder wurde noch nicht durchgeführt
- Untersuchungsklasse 2
Kanal-TV-Untersuchung liegt zwischen 5 und 10 Jahre zurück
- Untersuchungsklasse 1
Kanal-TV-Untersuchung erfolgte im Zeitraum der letzten 5 Jahre

Gesamtbewertung der Betriebscharakteristik

Die Tabelle 10-2 enthält alle Bewertungskriterien zur Betriebscharakteristik. Analog zu den Klassen lassen sich für die einzelnen Kriterien Punkte vergeben. Die höchste Punktzahl, also 12 Punkte, erreicht ein Betrieb, der bei allen Bewertungskriterien in Klasse 3 eingestuft wird. Über die Bewertung der Betriebscharakteristik läßt sich eine Rangfolge von Betrieben erstellen, für die ein vordringlicher Untersuchungsbedarf besteht.

Betriebskennzahl:	10 – 12 Punkte	Untersuchung dringend;
	7 – 9 Punkte	Untersuchung notwendig;
	4 – 6 Punkte	Untersuchung möglich

Tabelle 10-1: Abwasserherkunftsbereiche - Verknüpfung von Abwasserbeschaffenheits- und Abwassermengenklassen

Anhang / VwV	Abwasserherkunftsbereich	Mengen- klasse	Beschaffen- heitsklasse	Summe
I Kohlenbergbau: Brikettherstellung, Steinkohlenaufbereitung				
2	Braunkohle/ Brikettfabrikation	3	1	4
16	Steinkohlenaufbereitung	3	1	4
II Chemische Industrie, Kokerei				
9	Herstellung von Beschichtungsstoffen / Lack- harzen	3	3	6
22	Mischabwasser	3	3	6
30	Sodaherstellung	3	2	5
36	Herstellung von Kohlenwasserstoffen	3	3	6
37	Herstellen anorganischer Pigmente	3	3	6
42	Alkalichloridelektrolyse	3	3	6
43	Herstellung Chemiefasern, Folien Viskoseverfahr.	3	3	6
44	Herstellung von mineralischen Düngemitteln	3	2	5
45	Erdölverarbeitung (Raffinerien)	3	3	6
48	Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe	3	3	6
46	Steinkohleverkokung	3	3	6
III Keramik, Glasgewerbe, Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden				
17	Herstellung keramischer Erzeugnisse	1	1	2
26	Steine und Erden	1	1	2
41	Herstellung Glas und künstlichen Mineralfasern	1	1	2
IV Metallerzeugung, Metallbe- und -verarbeitung, Herstell. von elektronischen Bauelementen				
24, Teil A	Eisen- und Stahlerzeugung	3	2	5
24, Teil B	Eisen-, Stahl- und Tempergießerei	1	2	3
39	Nichteisenmetallherstellung	2	2	4
40	Metallbearbeitung, Metallverarbeitung	1	2	3
54	Herstellung von Halbleiterbauelementen	2	3	5
V Holz-, Papier- und Druckgewerbe				
13	Holzfaserplatten	1	1	2
19, Teil A	Zellstofferzeugung	3	2; 3	5; 6
19, Teil B	Herstellung von Papier und Pappe	3	1	4
56	Herstellung von Druckformen, Druckerzeugnis.	3	1	4
VI Textil- und Ledergewerbe				
25	Lederherstellung, Pelzveredelung, etc.	2	2	4
38	Textilherstellung, Textilveredelung	2	2	4
57	Wollwäschereien	2	3	5
VII Ernährungsgewerbe und vergleichbare Gewerbe				
3	Milchverarbeitung	2	1	3

Anhang / VwV	Abwasserherkunftsbereich	Mengen- klasse	Beschaffen- heitsklasse	Summe
4	Ölsaataufbereitung/Speisefett- /Speiseölraffin.	2	1	3
5	Herstellung von Obst- und Gemüseprodukten	2	1	3
6	Herst. Erfrischungsgetränken/Getränkeabfüllung	2	1	3
7	Fischverarbeitung	2	1	3
8	Kartoffelverarbeitung	2	1	3
10	Fleischwirtschaft	2	1	3
11	Brauereien	2	1	3
12	Herstellung von Alkohol/alkoholischen Getränken	2	1	3
14	Trocknung pflanzlicher Produkte für die Futter- mittelherstellung	2	1	3
15	Herstellung Hautleim, Gelatine und Knochenleim	2	1	3
18	Zuckerherstellung	2	1	3
20	Fleischmehlindustrie	2	1	3
21	Mälzereien	2	1	3
28	Melasseverarbeitung	2	1	3
29	Fischintensivhaltung	Entfällt		
VIII Dienstleistungen				
49	Mineralöhlhaltiges Abwasser	1	2	3
50	Zahnbehandlung	Entfällt		
52	Chemischreinigung	Entfällt		
53	Fotografische Prozesse (Silberhalogenid- Fotografie)	Entfällt		
55	Wäschereien	1	2	3
IX Sonstige				
31	Wasseraufbereitung/Kühlsysteme/Dampferzeug.	Entfällt		
47	Rauchgaswäsche aus Feuerungsanlagen	Entfällt		
51	Oberirdische Ablagerung von Abfällen	Entfällt		
1	Häusliches und kommunales Abwasser	Entfällt		

Tabelle 10-2: Gesamtbewertung Betriebscharakteristik

Kriterien	Klasse 3	Klasse 2	Klasse 1
Abwassermengen	> 100.000 m³/a	≥ 20.000 m³/a bis < 100.000 m³/a	< 20.000 m³/a
Abwasserbeschaffenheit	Chemische Industrie, Kokerei	Textil- und Leder- gewerbe Metallerzeugung	Keramik, Glasgewer- be, Gewinnung von Steinen und Erden, Ernährungsgewerbe und vergleichbare Gewerbe Kohlenbergbau
Versiegelte Betriebs- fläche	> 10 ha	1 – 10 ha	< 1 ha
Inspektion des Ka- nalnetzes	> 10 Jahre	5 – 10 Jahre	< 5 Jahre

10.4 Umweltcharakteristik

In Ergänzung zur Betriebscharakteristik lassen sich zusätzlich Kriterien aufstellen, die umweltrelevante Standortbedingungen berücksichtigen. Als Bewertungskriterien gehen ein: die Lage des Betriebsstandortes zu einem Trinkwasserschutzgebiet, der Flurabstand zum Grundwasser bzw. die Bedingungen für eine Abwasserexfiltration aus dem betrieblichen Kanalnetz und die Durchlässigkeit des Untergrundes.

Bewertungskriterium: Trinkwasserschutzzone

Von wesentlicher Bedeutung für die Einstufung des Gefährdungspotentials ist die Lage der Grundstücksentwässerungsleitungen zu Flächen, die als Trinkwasserschutzzone oder Heilquellenschutzzone ausgewiesen sind. In diesen Schutzzone ergeben sich erhöhte Anforderungen an den Bau und die Inspektion von Abwasserleitungen.

Bewertungskriterium: Exfiltration

Mit diesem Kriterium geht die Lage der Entwässerungsleitungen zum Grundwasser in die Bewertung ein. Bei einem Niveau oberhalb des Grundwasserspiegels wird generell davon ausgegangen, daß Exfiltrationsvorgänge an undichten Schadstellen möglich sind. Bei Lage im Grundwasser ist die Gefahr von Schadstoffausträgen im Regelfall als gering zu betrachten. Hier findet eine Infiltration von Grundwasser in das Leitungssystem statt.

Bewertungskriterium: Durchlässigkeit des Untergrundes

Der Einfluß der Untergrundbedingungen am Standort auf den Transport von Schadstoffen geht hier in die Grundbewertung ein. Eine Unterscheidung erfolgt in drei Stufen:

- gut durchlässig: grobkörniger Boden – Feinkornanteil ≤ 5%.

- durchlässig: gemischtkörniger Boden bzw. wechselhafte Verhältnisse - Feinkornanteil >5% bis <40%;
- gering durchlässig: feinkörniger Boden - Feinkornanteil $\geq 40\%$;

Da in der Regel an einem Standort nicht ein einheitlicher geologischer Aufbau gegeben ist, muß vordringlich die höchste Durchlässigkeitsstufe berücksichtigt werden, die den Eintrag bzw. die Ausbreitung von Schadstoffen begünstigt.

Für Lockergesteine ergeben sich folgende Werte für den Durchlässigkeitsbeiwert:

reiner Kies	$10^{-1} - 10^{-2}$	m/s	gut durchlässig
grobkörniger Sand	um 10^{-3}	m/s	gut durchlässig
mittelkörniger Sand	$10^{-3} - 10^{-4}$	m/s	gut durchlässig
feinkörniger Sand	$10^{-4} - 10^{-5}$	m/s	durchlässig
schluffiger Sand	$10^{-5} - 10^{-6}$	m/s	durchlässig
toniger Schluff	$10^{-6} - 10^{-9}$	m/s	gering durchlässig
Ton	$< 10^{-9}$	m/s	gering durchlässig

Die Tabelle 10-3 führt die Bewertung der Umweltcharakteristik zu einer Umweltkennzahl zusammen. Wie bei der Betriebscharakteristik ergeben sich jeweils für die Kriterien Punktzahlen zwischen 1 und 3. Die höchste Bewertung für einen Standort ergibt sich bei einer Gesamtpunktzahl von 9.

Umweltkennzahl:	7 – 9 Punkte	Umweltauswirkung gegeben
	5 – 6 Punkte	Umweltauswirkung möglich
	3 – 4 Punkte	Umweltauswirkung gering

An Hand der ermittelten Bewertungszahlen können verschiedene Standorte hinsichtlich ihres möglichen Gefährdungspotentials untereinander verglichen werden. Ein höheres Gefährdungspotential wird mit einer größeren Punktzahl bewertet.

Tabelle 10-3: Bewertung der Umweltcharakteristik

Bewertungskriterien	Klasse 3	Klasse 2	Klasse 1
Trinkwasserschutzzone (TWSZ)	Innerhalb		außerhalb
Abwasserexfiltration möglich	ja		nein
Durchlässigkeit Untergrund	gut durchlässig	durchlässig	gering durchlässig

10.5 Anwendung der Fallbeispiele für die Bewertung

Die Tabelle 10-4 stellt für die zehn Fallbeispiele aus Kapitel 9 die Bewertung der Betriebskennzahl und der Umweltkennzahl zusammen. Den jeweiligen Kriterien zur Bewertung wurden dazu die zuvor beschriebenen Punktzahlen zugewiesen.

Tabelle 10-4: Bewertung der Fallbeispiele – Teil 1

Fallbeispiele (nach Kapitel 9)	Betriebscharakteristik				Umweltcharakteristik		
	Menge	Ab- wasser	Fläche	Inspek- tion	TWSZ	Exfiltra- tion	Unter- grund
1 Kraftstofflager	1	2	1	2	1	3	1
2 Kfz-Reparatur	1	2	1	1	1	3	3
3 Metallformung	2	2	2	1	1	3	3
4 Kfz-Waschplatz	1	2	1	1	1	3	3
5 Tankstelle, Faßlager	1	2	1	2	1	3	2
6 Raffinerie	3	3	3	3	1	3	3
7 Textil	2	2	3	2	1	3	3
8 Kfz-Reparatur	1	2	2	1	1	3	3
9 Kühlsysteme	1	1	2	2	1	3	3
10 Kryolith, Holz schutz	3	3	2	3	1	3	2

Tabelle 10-5: Bewertung der Fallbeispiele – Teil 2

Fallbeispiele	Betriebs- charakteristik	Umwelt- charakteristik	Summe	Rangfolge Untersuchung
1 Kraftstofflager	6	5	11	7.
2 Kfz-Reparatur	5	7	12	6.
3 Metallformung	7	7	14	4.
4 Kfz-Waschplatz	5	7	12	6.
5 Tankstelle	6	6	12	6.
6 Raffinerie	12	7	19	1.
7 Textil	9	7	16	3.
8 Kfz-Reparatur	6	7	13	5.
9 Kühlsysteme	6	7	13	5.
10 Kryolith, Holz schutz	11	6	17	2.

Die Summe der Bewertung enthält Tabelle 10-5. Danach hat die größte Priorität für eine Untersuchung das Fallbeispiel 6. Für die Betriebscharakteristik ergeben sich 12 Punkte, somit ist ein dringender Handlungsbedarf gegeben. Für die Betriebscharakteristik lassen sich bei den zehn Fallbeispielen Punktzahlen zwischen 6 und 12 ermitteln. Dies ist auf die Streubreite der vier bewerteten Kriterien zurückzuführen. Eine deutlich geringere

Streubreite ergibt sich für die ermittelten Umweltcharakteristiken, da kein Fallbeispiel in einem Trinkwasserschutzgebiet gelegen ist.

In Tabelle 10-5 sind die ermittelten Betriebs- und Umweltkennzahlen für die Fallbeispiele zusammengestellt und einer Rangfolge für die Untersuchungsdringlichkeit zugeordnet. Die in Kapitel 9 dokumentierten Untersuchungsergebnisse bestätigen weitgehend die ermittelte Rangfolge. Im Einzelfall muß bei der Bewertung darauf geachtet werden, daß die Untersuchungsdringlichkeit sich auf Teilnetze der Kanalisation eines Standortes beziehen kann.

10.6 Empfehlungen zur Bewertung des baulichen Zustandes

Die eigentliche Kanalzustandsbewertung erfolgt durch eine Kamerabefahrung der zu bewertenden Kanalnetze. Die durch die Kanal - TV - Untersuchungen erfaßten Schäden werden einer Bewertung unterzogen, auf deren Basis über notwendige Sanierungsumfänge und über die Sanierungsart entschieden wird.

Grundlage für die Beschreibung der während der Kanal - TV – Untersuchung festgestellten Schäden bildet bei den meisten Bewertungsmodellen die Nomenklatur der ATV M 143 Teil 2. Die Beschreibung eines Einzelschadens erfolgt über einen 4-stelligen Schadenstext in Kombination mit numerischen Zusätzen (5. Stelle). Die Nomenklatur ist in Kapitel 7 ausführlich beschrieben. Neben der Schadensart (1.Stelle) und den Schadensspezifikationen (2. – 4. Stelle) haben die numerischen Zusätze der 5. Stelle bei einer Zustandsbewertung nach ATV M 149 einen wesentlichen Einfluß auf die Klassifikation des Einzelschadens. Die praktischen Erfahrungen im Umgang mit diesen Bewertungssystemen zeigen, daß gerade die Angaben zur Schadensgröße und somit die Formulierung der numerischen Zusätze großen subjektiven Einflüssen, hervorgerufen durch den jeweiligen Kanal-TV-Befahrer, unterliegen. An dieser Stelle der Schadensbeschreibung treten die häufigsten Fehleinschätzungen auf.

Für die Zuordnung des Einzelschadens in die Schadensklassen 0 bis 4 nach ATV M 149 kommt bei einem Großteil der Schadensarten aber gerade der Beschreibung der Schadensgröße durch die numerischen Zusätze eine große Bedeutung zu.

Diese möglichen Fehleinschätzungen zur Schadensgröße und die auf der Schadensgröße basierenden, z. T. sehr feingliedrigen Klassenabgrenzungen (ATV M 149 Tabelle 1 Abgrenzung der Zustandsklassen) können so zu einer falschen Klassifizierung des zu bewertenden Einzelschadens führen (s. Kapitel 7). Die praktische Handhabung der Klassifizierung nach den numerischen Zusätzen wird zusätzlich durch die unterschiedlichen prozentualen Klassenabgrenzungen je Schadensart erschwert.

An Stelle einer unsicheren prozentualen Beschreibung der Schadensgröße ließe sich an der 5. Stelle des Schadenstextes die Auswirkung des dokumentierten Schadens auf die Hydraulik bzw. die Standsicherheit des Kanalbauwerkes mit einer einfachen ja/nein Entscheidung dokumentieren.

Eine grundsätzliche Vereinfachung der Bewertung läßt sich außerdem durch eine Reduzierung der Schadensklassen von bisher 5 Zustandsklassen nach ATV M 149 auf 3 Zustandsklassen erreichen.

Die in der Kanal-TV-Befahrung erstellten Film- und Fotodokumentationen sollten für den Fachingenieur das wichtigste Instrument zur Beurteilung eines Kanalzustandes sein. Die auf Grundlage der vom Kanal-TV-Befahrer eingegebenen Daten sollten immer nur einer ersten Abschätzung der Gesamtsituation dienen und in keinem Fall zur Auswertung der Daten auf Grundlage von „Spezialprogrammen“ verleiten. Die Bewertung im Einzelfall und die vorläufige Einstufung der Einzelschäden in Prioritätenklassen können nur vom Fachingenieur unter Berücksichtigung aller ihm zur Verfügung stehenden Daten und Erfahrungen aus bereits durchgeführten Auswertungen und Sanierungen erfolgen.

Folgende Prioritätenklassen werden vorgeschlagen:

Prioritätenklasse 3: Sofortsanierung

Schaden:

Schwere und mittelschwere Schäden, wie z.B. Einbrüche, Ausbrüche in den Kanalwandungen, Scherbenbildungen, Risse, schwere Muffenversätze, sichtbare Undichtigkeiten, Bodensichtung sowie alle Schäden, die auf Undichtigkeiten schließen lassen und Kanäle, die nicht untersucht werden konnten (Befahrungsabbruch).

Bezug zu Schadensklasse ATV M 149:

Die hier eingestuften Schäden entsprechen den ATV Zustandsklassen 0 und I.

Sanierungsanforderung:

Die Schäden sind unmittelbar im Anschluß an die Auswertung in einer Ausführungs- und Sanierungsplanung zu erfassen und umgehend zu sanieren.

Prioritätenklasse 2: Mittelfristige Sanierung

Schaden:

Leichte und mittelschwere Schäden, wie z.B. Haarrisse, leichte Muffenversätze, Unterbögen sowie alle Schäden, die nicht auf signifikante Undichtigkeiten schließen lassen. Ferner Teilablagerungen, die geringe Auswirkungen auf die Hydraulik haben.

Bezug zu Schadensklasse ATV M 149:

Die hier eingestuften Schäden entsprechen der ATV Zustandsklasse II.

Sanierungsanforderung:

Die Schäden sollten in einem Zeitrahmen von ca. 2 bis 5 Jahren saniert werden. Treten innerhalb dieser Zeit Verschlechterungen des Zustandes ein, muß die Sanierung evtl. vorgezogen werden.

Prioritätenklasse 1: Langfristige Sanierung/kein Handlungsbedarf

Schaden:

Geringfügige Schäden, wie z.B. geringfügige Ablagerungen, leichte Muffenversätze und -verschiebungen, gering einragende Stützen etc., keine sichtbaren Schäden.

Bezug zu Schadensklasse ATV M 149:

Die hier eingestuften Schäden entsprechen den ATV Zustandsklassen III und IV.

Sanierungsanforderung:

Die Schäden sollten im Zuge von zeitgleich stattfindenden Baumaßnahmen saniert werden. In jedem Fall ist eine weitere Beobachtung der Schäden, in Anlehnung an die Untersuchungsintervalle der Eigenkontrollverordnungen / DIN-Norm vorzusehen und die Situation neu zu bewerten. Die Einstufung einer Haltung in Haltungsklassen in Anlehnung an den schwersten in der Haltung erkundeten Schaden wird nicht als optimale Lösung gesehen. Eine Entscheidung zur partiellen Sanierung eines Einzelschadens der Priorität I oder zur Gesamtsanierung der entsprechenden Haltung wird weitgehend von wirtschaftlichen und technischen Randbedingungen bestimmt und nicht unbedingt von einer angewandten Haltungsklassifizierung.

10.7 Fazit zur Bewertung

Ergebnisse

- Für die Revitalisierung von industriellen und gewerblichen Grundstücks-entwässerungsleitungen ist es erforderlich, zuerst jene Betriebsstandorte zu ermitteln, wo ein vordringlicher Handlungsbedarf vorliegt. Hierzu wird ein Bewertungsansatz ausgearbeitet, mit dem die Betriebsstandorte (Betriebe und Standortverhältnisse) beurteilt werden können.
- In die sogenannte Grundbewertung gehen die Betriebscharakteristik und die Umweltcharakteristik ein.
- Über die Grundbewertung der Standortgegebenheiten (Umweltcharakteristik) lassen sich gegenüber der Betriebscharakteristik weitere umweltrelevante Sachverhalte erfassen.
- Anhand der Grunddaten zur Betriebscharakteristik und zur Umweltcharakteristik für die Fallbeispiele wird die Anwendbarkeit der Prioritätensetzung nachgewiesen.

Empfehlungen

- Es wird bei der Schadensbewertung eine Reduzierung der Zustandsklassen von 5 auf 3 vorgeschlagen, um den Aufwand für die Bewertungen zu vereinfachen.

11 Zusammenfassung

Das Forschungsvorhaben hat zum Ziel, die Umweltbelastungen von Schadstoff-freisetzungen bei undichten Kanälen von gewerblichen und industriellen Grundstücksentwässerungsleitungen zu quantifizieren. Es wird geklärt, warum generell Angaben zu Grundstücksentwässerungsleitungen fehlen. Dabei wirken sich die technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen aus. Auf Grundlage der Untersuchungen werden Empfehlungen zur Revitalisierung von betrieblichen Grundstücksentwässerungsleitungen gegeben.

Da allgemein gültige Basisdaten über den Bestand und den Untersuchungsumfang von industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen fehlen, werden die Aussagen zum Bestand des Kanalnetzes und zu den Schäden aus verfügbaren Teilstatistiken und aus Einzelfallrecherchen abgeleitet.

Dazu wurden **Kontakte zu Behörden** aufgenommen, die für die Genehmigung und Überwachung von betrieblichen Kanalnetzen zuständig sind. Es sollte festgestellt werden, welche rechtlichen Rahmenbedingungen vorhanden sind, wie sie umgesetzt werden und wo gegebenenfalls Vollzugsdefizite bestehen. Danach sind in den Bundesländern / Kommunen unterschiedliche Bedingungen zur Genehmigung und Überwachung eingeführt. Es gibt Überschneidungen unterschiedlicher Rechtsbereiche, die zu einer Überregulierung geführt haben. Im Einzelfall überblicken daher die zuständigen Behörden die gültigen rechtlichen Rahmenbedingungen nicht.

Im Rahmen des Vorhabens konnte ein Vollzugsdefizit in Bezug auf die Überwachung betrieblicher und gewerblicher Grundstücksentwässerungsleitungen festgestellt werden. Von den zuständigen Behörden werden die geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen nicht ausreichend verfolgt. Dies liegt zum einen an Personalmangel, zum anderen an der Vielzahl der geltenden Bestimmungen. Durch dieses Vollzugsdefizit sind auch die betroffenen Betriebe nur begrenzt zu einer Untersuchung ihres Kanalnetzes bereit.

Eine zentrale Bedeutung haben dabei die **Eigenkontrollverordnungen** oder **Selbstüberwachungsverordnungen** der Länder. Diese sind in der Regel unterschiedlich formuliert und enthalten Anforderungen an die Eigenkontrolle von Grundstücksentwässerungsleitungen. Die Anforderungen sind von Land zu Land unterschiedlich. Sie können die regelmäßige Kontrolle des Kanalnetzes, die Dokumentation der Schäden und Angaben zur Sanierung von Schäden umfassen. Einzelne Länder verzichten ganz auf eine einheitliche Eigenkontrollverordnung und weisen die Kontrolle kommunalen Satzungen zu. Auffallend ist, daß die Eigenkontrollverordnungen von den allgemein anerkannten Regeln der Technik und auch vom Stand der Technik sprechen, jedoch die ATV-Regeln und DIN-Normen mitunter höhere Anforderungen in Bezug auf die Inspektion und Dokumentation beinhalten. Allen Ländern fehlt offensichtlich ein einheitliches Kataster, das die wesentlichen Ergebnisse der Eigenkontrolluntersuchungen zusammenfaßt.

Im Rahmen des Vorhabens wurden eine Vielzahl von **Industrie- und Gewerbebetrieben** – oft unter Vermittlung der zuständigen Behörden – angesprochen, um Basisdaten zum betriebseigenen Kanalnetz selbst und zu den jeweiligen Schäden erheben zu können. Es zeigte sich, daß sowohl bei den Behörden als auch bei den Betrieben nur eine geringe Bereitschaft zur Unterstützung des Vorhabens anzutreffen war. Auch

der Hinweis zur Anonymisierung der bereitgestellten Informationen veranlaßte nur wenige Betriebe zur **Datenbereitstellung**. Daraus ist ableitbar, daß die angesprochenen Betriebe negative Folgen bei einer Analyse der Basisdaten zum Kanalnetz und bei Standortuntersuchung im Umfeld von Schadstofffreisetzungen erwarten. Im Einzelfall kommt hinzu, daß bei Standorten mit langjähriger Betriebszeit der mögliche Nachweis von altlastenbedingten Umweltschäden befürchtet wird.

Basierend auf Erhebungen des Statistischen Bundesamtes läßt sich das produktionsspezifische **Abwasseraufkommen** abschätzen. Es handelt sich um 1,4 Mrd. m³ Abwasser, das jährlich einer Abwasserbehandlung unterzogen werden muß. In dieser Summe ist nur das Abwasseraufkommen großer Betriebe enthalten, da Betriebe mit einem Abwasseraufkommen kleiner als 10.000 m³/a statistisch nicht erfaßt werden. Etwa 85 % des zu behandelnden Abwassers wird von Betriebsstandorten mit einem Abwasseraufkommen größer 100.000 m³/a gestellt. Dies sind etwa 20 % aller statistisch erfaßten Betriebsstandorte. Das behandelte Abwasseraufkommen von 19 Wirtschaftszweigen läßt sich drei Mengenklassen zuordnen.

In Bezug auf die **Abwasserbeschaffenheit** wurden 53 Abwasserherkunftsbereiche näher betrachtet. Zwölf Wirtschaftszweige/Branchen haben aufgrund der Abwasserbeschaffenheit eine hohe Umweltrelevanz, so daß hier ein erhöhtes Umweltrisiko bei Schadstofffreisetzungen bei undichten Kanälen zu besorgen ist. Es handelt sich um Branchen, die sich einer Beschaffenheitsklasse 3 mit den Leitparametern AOX und Aromaten zuordnen lassen. Die Betriebe der Branche gehen überwiegend mit organischen Stoffen um, die als wassergefährdend einzustufen sind. Eine mittlere Umweltrelevanz (Beschaffenheitsklasse 2, Leitparameter: Schwermetalle und MKW) wird 10 Wirtschaftszweigen/Branchen zugewiesen, bei denen vor allem Schwermetalle und MKW als wassergefährdende Stoffe im Abwasser enthalten sind. In den Wirtschaftszweigen mit relevanten Abwasserbeschaffenheitsklassen fallen auch die größten Mengen behandelten Abwassers an. Die übrigen 31 Abwasserherkunftsbereiche führen im Abwasser überwiegend biologisch abbaubare Stoffe.

Gegenüber öffentlichen Kanälen sind 80 % der **betrieblichen Kanalnetze** als Trennkanalisationen ausgebaut. Die Gesamtlänge des Entwässerungsnetzes von Industrie und Gewerbe läßt sich mit 220.000 km abschätzen. Der Anteil der schmutzwasserführenden Kanäle mit einem erhöhten umweltrelevanten Gefährdungspotential hat eine Länge von ca. 110.000 km. Große Entwässerungsnetze sind vor allem bei den Branchen Chemie, Metallbearbeitung und –verarbeitung und Fahrzeugbau anzutreffen, deren Leitungsnetze in der Regel besser untersucht sind als bei kleineren Betrieben. Die Schmutzwassersysteme sind überwiegend in Steinzeug ausgeführt. In Bezug auf die Leitungslängen läßt sich ein vordringlicher Untersuchungsbedarf bei betriebseigenen Kanalnetzlängen größer 1.000 m bzw. 1 ha versiegelter Fläche ableiten.

Die bei industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen ermittelte Schadensdichte liegt um den Faktor 2 bis 3 über der **Schadenshäufigkeit** öffentlicher Kanalnetze. Dies trifft vor allem für kleine und mittelgroße Betriebsstandorte zu, die seit Jahrzehnten betrieben werden und bisher nicht ausreichend gewartet wurden. Eine umweltbeeinträchtigende Wirkung ist bei Kanalschäden der Zustandsklassen 1 und 0 (nach ATV M 149) zu erwarten. Diese Schäden haben in der Regel auch eine starke Auswirkung auf die Funktionsfähigkeit des Kanals. Mit Exfiltrationen ist bei etwa 80 % aller Schäden zu rechnen, bei Berücksichtigung der Schadensgröße ergeben sich jedoch bei weit unter 50 % signifikante Exfiltrationsraten.

Zur **Umweltrelevanz von Exfiltrationen** wurden die möglichen Umweltbelastungen durch Schadstofffreisetzungen aus undichten Kanälen abgeschätzt. Es zeigt sich, daß bei den angesetzten Abwasserexfiltrationen und -belastungen nur geringe Stoffeinträge in Boden und Grundwasser zu erwarten sind. Nur bei hohen Konzentrationen im Abwasser sind auch hohe Bodenbelastungen zu erwarten, soweit die Inhaltsstoffe starke Sorptionseigenschaften besitzen. Signifikante Meßwerte im Grundwasser sind bei Freisetzungen aus einer undichten Kanalisation bei erhöhten Sorptionseigenschaften nur in unmittelbarer Nähe der Schadensstelle zu erwarten.

Es wurden im Rahmen des Vorhabens an ausgewählten **Untersuchungsbeispielen** die Auswirkungen von Abwasserexfiltrationen auf Boden und Grundwasser unter unterschiedlichen Bedingungen betrachtet. Die zehn untersuchten Fallbeispiele sind den Wirtschaftszweigen Chemische Industrie, Kokerei, Metallerzeugung, Metallbe- und -verarbeitung, Textil- und Ledergewerbe, Dienstleistungen und Sonstige zuzuordnen und betreffen Branchen mit unterschiedlichem Abwasseraufkommen und Abwassergüte. Die Kriterien Kanalbauwerk und Untergrundverhältnisse betreffen Kanalschäden der Zustandsklassen 0 bis 4 und gute bis gering durchlässige Sedimente.

Die Fallbeispiele bestätigen, daß Exfiltrationen über Bodenbelastungen nur bei schweren Schäden der Zustandsklassen 0 und 1 deutlich nachweisbar sind. Diese Exfiltrationen sind insbesondere an die Schadensarten Brüche (B), Undichtigkeiten (U) und geringem Ausmaß an Rißbildungen (R) gebunden. Deutlich werden die Auswirkungen bei einem hohen Abwasseraufkommen und bei hohen Schadstoffgehalten im Abwasser. Exfiltrationen ergeben sich für Schadstoffe, die im Boden gut sorbiert werden, wobei diese in der Regel nur in unmittelbarer Nähe der Schadenstelle belegbar sind.

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse sollte die Eigenüberwachung prioritär bei den betrieblichen und industriellen Grundstücksentwässerungsleitungen erfolgen, für die ein Handlungsbedarf in Bezug auf eine potentielle Umweltbelastung gegeben ist. Dazu wird ein **Bewertungsmodell** vorgeschlagen, mit dem über eine standortbezogene Betriebscharakteristik und eine Umweltcharakteristik der Untersuchungsbedarf ermittelt werden kann. Unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips für Wasser und Boden wird somit die Untersuchung und die Überwachung von Kanalnetzen auf relevante Betriebe ausgerichtet und sichergestellt. Ungeachtet von dem Bewertungsvorschlag sind langfristig alle vorhandenen rechtlichen Bestimmungen zur Eigenkontrolle von Grundstücksentwässerungsanlagen zu erfüllen, da jeder Betreiber im eigenen Interesse den Werterhalt und die Funktionsfähigkeit seiner Kanalisation sicherstellen sollte.

- Vor dem rechtlichen Hintergrund bei Grundstücksentwässerungsleitungen werden folgende organisatorischen und technischen **Empfehlungen** gegeben:
- Vereinheitlichung der vorhandenen landeseigenen Regelungen zur besseren Umsetzung und Kontrolle bei der Eigenüberwachung von Grundstücksentwässerungsleitungen.
- Kontrolle der Eigenüberwachung von Grundstücksentwässerungsleitungen durch Einsatz bestellter Sachverständiger, so daß gleichzeitig die öffentliche Verwaltung entlastet würde. Von Nachteil wären zusätzliche Kosten für die Betreiber von Grundstücksentwässerungsleitungen.

- Abbau des bestehenden Vollzugsdefizits und Identifizierung relevanter Betriebe für die Eigenüberwachung durch die Anwendung eines Bewertungsansatzes, mit dem die zuständigen Behörden eine Rangfolge für den Untersuchungsbedarf von industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen ermitteln können. Mit einem pragmatischen Ansatz läßt sich über eine Betriebscharakteristik und Umweltcharakteristik für einen Standort die Dringlichkeit einer Eigenüberwachung und ggf. standortspezifischer Untersuchungen feststellen.
- Über die Anwendung des Bewertungsansatzes durch die Ordnungsbehörden und Betriebe ergibt sich die Möglichkeit für prioritär zu untersuchende Industrie- und Gewerbeflächen einheitliche Daten zur Eigenüberwachung zu erfassen. Damit wird vor allem die Ordnungsbehörde in die Lage versetzt, das vorhandene Regelwerk zur Eigenkontrolle von Grundstücksentwässerungsleitungen fortzuschreiben. Im Rahmen von Pilotprojekten sind Erfahrungen zu gewinnen.
- Die Einleitung unbehandelten Prozeßabwassers mit gefährlichen Stoffen (Abwasserbeschaffenheitsklasse 3 und 2) in erdverlegte Kanalisationen ist zu unterbinden. Gefährliche Stoffe sind daher verstärkt aus dem Abwasser fernzuhalten und vorrangig am Ort des Anfalls zu behandeln. Im Rahmen der Novellierung der Anhänge zur Abwasserverordnung sind entsprechende Umsetzungen möglich.
- Durch eine Vereinfachung der Schadensbewertung (u.a. ATV M 149) ließen sich die Aufwendungen für die Erfassung und Bewertung von industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen reduzieren.

12 Literatur

- [ABS-98] Satzung über die Beseitigung von Abwasser in der Stadt Braunschweig (Abwassersatzung) vom 14.07.1998.- Amtsblatt für die Stadt Braunschweig, 25. Jahrgang, Nr. 5, S. 17-29
- [AbwV-00] Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung - AbwV) vom 9. Februar 1999 : BGBl. I 1999 S. 86; Änderungen vom 29. Mai 2000 BGBl. I 2000 S. 751
- [AKV-92] Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 15. April 1992: BGBl. I 1992 vom 28.April 1992, S. 912
- [ATV-88] Arbeitsblatt ATV – A 139: Richtlinien für die Herstellung von Entwässerungsleitungen, Hennef 1988 (ATV-Regelwerk)
- [ATV-90] Arbeitsblatt ATV – A 102: Allgemeine Hinweise für die Planung von Abwasserleitungen und Abwasserbehandlungsanlagen bei Industrie- und Gewerbebetrieben, Hennef 1990 (ATV-Regelwerk)
- [ATV-92] Arbeitsblatt ATV – A 142: Abwasserkanäle und –leitungen in Wassergewinnungsgebieten, Hennef 1992 (ATV-Regelwerk)
- [ATV-97] Merkblatt ATV - M 771: Abwasser aus der Fahrzeuginstandhaltung und -pflege : Anleitung zur Abwasserbehandlung bei der Instandhaltung und Pflege von Straßen-, Schienen-, Ketten- und Luftfahrzeugen, Hennef 1997 (ATV-Regelwerk)
- [ATV-99a] Merkblatt ATV – M 149: Zustandserfassung, -klassifizierung und –bewertung von Abwasserkanälen und –leitungen, Hennef 1999 (ATV-Regelwerk)
- [ATV-99b] Merkblatt ATV – M 143: Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und –leitungen: Teil 2 Optische Inspektion, Hennef 1999 (ATV-Regelwerk)
- [BAU-88] Baumann, W.; Kahlert-Jenett, E.; Schunck, B.: Expositionsanalyse für die Chemikalien der fotografischen Industrie. – Umweltbundesamt Berlin, 1988 ; Forschungsbericht 102 02 049, UBA-FB 88-011
- [BAU-94] Baumann, W.; Herberg-Liedtke, B.: Untersuchungen zur Erfassung der Umweltexposition von Chemikalien der metallbearbeitenden Industrie. – Umweltbundesamt Berlin, 1994; Forschungsbericht. 102 02 083

- [BAZ -93] Mindestanforderungen für das Einleiten von Abwasser in Gewässer: - § 7a Wasserhaushaltsgesetz - Nichteisenmetallherstellung : Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 39 der Rahmen-Abwasser VwV. - 1993 / hrsg. vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. - Köln : Bundesanzeiger
- [BAZ-95] Mindestanforderungen für das Einleiten von Abwasser in Gewässer: - § 7a Wasserhaushaltsgesetz - Erdölverarbeitung : Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 45 der Rahmen-Abwasser VwV. - 1995 / hrsg. vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. - Köln : Bundesanzeiger
- [BBSV-99] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 17.07.99.- Bundesgesetzblatt Nr. 36 vom 16.07.99, S. 1554
- [BE-98] Bender, G. et al.: Neue Strategien für Anschlußkanäle und Grundstücksentwässerungsleitungen.- Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 1.6.1 „Richtlinien für die Grundstücksentwässerung“, Korrespondenz Abwasser 1998 (45), Nr. 9, S. 1700-1713
- [BJ-93] Bachmann, U., Jacobs, T., Erfahrungen bei der Sanierung privater Kanäle, gwf, Wasser, Abwasser, 134 (1993) Nr.5
- [BMB-96] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): Arbeitshilfen Abwasser: Planung von Abwassersystemen. Erfassung, Bewertung, Unterhaltung bestehender Abwassersysteme in Liegenschaften des Bundes.- Bonn 1996
- [BMU-00] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Prioritäre Stoffe der zukünftigen EG-Wasserrahmenrichtlinie.- Umwelt Nr. 3 / 2000, S. 136 - Berlin
- [BÖ-96] Böhm, E.; Hillenbrand, T.; Marscheider-Weidemann, F.: Emissionsinventare im Gewässerschutz, derzeitiger Stand, zukünftige Anforderungen, mögliche Lösungsansätze. - Forschungsbericht 102 06 234, Umweltbundesamt, Texte 47/96, Berlin 1996
- [BÖR-94] Börnert, W.; Diehl, K.; Hagendorf, U.: Biologische Testverfahren zur Feststellung gefährlichen Abwassers im Sinne § 7a WHG : Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Außenstelle Langen im Auftrag des Umweltbundesamtes, Forschungsbericht 102 05 147, 1994
- [BRA-97] Braun, G.: Betriebserfahrungen mit einer Großanlage zur Aufbereitung und Wiederverwendung von Färbereiabwässern.- Wasser Abwasser Praxis (1997) H. 1, S.47-51

-
- [BRB-95] Verwaltungsvorschrift über die Durchführung von Genehmigungen für Kanalisationsnetze.- Amtsblatt für Brandenburg, Nr. 82 vom 7.12.95
- [BW-89] Verordnung über die Eigenkontrolle von Abwasseranlagen (Eigenkontrollverordnung - EigenkontrollVO) vom 09.08.89.- Gesetzblatt für Baden-Württemberg, 1989, Nr. 16 S. 381
- [BW-90] Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Eigenkontrolle von Abwasseranlagen (VwV-Eigenkontrolle) vom 11.05.90.- Gemeinsames Amtsblatt des Landes Baden-Württemberg vom 19.07.90
- [BY-95] Verordnung zur Eigenüberwachung von Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen (Eigenüberwachungsverordnung - EÜV) vom 20.09.95.- Bayerisches Gesetz- und Verordnungsblatt Nr. 25/1995, S. 769
- [CED-97] Cedra, H.; Möbius, C. H. et al.: Behandlung von Abwasser aus der Spezialproduktion und Abwasser aus der Herstellung von Cellulose aus Baumwollkämmlingen.- Bericht über das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderte Forschungsvorhaben "Biofilteranlage zur Abwasserreinigung" Akz. 07532 Textteil
- [CHR-84] Christmann, W.; Erzmann, M.; Irmer, H.: Abwassersituation der Zellstoffindustrie. Stand und Entwicklung der innerbetrieblichen und externen Vermeidungsmaßnahmen - Berlin, 1984.- Forschungsbericht. 102 06 109, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums des Innern; Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, WaBo-Lu-Heft 2/1985
- [DI-96] Dilg, R.: Sanierung von Hausanschlußleitungen.- gwf Abwasser Special II, 137 (1996), Nr. 15, S. 7-11
- [DIN-95] DIN 1986-30: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke, Teil 30: Instandhaltung, 1995
- [DIN-97a] DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden Teil 5: Sanierung, 1997
- [DIN-97b] DIN EN 1610: Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen, 1997
- [DO-97] Dohmann, M. u.a.: Die Entwicklung der Marktnachfrage nach Abwasserentsorgungsdienstleistungen in Deutschland, Gutachten im Auftrag des Bundesverbandes der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V., Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V., Taschenbuch der Entsorgungswirtschaft, 1997
- [DO-99] Dohmann, M. (Herausgeber) : Wassergefährdung durch undichte Kanäle - Erfassung und Bewertung.- Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1999
- [DR-92] Drewniok, P.: Schäden an Entwässerungskanälen in den neuen Bundesländern.- Korrespondenz Abwasser 3/92 S. 356 – 362
-

- [DU-00] Stadt Düsseldorf, Umweltamt - Untere Wasserbehörde: mündliche Mitteilung 2000
- [DY-98] Dyk, C.; Lohaus, J.: Der Zustand der Kanalisation in der Bundesrepublik Deutschland – Ergebnisse der ATV-Umfrage 1997.- Korrespondenz Abwasser 5/98 S. 865 – 874
- [EAG-98] Entsorgungsaktiengesellschaft EAG: Modellvergleich über die Zustandsbewertung nach ATV 149, ISYBAU, Frankfurter Modell, EAG-Modell im Auftrag der Stadt Pforzheim, Darmstadt 1998 (unveröffentlicht)
- [EHR-93] Ehrler, Peter: Die Ermittlung von Quellen von adsorbierbaren organisch gebundenen Halogenen (AOX) in Abwässern der Textilindustrie und Maßnahmen zu ihrer Vermeidung - Berlin, 1993.- Forschungsbericht 102 06 509, UBA-FB 93-079, Umweltbundesamt, Texte 33/93
- [EU-00] Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik - Wasser-Rahmen-Richtlinie : ABl. Nr. L 327 vom 22.12.2000 S. 1
- [EWG-76] Richtlinie des Rates 76/464/EWG vom 4. Mai 1976 betreffend die Verschmutzung infolge der Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe in die Gewässer der Gemeinschaft : ABl. Nr. L 129 vom 18.5.1976 S. 23; Änderungen 91/692/EWG - ABl. Nr. L 377 vom 31.12.1991 S. 48
- [EWG-79] Richtlinie des Rates 80/68/EWG vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe : ABl. Nr. L 20 vom 26.1.1980 S. 47; Änderungen 91/692/EWG - ABl. Nr. L 377 vom 31.12.1991 S. 48
- [EWG-86] Richtlinie des Rates 86/280/EWG vom 12. Juni 1986 betreffend Grenzwerte und Qualitätsziele für die Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe im Sinne der Liste I im Anhang der Richtlinie 76/464/EWG : ABl. Nr. L 181 vom 4.7.1986 S. 16
- [EWSN-92] Satzung für die öffentliche Entwässerungsanlage der Stadt Nürnberg (Entwässerungssatzung – EWS) vom 9.03. 1992, zuletzt geändert 30.07.1999.- Amtsblatt der Stadt Nürnberg
- [FR-97] FRESENIUS Consult GmbH / FOCON Ingenieurgemeinschaft mbH: Wissenschaftliche Begleitung und Fortentwicklung eines Gefährdungsabschätzungsmodells für Altlasten, UMS-System zur Altlastenbeurteilung - Instrumente für die pfad-übergreifende Abschätzung und Beurteilung von altlastenverdächtigen Flächen. Abschlußbericht. - Taunusstein-Neuhof, Aachen 1997 (Forschungsbericht. F & E-Vorhaben 10901215 im Auftrag des Umweltbundesamtes)
- [GO-95] Gossow, K.: Kanalbau: Nutzungsdauer der wichtigsten Parameter.- Korrespondenz Abwasser 1/95, S.42 – 46

- [GwV-97] Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/86/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (Grundwasserverordnung - GwV) vom 18. März 1997 : BGBl. I 1997 S. 542
- [HA-96] Hagendorf, U.; Krafft, H.: Erfassung und Bewertung undichter Abwasserkanäle - Berlin, 1996.- Forschungsvorhaben 02WA9036 des Bundesministeriums Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie - Teilprojekt 2; Umweltbundesamt, Texte 9/96
- [HE-93] Verordnung über die Eigenkontrolle für Abwasseranlagen (Abwasserkontrollverordnung – EKVO) vom 1.05.93.- GVBL Hessen 1993, S. 69
- [HEL-93] Hellinger, K.: Abfallvermeidung und -verwertung in der Lederindustrie TV 3: Ökologische Gesamtbilanz der lederherstellenden Industrie - Forschungsinstitut für Leder- und Kunstledertechnologie gGmbH, An-Institut der TU Bergakademie Freiberg.- Forschungsbericht 523-4014-1480841, Förderprojekt des Bundesministeriums für Forschung und Technologie
- [HEL-97] Hellinger, K.; Mühlbach, R.: Entfernung von Chromverbindungen aus Prozeßflotten der Naßzurichtung.- Das Leder (1997) H. 4, S. 77-85
- [HM-95] Helms, B.; Miegel, W. : Grabenlose Baumethoden für den Anschluss von Grundstücken an Abwasserkanäle.- Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau an der Fachschule Oldenburg, Band 7; Vulkan-Verlag Essen, 1995
- [HK-98] Hartwig, Edgar; Krug, Roland: Finanzierung und Werterhaltung von Kanälen – Selektive Kanalinspektion im VW–Werk Wolfsburg.- Korrespondenz Abwasser 8/98 S. 1483 – 1488
- [HO-92] Hohendorf, K.: Umweltschonende Technologie zur Sanierung undichter Abwasserkanäle.- Schriftenreihe Institut für Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Raumplanung der TH Darmstadt WAR 60, S. 51 – 65
- [HM-99] Hotz, R.; Matthes, W.; Müller-Winterstein, R.; Schwab, M.: Klassifizierung von Kanalschäden mit verschiedenen Bewertungsmodellen.- Wasser und Abfall 5 (1999), S. 14-21
- [HW-97] Hornik, C., Wienberg, H.: Sanierung des öffentlichen Kanalnetzes der Stadt Hannover. Umsetzung eines Ratsbeschlusses.- Abwassertechnik, Heft 5, 1997, S. 32-35
- [JUN-98] Jung, P. : Kanalsanierung – Bestandsaufnahme, Planung, Ausführung.- Vogel Buchverlag, Würzburg, 1998

- [KAL-87] Kalbfus, W.: Elimination einzelner Inhaltsstoffe aus Abwässern von Erdölraffinerien. In: Stand der Technik bei der Elimination umweltrelevanter Abwasserinhaltsstoffe. - München ; Wien ; Oldenburg, 1987. - S. 398-410. (Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie ; Bd. 41)
- [KAN-90] Kanowski, S.: Notwendigkeiten und Regelungen zur Vermeidung und Begrenzung gefährlicher Stoffe in Abwässern. In: Forum 90 - 4, Neue Anforderungen des Gewässerschutzes; Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe; Gefährliche Stoffe in Abwässern - Regelungen und technische Lösungen. - Köln 1990 - S. 39-57. (Hrsg. und Vertrieb: Institut für gewerbliche Wasserwirtschaft und Luftreinhaltung e. V., Köln)
- [KFM-99] Kaufmann, O.: Dichtheitsprüfungen an Abwasserkanälen und -leitungen.- Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau an der Fachschule Oldenburg, Band 18; Vulkan-Verlag Essen, 1999
- [KI-87] Kinzelbach, W.: Numerische Methoden zur Modellierung des Transportes von Schadstoffen im Grundwasser.- Oldenbourg-Verlag, München-Wien 1987
- [KM-92] Kipp, B., Möllers, K.: Inspizierbarkeit von Grundstücksentwässerungsleitungen, Korrespondenz Abwasser 4/92
- [KO-97] König, A.; Lücke-Brunk, G.; Ostermeier, G.; Schirmacher, M.: Optische Inspektion von Anschlußkanälen am Beispiel der Landeshauptstadt Düsseldorf.- awt abwassertechnik, Heft 5/1997
- [KOL-98] Kolesar, P.: Abwasserarme und abfallarme Lohngalvanik durch Abwasserrecycling und Verwertung der Reststoffe - Kempten, 1998.- Forschungsbericht UBA 30 441 - 2/14, Investitionen zur Verminderung von Umweltbelastungen, Programm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit -Wasserwirtschaft/ Abfallwirtschaft
- [KOP-86] Koppe, P. ; Stozek, A.: Kommunales Abwasser. - Essen : Vulkan, 1986
- [LAS-97] Laschka, D.; Kordik-Kolb, E.; Daoutis, T.; Frex, S.; Wanzinger, M.: Identifizierung von durch den Summenparameter AOX erfaßten Einzelsubstanzen in Abwässern - Berlin, 1997. (Forschungsbericht 102 05 155, UBA-FB 96-078, Umweltbundesamt, Texte 59/96)
- [LAWA-94] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden; herausgegeben vom LAWA-Vorsitz, 1994
- [LE-95] Lenz, J.: Rohrleitungen im Boden.- Schriftenreihe aus dem Inst. f. Rohrleitungsbau an der Fachschule Oldenburg, Band 8; Vulkan-Verlag Essen, 1995

- [LK-95] Lessel, T.; Keß, W.: Erfahrungen aus Dichtheitsprüfungen von Abwasserleitungen der Grundstücksentwässerung.- Korrespondenz Abwasser, 8/1995, S. 1307-1314
- [LÜH-95] Lühr, H.-P.; Schulz-Terfloth, G.; Balzereit, F.; Wegener, I.: Stoffgefährlichkeit r0 für die vergleichende Gefährdungsabschätzung von Altstandortverdachtsflächen - Berlin : Erich Schmidt, 1995 (IWS-Schriftenreihe ; Bd. 20)
- [MA-92] Matthes, W.: Schadenshäufigkeitsverteilung bei TV-untersuchten Abwasserkanälen.- Korrespondenz Abwasser 3/92 S. 363 – 367
- [MÖB-94] Möbius, C., H.: Abwasser der Papier- und Zellstoffindustrie.- Biologische Reinigung von Abwässern aus der Erzeugung von Papier und Zellstoff - Heusenstamm : P. Keppler, 1994
- [MUV-00] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: Leitfaden für kostenminimierende Instandhaltung von Kanalnetzen
Stuttgart, Dezember 2000
- [MV-93] Verordnung über die Selbstüberwachung von Abwasseranlagen und Abwassereinleitungen (Selbstüberwachungsverordnung - SÜVO).- GVOBl Mecklenburg-Vorpommern, S. 774
- [NRW-95] Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitungen von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem (Selbstüberwachungsverordnung Kanal - SÜwVKan) vom 16.01.1995.- GV Nordrhein-Westfalen 1995, S. 64
- [RAD-00] Staatliches Umweltfachamt Radebeul, mündliche Mitteilung 2000
- [REI-93] Reinhard, W.: Die neue hessische Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO), WAP 4/93
- [RI-91] Rieger, K.-H.: Die Selbstüberwachung als Vorsorge gegen undichte Abwasserkanäle- eine kritische Analyse, Korrespondenz Abwasser 4/91 38. Jahrgang
- [RPL-99a] Landesverordnung über die Eigenüberwachung von Abwasseranlagen (EÜVOA) vom 27.08.99.- Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Rheinland-Pfalz, 1999, Nr. 16 S. 211
- [RPL-99b] Leitfaden Eigenüberwachung von Abwasseranlagen.- Herausgeber: Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz; Oktober 1999
- [RPL-99c] Leitfaden Einleiterüberwachung.- Herausgeber: Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz; Juli 1999
- [RUD-95] Rudolph, K.-U.; Köppke, K.-E.; Korbach, J.: Stand der Abwassertechnik in verschiedenen Branchen - Berlin, 1995.- Forschungsbericht 102 06 226, UBA-FB 95-022; Umweltbundesamt, Texte 72/95 Bd. 1 + 2

- [SA-94] Sawatzki, J.: Vermögensbewertung und Gebührenermittlung auf der Grundlage der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer für Abwasserkanäle und Leitungen.- Korrespondenz Abwasser 9/94, S. 1520 – 1524
- [SA-95] Sawatzki, J.: Schadensverteilung an Steinzeug- und Betonrohren in TV-untersuchten Abwasserkanälen, Teil 1.- Korrespondenz Abwasser 3/95 S. 422 – 424
- [SA-96] Sawatzki, J. : Schadensverteilung an Steinzeug- und Betonrohren in TV-untersuchten Abwasserkanälen, Teil 2.- Korrespondenz Abwasser 3/96 S. 363 – 367
- [SAL-93] Salzmann, A.: Erfassung und Bewertung des Zustands schadhafter Kanäle.- Diplomarbeit TH Darmstadt, Institut für Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Raumplanung, 1993
- [SCH-94] Schönberger, Harald; Kaps, Ulrich: Reduktion der Abwasserbelastung in der Textilindustrie - Berlin, 1994.- Forschungsbericht 102 06 511, UBA-FB 93-143, Umweltbundesamt, Texte 3/94
- [SCH-97] Schäfer, J.: in Industrielle und gewerbliche Abwassereinleitungen in öffentliche Abwasseranlagen.- Herausgeber Zimpel, J., S. 223 ff.- Expert-Verlag, Renningen 1997 (Kontakt & Studium Bd. 526)
- [SEKV-94] Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung über die Art und Häufigkeit der Eigenkontrolle von Abwasseranlagen und Abwassereinleitungen (Eigenkontrollverordnung – EigenkontrollVO) vom 7. Oktober 1994.- Sächsisches Gesetz- und Verordnungsblatt, Nr. 58 vom 14.11.94, S. 1592 - 1598
- [SEKV-99] Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft zur Änderung der Eigenkontrollverordnung vom 15. Juni 1999.- Sächsisches Gesetz- und Verordnungsblatt, Nr. 14 vom 16.07.99, S. 417-418
- [SIX -97] Sixt, H.: Beispiele für die Verbesserung bei der Abwasserentsorgung von Industriebetrieben mit organisch belasteten Abwässern. In: Umweltqualitäten und Wirtschaften - Was wurde erreicht? Wo geht es hin? / bearb. v. Dr. V. Kölling, hrsg. v. Prof. Dr.-Ing. M. Dohmann, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen : Gewässerschutz - Wasser - Abwasser 158 (1997). Aachen : Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen e. V., 1997 - S. 24/1- 24/19
- [ST-98] Stein, D. : Instandhaltung von Kanalisationen.- Ernst-Verlag, Berlin, 1998
- [STB-91] Umweltschutz, Fachserie 19, Reihe 2.2: Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe und bei Wärme-kraftwerken für die öffentliche Versorgung, 1991, Statistisches Bundesamt Wiesbaden

- [STB-95] Umweltschutz, Fachserie 19, Reihe 2.2: Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung im Bergbau und Verarbeitendem Gewerbe und bei Wärmekraftwerken für die öffentliche Versorgung, 1995, Statistisches Bundesamt Wiesbaden 1998
- [STB-99] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch 1999 für die Bundesrepublik Deutschland : Wiesbaden 1999
- [STK-93] Stein, D.; Kaufmann, O.: Schadensanalyse an Abwasserkanälen aus Beton- und Steinzeugrohren der Bundesrepublik Deutschland – West.-Korrespondenz Abwasser 2/93
- [SUL-00] Staatliches Umweltfachamt Leipzig, Referat Industrie-/Gewerbeabwasser: mündliche Mitteilung
- [TA-92] Tampier, F.: Erfassung, Bewertung und Klassifizierung von Kanalschäden – technische und wirtschaftliche Aspekte der Betroffenen – aus der Sicht eines großen Industrieunternehmens.- Schriftenreihe Institut für Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Raumplanung der TH Darmstadt WAR 60, S. 81 – 98
- [THÜ-98] Thüringer Verordnung über die Eigenkontrolle von Abwasseranlagen (Thüringer Abwasserkontrollverordnung - ThürAbwEKVO) vom 15.09.1998.- Gesetz- und Verordnungsblatt für den Freistaat Thüringen, 1998, Nr. 15, S. 297
- [UBA-92] Umweltbundesamt: Mindestanforderungen für das Einleiten von Abwasser in Gewässer: - § 7a Wasserhaushaltsgesetz - Chemischreinigung : Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 52 der Rahmen-Abwasser VwV. - unveröffentlichter Entwurf : Stand 09.10.1992
- [UBA-99] Umweltbundesamt Abt. III 2: Antwort auf eine Anfrage vom Dezember 1999, unveröffentlicht
- [UBA-00a] Umweltbundesamt Abt. III 3: mündliche Mitteilung
- [UBA-00b] Umweltbundesamt Abt. III 2: mündliche Mitteilung
- [UL-94] Ullmann, F.: Umweltorientierte Bewertung der Abwasserexfiltrationen bei undichten Kanälen dargestellt am Beispiel einer Bundeswehrkaserne.- Gewässerschutz Wasser Abwasser Nr. 145, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Rhein.-Westf.-Hochschule Aachen 1994
- [VwVwS-99] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in die Wassergefährdungsklassen (Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe - VwVwS) vom 17. Mai 1999 : BAnz. Vom 29.05.1999 Nr. 98a)
- [WAR-92] Warner, E.: Abwässer aus Lederfabriken in der ehemaligen DDR - Industrieabwässer, S. 38f

- [WI-96] Winkler, U.: Kanalinstandhaltung in Nordrhein-Westfalen: Durchbruch oder "Mogelpackung", Entsorgungspraxis, Heft 1/2, S. 37-39, 1996

Anlagenverzeichnis

Anlage 5.1: II Chemische Industrie, Kokerei - Meßwerte im Rohabwasser

Anhang/ VwV	Herstellung von Beschichtungsstoffen und Lackharzen	Herstellung von Beschichtungsstoffen und Lackharzen	Herstellung von Beschichtungsstoffen und Lackharzen	Herstellung anorganischer Pigmente
Nr.	9	9	9	37
Branche / Betrieb	Chemische Industrie	Chemische Industrie	Chemische Industrie	Chemische Industrie
Quelle/ Bezug	[BÖR-94] 2 Betriebe mit insgesamt 7 Teilströmen	[BÖR-94] 4 Betriebe: Gesamtabwasser	[Recherche] 2 Betriebe mit insgesamt 9 Teilströmen	[Recherche] 1 Betrieb, 1 Teilstrom
Daten	1988 - 1990	1986 - 1990	1991/1997	1991
Abwasserbeschaffenheit	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Mittel (mg/l)
CSB	1.500 - 120.000	800 - 11.000	270 - 43.000	1.960
BSB5	600 - 35.000	200 - 2.000		
TOC/DOC	500 - 31.000	300 - 2.500	51 - 13.000	630
AOX	0,03 - 3,8	0,07 - > 100	< 0,01 - 18	24
Cu			0,03 - 8,0	4,9
Zn			0,08 - 1,7	3,8
Cd				
Cr				10
Ni			< 0,03 - 0,60	0,090
Pb			0,040 - 0,080	

Anlage 5.1: Fortsetzung

Anhang/ VwV	Mischab- wasser	Mischab- wasser	Mischab- wasser	Herstellung von Kohlen- wasser- stoffen	Herstellung von Kohlen- wasserstoffen	Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe
Nr.	22	22	22	36	36	48, Teil 10
Branche / Betrieb	Chemische Industrie	Chemische Industrie	Chemische Industrie	Chemische Industrie	Chemische Industrie	Halogen- organische Verbindungen
Quelle/ Bezug	[Recherchen] 3 Betriebe mit insgesamt 41 Teilströmen [LAS-97] 4 Betriebe: insgesamt 11 Teilströme (AOX)	[BÖR-94] 7 Betriebe: Gesamtab- wasser - Di- rekteinleiter, Kläranlagen- abläufe	[BÖR-94] 5 Betriebe: Gesamtab- wasser – Indirekt- einleiter, Kläranlagen- abläufe	[Recherche] 1 Betrieb: 1 Teilstrom	[Recherche] 1 Betrieb: Gesamtab- wasser nach physikalischer Vorbehand- lung	[Recherche] 1 Betrieb, 1 Teilstrom [LAS-97] 2 Betriebe mit insgesamt 2 Teilströmen (AOX)
Daten	1991/1997 1994 - 1995 1992/93	1987- 1992	1987 - 1994	1991	1999	1991/1997 1992/93
Abwas- serbe- schaffen- heit	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Mittel (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Mittel / Min - Max (mg/l)
CSB	6 – 99.000	< 100 - 450	< 100 - 5.000	37.000	300 - 1.000	170
BSB5	16 – 47.000	< 5 - 70	10 - 600		150 - 300	
TOC/DOC	5 – 36.000	< 10 - 230	20 - 1.500	12.000		40
AOX	0,07 - 2.000	< 0,1 - 4,5	< 0,1 - 0,50 (43)	< 0,01	0,018 - 0,050	2,3 - 110
Cu	< 0,01 - 4,3			4,44		0,55
Zn	< 0,01 - 120			0,37		1,22
Cd	< 0,0002 - 3,7					
Cr	< 0,01 - 1,9			0,37		0,25
Ni	0,03 - 3,8			< 0,03		0,76
Pb	< 0,01 - 1,3					0,71
F	13,1 - 3.600					
MKW					10 - 33	
Phenole- Index.					6,0 - 15	

Anlage 5.1: Fortsetzung

Anhang/ VwV	Erdölverarbeitung	Erdölverarbeitung	Erdölverarbeitung	Erdölverarbeitung
Nr.	45	45	45	45
Branche / Betrieb	Raffinerie	Raffinerie	Raffinerie	Raffinerie
Quelle/ Bezug	[KAL-87] - 6 Betriebe: Gesamt- abwasser	[RUD-95] - 7 Teilströme von 4 Betrieben	[RUD-95] - Gesamtabwasser von 5 Betrieben (Zulauf Biologie)	[BAZ-95] Erläuterungspapier - Gesamtabwas- ser: typische Ver- hältnisse / * Teil- ströme
Daten	vor 1986	vor 1992	vor 1992	vor 1995
Abwasserbe- schaffenheit	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min – Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)
CSB		350 - 30.000	150 – 400	200 - 1.200 * bis 10.000
BSB5		320 - 8.000	35 – 350	200 - 800 * bis zu 10.000
TOC/DOC		100 - 5.000	50 – 160	
AOX		0,01 - 0,5	0,015 - 0,04	
Cu				
Zn				
Crges./Cr3+				
Sn				
Cyanidel.f.				
MKW/KWgs		2 - 1.000	1 – 40	500 - 1.000
BTEX		5 - 120	0,1 - 3,0	
PAK (TVO)				
Phenoleges.	0,87 – 88	0,01 - 190	0,1 – 50	* bis 100
Benzol	0,0010 - 6,3			
Toluol	0,0014 - 6,2			
o-Xylol	0,0010 - 1,5			
Naphthalin	0,0011 - 0,191			

Anlage 5.1: Fortsetzung

Anhang/ VwV	Herstellung von Chemiefasern	Herstellung von Chemiefasern	Sodaherstellung
Nr.	43	43	30
Branche / Betrieb	43.2: Viskosespinn- faser	43.5 Celluloseace- tatzfaser	
Quelle/ Bezug	[RUD-95] 1 Betrieb: Gesamt- abwasser	[RUD-95] 1 Betrieb: 1 Teil- strom (Essigsäure- rückgewinnung)	[BÖR-94] 1 Betrieb: Gesamt- abwasser nach der ersten Vorbehand- lungsstufe
Daten	vor 1992	vor 1993	1993
Abwasser- beschaffen- heit	(mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min – Max (mg/l)
CSB	6.800	3000	
BSB5	1.700	2.400	< 5 – 12
TOC/DOC			3 – 6
AOX		0,5 - 1,6	< 0,01 - 0,084
Cl			67.000 - 81.000
Cu			
Zn	4		
Cd			
Hg			
Cr			
Ni			
Pb			
CS2	10		
H2S	2		
H2SO4	470	2.000	

Anlage 5.1: Fortsetzung

Anhang VwV	Herstell. von Körperpflege- mitteln	Herstell. von Körperpflege- mitteln	Herstell. von Körperpflege- mitteln	Herstell. Von Körperpflege- mitteln	Herstell. von Körperpflege- mitteln
Nr.					
Branche / Betrieb	Kosmetik	Haarbehand- lung	Naturkosmetik	Dekorative Kosmetik	Pflegemittel
Quelle/ Bezug	[BÖR-94] 1 Betrieb: Ge- samtabwasser	[Recherche] 1 Betrieb: Ge- samtabwasser	[RUD-5] 1 Betrieb: Ge- samtabwasser	[RUD-95] 1 Betrieb: Ge- samtabwasser	[RUD-95] 1 Betrieb: 2 Teilstrome
Daten	1993/94	1999	vor 1990	vor 1990	vor 1990
Abwasserbe- schaffenheit	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	(mg/l)	Min - Max (mg/l)
CSB	1.000 - 7.000	15.000 - 20.000	1.000 - 2.500	4.600	3.400 - 24.000
BSB5	500 - 2.500	1.000 - 4.000	390 - 1.100	1.200	1.400 - 7.900
TOC/DOC	300 - 1.700		120 - 930	1.500	380 - 2.500
AOX	0,30 - 1,8		< 0,1 - 0,31	0,66	< 0,1 - 0,57
NH4-N		300 - 500			
MKW			1,3 - 23	59	150 - 210
Flouranthen (PAK)			0,0059 - 0,032	0,0022	0,0024 - 0,037
Benzol					0,32 - 0,52
Cu			0,025 - 0,085	0,53	

Anlage 5.1: Fortsetzung

Anhang / VwV	Steinkohle- verkokung	Steinkohle- verkokung	Steinkohle- verkokung	Steinkohle- verkokung
Nr.	46	46	46	46
Branche / Betrieb	Kokerei	Kokerei	Kokerei	Kokerei
Quelle/ Bezug	[KAN-90] 1 Teilstrom: Ab- lauf NH3-Treiber	[BÖR-94] 1 Teilstrom: Ab- lauf NH3-Treiber	[RUD-95] 1 Betrieb: Ge- samtabwasser	[SIX-97] 1 Betrieb: Ge- samtabwasser
Daten	vor 1990 (Stichpr., stark. gerundet)		1994	1996
Abwasserbe- schaffenheit	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)
CSB	5.000		2.000	2.800
BSB5	400		1.100	1.400
TOC/DOC				
AOX				
Cu				
Zn				
Crges./Cr3+				< 0,05
As				0,007
Cyanidel.f.	100			< 0,01
Cyanideges.			26	0,05
MKW				
BTEX			0,8	0,95
PAK (TVO)	0,050		0,03	0,014
Phenolel.f.	1.000			
Phenoleges.			470	170

Anlage 5.2: III Keramik, Glasgewerbe, Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden - Meßwerte im Rohabwasser

Anhang/ VwV	Herstellung keramischer Erzeugnisse	Herstellung keramischer Erzeugnisse	Herstellung u. Verarbeitung von Glas und künstlichen Mineralfasern	Herstellung u. Verarbeitung von Glas und künstlichen Mineralfasern
Nr.	17	17	41	41
Branche / Betrieb	Keramik, Geschirr	Sanitärkeramik	Industrieglas (Rohglas)	Industrieglas (Rohglas)
Quelle/Bezug	[Recherche] 1 Betrieb: Gesamtabwasser	[Recherche] 1 Betrieb: Ablauf der Behandlungsanlage	[Recherche] 1 Betrieb: Gesamtabwasser	[Recherche] 1 Betrieb: Ablauf der Behandlungsanlage
Daten	1998	1999 - 2000	1997 - 1999	1998 – 2000
Abwasserbeschaffenheit	Min - Max (mg/l)	Min – Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min – Max (mg/l)
CSB	100 - 140	190	< 15 - 400	70 – 380
BSB5	6,5 - 31			
TOC	25 - 44		6,2 - 22	
AOX	0,008 - 0,70	0,015	< 0,01 - 0,03	0,014 - 0,70
Cu	0,030 - 0,080	< 0,01 - 0,18	< 0,02 - 0,046	0,03 - 0,05
Zn	0,040 0,080	2,2 – 78		
Cd		0,002 - 0,18	< 0,0002 - 0,0008	0,038 - 0,080
Hg		< 0,0005	< 0,0002 - 0,00055	< 0,0005
Cr	< 0,001 - 0,010	< 0,005 – 0,50	< 0,02 - 0,096	< 0,005
Ni	< 0,001 - 0,020	< 0,01 - 0,15	< 0,03	< 0,01
Pb	0,010 - 0,18	< 0,005 – 0,52	0,024 - 5,54	0,069 - 0,17
Sb			0,012 - 0,071	
As			0,0067 - 0,019	
Ba			0,140 - 0,200	
			Schwermetalle im Abwasser gehen auf in Glaspartikeln eingeschlossenen Elemente zurück. Abwasserbefunde sind daher nicht relevant	

Anlage 5.2: Fortsetzung

Anhang/ VwV	Herstellung u. Verarbeitung von Glas und künstlichen Mineralfasern	Herstellung u. Verarbeitung von Glas und künstlichen Mineralfasern	Steine und Erden
Nr.	41	41	26
Branche / Betrieb	Veredelung von Glaserzeugnissen (Bleiglas)	Verarbeitung von Spiegelglas	Herstellung von Faserzement
Quelle/ Bezug	[Recherche] 1 Betrieb: Ablauf der Behandlungsanlage	[Recherche] 1 Betrieb: Ablauf der Behandlungsanlage	[Recherche] 1 Betrieb: Gesamtabwasser
Daten	1998 - 2000	1998 – 2000	1996 - 1998
Abwasser- beschaf- fenheit	Min - Max (mg/l)	Min – Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)
CSB	100	< 15	21 - 360
BSB5		< 5	
TOC			
AOX	0,10	< 0,01 - 0,031	0,23
Cu	0,11	< 0,01 - 2,08	
Zn	0,093	< 0,01 - 0,90	
Cd	< 0,02	< 0,001 - 0,003	
Hg	< 0,002		
Cr	< 0,01		1,1 - 3,2
Ni	0,010	< 0,01 - 0,06	
Pb	0,18		
Ag	< 0,01	< 0,01 - 0,49	
As	< 0,01 - 0,14	< 0,01 - 0,14	
Ba	0,028	0,028	
	Abwassermenge: < 250 m³/a		

Anlage 5.3: IV Metallerzeugung, Metallbe- und -verarbeitung, Herstell. von elektronischen Bauelementen

Anhang/ VwV	Eisen- und Stahlerzeugung	Eisen-, Stahl- und Tempergießerei	Nichteisenmetallherstellung
Nr.	24 A	24 B	39
Branche / Betrieb	Teil 7: Kaltfertigung Band (Walzwerk)	Kupolofenanlage	Zink-, Blei-, Kupfergewinnung
Quelle/ Bezug	[Recherche] 1 Betrieb: Gesamtabwasser	[UBA -98] Erläuterungspapier, unveröffentlicht; Filtrat aus der Schlammmentwässerung	[BAZ -93] Erläuterungspapier
Daten	1998	1985 - 1995 (?)	vor 1993
Abwasserbeschaffenheit	Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Max (mg/l)
CSB		150 - 7.600	
BSB5			
TOC/DOC			
AOX			
Cu	bis 200	0,02 - 0,89	2.000
Zn	bis 200	1,8 - 28	5.000
Cd		< 0,01 - 0,03	500
Hg		< 0,001	100
Cr		< 0,01 - 0,13	
Ni	bis 200	0,04 - 0,23	1.000
Pb		< 0,01 - 2,5	2.000
Sn			
Tl			2.000
As			10.000
Cyanidel.f.			
MKW	bis 4.500		

Anlage 5.3: Fortsetzung

Anhang/ VwV	Metallbe-/ -verarbeitung	Metallbe-/ -verarbeitung	Metallbe-/ -verarbeitung	Metallbe-/ -verarbeitung	Metallbe-/ -verarbeitung
Nr.	40	40	40	40	40
Branche / Betrieb	40.11: Gleit- schleiferei	Phosphatier-, Spaltanlagen	40.1: Galvanik	40.1: Galvanik	40.7: Leiterplat- tenherstellung
Quelle/ Bezug	[BAU -94] - typ. Wertebe- reiche	[Recherche] - 1 Betrieb, 3 Teilströme	[BÖR -94] - 2 Betriebe, Gesamtabwas- ser	[Recherche] - 1 Betrieb, 1 Teilstrom	[Recherche] - 1 Betrieb, 1 Teilstrom
Daten	?	1998	1994	1998	
Abwasser- beschaf- fenheit	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min – Max (mg/l)
CSB	2.000 - 8.000	5.400 - 10.000	25 - 500	100 - 170	1.100 - 3.900
BSB5			< 5 - 70		
TOC/DOC		0,00 - 500	5 - 80	75 - 250	
AOX		< 0,01 - 1,4	0,01 - 1,5	0,1	
Cu	bis 70	0,01 - 1,0		0,01 - 0,04	0,10 - 3,3
Zn		0,03 - 2,1		0,1 - 2,2	
Cd					
Hg					
Cr		0,1 - 0,3		0,02 - 0,55	
Ni		0,1 - 1,5		0,1	
Pb					0,10 - 0,90
Sn		0,3 - 1,2			
Cyanidel.f.		0,01 - 0,15		0,01	
MKW	5 - 100	0,1 - 27		0,1 - 1,8	

Anlage 5.3: Fortsetzung

Anhang / VwV	Metallbe-/ -verarbeitung	Metallbe-/ -verarbeitung	Metallbe-/ -verarbeitung	Metallbe-/ -verarbeitung	Metallbe-/ -verarbeitung
Nr.	40	40	40	40	40
Branche / Betrieb	40.1: Galvanik konventionell	40.1: Gal- vanik abwas- serarm	40.1: Galvanik 40.2: Beizerei 40.11: Gleitschlei- ferei	40.1: Galvanik / 40.3: Anodisier- betrieb	40.1: Galvanik 40.3: Anodisier- betrieb
Quelle/ Bezug	[KOL-98] - 1 Betrieb: Gesamtab- wasser	[KOL-98] - 1 Betrieb: Gesamtab- wasser	[Recherche] - 1 Betrieb, Ge- samtabwasser, *Ablaufwerte	[Recherche] - 1 Betrieb, 2 Teilströme, *Ablaufwerte	[Recherche] - 1 Betrieb, 2 Teilströme, *Ablaufwerte gesamt
Daten	1996/97	1996/97	1996 - 1998	2000	1998 - 2000
Abwasser- be- schaffen- heit	Mittel (mg/l)	Mittel (mg/l)	Min - Max (mg/l)	(mg/l)	Min - Max (mg/l)
CSB					
BSB5					
TOC/DOC					
AOX	0,45	3,5	*0,44 - 2,4		* 0,035 - 0,12
Σ Cu, Ni, Zn, Cr	1	1,1			
Cu			*0,03 - 8,6		* < 0,01 - 0,046
Zn			* < 0,1 - 2,9	*9,0 / *0,2	*0,24 - 5,1
Cd					
Hg					
Cr			* < 0,01 - 0,33	* < 0,1 / * < 0,1	*0,010 - 0,28
Ni			* < 0,01 - 1,5	*0,1 / *0,3	*0,33 - 1,1
Pb				* < 0,1 / * < 0,1	* < 0,003 - < 0,06
Sn			* < 0,01 - 1,6		
Cyanidel.f.	0,07	0,04	* < 0,01 - 0,02		
MKW			* < 0,05 - 6,2		

Anlage 5.4: V Holz-, Papier- und Druckgewerbe - Meßwerte im Rohabwasser

Anhang/ VwV	Zellstofferzeugung	Zellstofferzeugung	Zellstofferzeugung	Zellstofferzeugung
Nr.	19°	19A	19A	19A
Branche / Betrieb	Chlor- / Sauerstoffbleiche	Sulfitverfahren	Sauerstoffbleiche; Zulauf anaerobe Biologie	Sauerstoffbleiche, Zulauf aerobe Biologie
Quelle/ Bezug	[CHR-84] Gesamtabwasser von 2 Betrieben, 5 Teilströme	[RUD-95], Gesamtabwasser mehrerer Betriebe	[BÖR-94], 1 Betrieb: 1 Teilstrom	[BÖR-94], 1 Betrieb: 1 Teilstrom
Daten	1982/83	1989	1990/91	1990/91
Abwasserbeschaffenheit	Min – Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min – Max (mg/l)
CSB	790 - 1.000	800 - 5.500	5.000 - 12.000	500 - 1.200
BSB5	130 – 270	300 - 2.500	1.700 - 5.300	200 – 350
TOC/DOC	270 – 370		1.600 - 3.100	150 – 300
AOX	2,2 – 140	5,8 - 37	2,0 - 13	0,20 – 17
Cu				
Zn				
Cd				
Hg				
Cr				
Ni				
Pb				
Sn				
Cyanide l.f.				
MKW				

Anlage 5.4: Fortsetzung

Anhang/ VwV	Herstellung von Papier und Pappe	Herstellung von Papier und Pappe	Herstellung von Papier und Pappe	Herstellung von Papier und Pappe	Herstellung von Papier und Pappe
Nr.	19B	19B	19B	19B	19B
Branche / Betrieb			Altpapier- verarbeitung	Altpapierver- arbeitung	Altpapierverar- beitung
Quelle/ Bezug	[MÖB-94], Gesamt- abwasser, Querschnitt von 15 Pro- dukten	[RUD-95], Ge- samtabwasser, Querschnitt von 7 Produkten	[MÖB-85], Fabrika- tionskreis- laufwasser	[Recherchen], Gesamt- abwasser Klär- anlagenzulauf	[Recherchen], Gesamt- abwasser Kläranla- genablauf
Daten	Ca. 1988	1989	vor 1985	1992	12/1999
Abwasser- beschaf- fenheit	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Mittel (mg/l)	Mittel (mg/l)
CSB	10 - 3.000	10 - 2.200	4.500 - 22.000	2000	204
BSB5	20 - 6.000	10 - 590	2.000 - 8.100	900	2
TOC/DOC	5 - 830				
AOX	0,07 - 1,3	< 0,01 - 0,017			0,27
Cu					
Zn					
Cd					
Hg					
Cr					
Ni					
Pb					
Sn					
Cyanidel.f.					
MKW					

Anlage 5.4: Fortsetzung

Anhang/ VwV	Herstellung von Papier und Pappe	Herst. v. Druckfor- men, Druckerzeug- nissen u. grafischen Erzeugnissen	Herst. v. Druckfor- men, Druckerzeug- nissen u. grafischen Erzeugnissen	Herst. v. Druckfor- men, Druckerzeug- nissen u. grafi- schen Erzeugnissen
Nr.	19B (1.1.3)	56	56	56
Branche / Betrieb	Spezialproduktion, Herstellung von Cellulose aus Baumwollkämmlin- gen	Herstellung v. Off- setdruckformen	Herstellung v. Off- setdruckformen	Herstellung v. Ko- piervorlagen
Quelle/ Bezug	[CED-97] Kläranlagenzulauf	[RUD-95] Handentwicklung: Gesamtabwasser	[RUD-95] Maschinenentwick- lung: Gesamtab- wasser	[RUD-95] Waschwasserab- laufkonzentrationen bei der Entwicklung von Schwarz-/Weiß- Filmen
Daten	1996	ca. 1985	ca. 1985	Ca. 1985
Abwasser- beschaf- fenheit	Min – Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	(mg/l)	Min – Max (mg/l)
CSB	400 - 1.100			
BSB5	100 – 500			
TOC/DOC				
AOX	0,10 - 2,0	0,054 - < 2,50	0,025	< 0,010 – 0,051
Cu		0,110 - 0,610	0,007	0,020 - 0,026
Zn				
Cd		0,0009 - 0,0011	< 0,0005	< 0,0005
Hg		< 0,0002 - 0,00005	0,0007	< 0,0002 - 0,0022
Cr		0,005 - 0,014	< 0,001	0,001 - 0,010
Ni		0,003 - 0,425	< 0,001	0,001 - 0,002
Pb		0,013 - 0,090	< 0,001	< 0,001 – 0,004
As		< 0,01	< 0,01	Bis 0,001
Ag				Bis 10

Anlage 5.5: VI Textil- und Ledergewerbe

Anhang/ VwV	Textilher- stellung	Textilher- stellung	Textilher- stellung	Textilherstellung	Textilherstellung
Nr.	38	38	38	38	38
Branche / Be- trieb				Färbereien	Teppichherst./- Druckerei
Quelle/ Bezug	[SCH-94] - 25 Betriebe: Gesamt- abwasser	[EHR-93] - 12 Betriebe: Gesamt- abwasser	[BÖR-94] - 2 Betriebe: Gesamt- abwasser	[Recherche] - 4 Betriebe: Gesamtabwasser [BRA-97] - 1 Färberei: Gesamtabwas.	[Recherche] - 1 Betrieb: Ab- wasserteilstrom Druckerei (MKW durch Druckverdicker)
Daten	1987/88	ca. 1989- 1991	1992/93	ca. 1994; 1998/99	1998/99
Abwasser- beschaffen- heit	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min – Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)
CSB	400 - 3.000		500 - 2.500	90 - 1.300/4500	1.800 - 8.700
BSB5	100 - 1.000		60 - 650	(30 – 90)	610 - 1.600
TOC/DOC	150 - 1.000	72 - 1.400	150 - 550	(40 – 120)	
AOX	0,05 - 1,5	0,11 - 15	0,25 - 0,36	< 0,01 - 0,98	0,06 - 0,79
Cu	< 0,01 - 0,50			(0,03 - 0,49)	
Zn	0,002 - 0,70			(0,18 - 1,7)	
Crges./Cr3+	< 0,005 - 2,0			(0,06 - 0,5)	
Sn	< 0,01 - 0,30				
Cyanidel.f.					
MKW	< 0,1 - 6,0				9 - 180
BTEX					
PAK (TVO)					
Phenolel.f.					
Phenoleges.					
Benzol					
Toluol					
o-Xylol					

Anlage 5.5: Fortsetzung

Anhang / VwV	Wollwäschereien	Wollwäschereien	Wollwäschereien	Wollwäschereien	Wollwäschereien	Wollwäschereien
Nr.	57	57	57	57	57	57
Branche / Betrieb	Wollwaschwasser	Wollwaschwasser	Wollwaschwasser	Wollwaschwasser	Wollkämmerei	
Quelle/ Bezug	[BÖR-94] 1 Betrieb: 2 Teilströme: Zulauf Bioreaktor/ Filzfreiabwasser	[BÖR-94] 1 Betrieb: Teilstrom Filzfreiabwasser	[BÖR-94] 1 Betrieb: Gesamtabwasser	[RUD-95] 1 Betrieb	[RUD-95] 1 Betrieb: ohne innerbetriebl. Vorbehandlung	[RUD-95] 1 Betrieb: mit innerbetriebl. Vorbehandlung
Daten	1991	1991	1991	vor 1993	bis 1982	1992
Abwasserbeschaffenheit	(mg/l)	(mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
CSB	250	3.100	700 - 1.800	60.000 - 90.000	2.500	100
BSB5	150	920	150 - 550	30.000 - 50.000	1.100	3
TOC/DOC	80	1.000	180 - 600	150 - 1.000		
AOX	0,065	23	0,40 - 5,5	1,0	3	0,3
Cu						
Zn						
Crges./Cr3+						
Cyanidel.f.						
MKW						
BTEX						
PAK (TVO)						
Phenolel.f.						
Phenoleges.						
Benzol						
Toluol						
o-Xylol						
Pestizide					0,070	0,001

Anlage 5.5: Fortsetzung

Anhang / VwV	Lederherstellung Pelzveredlg., Lederfaserherstellung	Lederherstellung Pelzveredelung, Lederfaserherstellung	Lederherstellung Pelzveredelung, Lederfaserherstellung	Lederherstellung Pelzveredelung, Lederfaserherstellung	Lederherstellung Pelzveredelung, Lederfaserherstellung
Nr.	25	25	25	25	25
Branche / Betrieb	Lederherstellung	Lederherstellung	Lederherstellung	Lederherstellung	Lederherstellung Naßzurichtung
Quelle/ Bezug	[WAR-92] Betriebe der ehemaligen DDR: Gesamt- abwasser / *Teilströme	[RUD-95] 2 Betriebe: Gesamt- abwasser	[BÖR-94] 2 Betriebe: Gesamt- abwasser	[HEL-93], 1 Betrieb: Gesamt- abwasser: Tagesmisch- proben	[HEL-97], Gesamt- abwasser, Teil- ströme von 9 Betrieben
Daten	1989	ca. 1990 (?)	1992	vor 1993	1995
Abwas- serbe- schaffen- heit	Mittel (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)
CSB	CSVMn: 1.000	4.000 - 7.000	1.500 - 3.500	1.600 - 7.000	1.100 - 17.000
BSB5	1000	3.000 - 6.000	800 - 1.900	1.000 - 3.000	390 - 4.200
TOC/DOC			500 - 1.100		
AOX		> 2	0,30 - 2,7		
Cu					
Zn					
Crges./Cr3	100 / 6000*	bis 800		50 - 300	9 - 250
Sn					
Cyanidel.f.					
MKW					
BTEX					

Anlage 5.5: Fortsetzung

Anhang / VwV	Lederherstellung, Pelzveredelung, Lederfaserherstellung	Lederherstellung, Pelzveredelung, Lederfaserherstellung
Nr.	25	25
Branche / Betrieb	Lederherstellung	Lederherstellung
Quelle/ Bezug	[Recherche] 1 Betrieb: Gesamtabwasser, 3 Teilströme	[Recherche] 1 Betrieb: Gesamtabwasser, Gerbung ohne Chrom
Daten	1994	1998 - 2000
Abwasserbeschaffenheit	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)
CSB	700 - 29.000	1.000 - 8.600
BSB5		680 - 3.000
TOC/DOC		
AOX		0,14 - 0,68
Cu		
Zn		
Crges./Cr3+	0,07 - 210	
Sn		
Cyanidel.f.		
MKW		
BTEX		

Anlage 5.6: VIII Dienstleistungen - Meßwerte im Rohabwasser

Anhang / VwV	Mineralölhaltiges Abwasser	Mineralölhaltiges Abwasser	Mineralölhaltiges Abwasser	Mineralölhaltiges Abwasser	Mineralölhaltiges Abwasser
Nr.	49	49	49	49	49
Branche / Betrieb	PKW-Waschanlagen	PKW-Waschanlagen	PKW-Waschanlagen	ICE-Außenreinigungsanlage	Flugzeug-Waschanlagen
Quelle/Bezug	[RUD-95], ohne Wasserrückgewinnung	[RUD-95], mit Wasserrückgewinnung	[ATV-97] n = 67 Waschanlagen	[ATV-97]	[ATV-97]
Daten	1985	1985	Ca. 1987		ca. 1987
Abwasserbeschaffenheit	Min - Max (mg/l)	(mg/l)	Min - Max (mg/l)	(mg/l)	Min - Max (mg/l)
CSB				1.200	300 - 95.000
BSB5					
TOC/DOC			7,3 - 960		
AOX	0,037 - 0,052	0,028	0,01 - 0,77		
Cu	0,225 - 0,29	0,3	< 0,02 - 2,8	2,6	
Zn				1,4	1,0 - 2,8
Cd	0,0045 - 0,015	0,01	< 0,005 - 0,11		0,3 - 2,4
Hg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,001 - 0,002		
Cr	0,004 - 0,019	0,004	< 0,02 - 0,20		0,2 - 1,2
Ni	0,019 - 0,11	0,04	< 0,02 - 0,20		0,1 - 3,8
Pb	0,055 - 0,4	0,043	< 0,05 - 1,4		0,2 - 1,1
As	< 0,001 - 0,002	0,003			
MKW			0,6 - 370		44 - 5.100

Anlage 5.6: Fortsetzung

Anhang / VwV	Fotografische Prozesse	Fotografische Prozesse	Fotografische Prozesse
Nr.	53	53	53
Branche / Betrieb		Ablauf GA-Entwicklungsmaschine	Fotogroßlabor
Quelle/ Bezug	[BAU-88] typ. Wertebereiche	[BÖR-94] 1 Betrieb: 1 Teilstrom	[Recherche] 1 Betrieb: Gesamtabwasser; * Ablaufwerte
Daten	1980 - 1986 (?)	1990	1999
Abwasserbeschaffenheit	Min – Max (mg/l)	Min – Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)
CSB	500 - 3.000	1.500 - 1.700	
BSB5	400 - 1.000		
TOC/DOC		180 – 250	
AOX		< 0,01 - 0,16	*0,17 - 0,49
Cu			
Zn			
Cd			
Hg			
Cr			
Ni			
Pb			
As			
Ag			*0,019 - 6,1

Anlage 5.6: Fortsetzung

Anhang / VwV	Chemisch-reinigung	Wäschereien	Wäschereien	Wäschereien	Wäschereien
Nr.	52	55	55	55	55
Branche / Betrieb					
Quelle/ Bezug	[BÖR-94], 3 Betriebe, Gesamtabwasser	[Recherche] 1 Betrieb: 5 Teilstrome (versch. Waschgüter, ohne Putztücher)	[SCH-97], Teilstrom: Haushalts-/Objektwäsche	[SCH-97], Teilstrom: Berufsbeleidung	[SCH-97], Teilstrom: Putztücher
Daten	1989	1999	???	???	???
Abwasserbeschaffenheit	Min – Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)	Min - Max (mg/l)
CSB	2.300 - 2.800	300 - 800	1.600 - 2.200	1.500 - 6.500	50.000 - 70.000
BSB5	900 – 1.300		700 - 1.500	220 - 1.500	bis 10.000
TOC/DOC					
Lipophile. St.		75 - 210			
MKW		20 - 130		5 - 770	20.000 - 30.000
AOX	1,4 - 2,0	0,08 - 0,18	0,14 - 0,41	0,70 - 3,1	6 - 310
LHKW		0,006 - 0,014			4 - 25
Cu		< 0,05 - 0,07		0,30 - 1,3	4 - 19
Zn		0,36 - 1,6		3,8 - 6,3	5 - 17
Cd					
Hg		0,001 - 0,003			
Cr					
Ni					
Pb					
As		0,002 - 0,003			
Ag					

Anlage 5.7: IX Sonstige - Meßwerte im Rohabwasser

Anhang/ VwV	Wasserauf- bereitung, Kühlsysteme, Dampferzeu- gung	Wäsche von Rauchgasen aus Feue- rungsanlagen	Wäsche von Rauchgasen aus Feue- rungsanlagen	Wäsche von Rauchgasen aus Feue- rungsanlagen	Wäsche von Rauchgasen aus Feue- rungsanlagen
Nr.	31	47	47	47	47
Branche / Betrieb		Kraftwerk, Festbrennstoffe	Klärschlamm- verbrennung	Sondermüll- verbrennung	Hausmüll- verbrennung
Quelle/ Bezug	[BÖR-94], 4 Betriebe	[BÖR-94], 1 Betrieb, nach Neutralisation	[BÖR-94], 1 Betrieb, Kon- trollschacht	[BÖR-94], 1 Betrieb, Hauptwäsche	[BÖR-94], 1 Betriebe, Vorwäsche und Hauptwäsche
Daten	1990 - 1993	1991	1991	1991	1991
Abwasser- beschaf- fenheit	Min - Max (mg/l)	(mg/l)	Min - Max (mg/l)	(mg/l)	Min - Max (mg/l)
CSB	< 15 - 130	42	25 - 50	3.400	800 - 1.300
BSB5	< 5 – 20	< 5	< 5	18	
TOC/DOC	4 – 25	5	10	1.000	350 - 850
AOX	0,020 - 0,90		0,12 - 0,20	8,2	10 - 22
Cu	"unauffällig" [BÖR-94]				
Zn					
Cd					
Cr					
Ni					
Pb					

Anlage 5.7: Fortsetzung

Anhang/ VwV	Häusliches und kommunales Abwasser
Nr.	1
Branche / Betrieb	
Quelle/ Bezug	[Kop-86]
Daten	
Abwasserbeschaffenheit	Mittel (mg/l)
CSB	440 - 570
BSB5	
TOC/DOC	190
AOX	0,1 - 0,3
Cu	0,15
Zn	0,1 - 1,0
Cd	< 0,005
Cr	0,03
Ni	0,04
Pb	0,1

Anlage 6.1: Werkstoffverteilung an untersuchten Standortbeispielen

Standort Nr.	Branche	Entwässerungssystem	Anteil Rohrmaterial je Standort in %						bewertete Kanallänge (m)
			Steinzeug	Beton/Stahlbeton	Kunststoff	Guß, FE etc.	Faser-/Asbestzement	Sonstige	
1	Abfallentsorger	KM	84,5	17,5					546,3
2	Chemie	KM	13,8	86,2					579,7
3	Chemie	?	51,6	35,1	13,0				8.090,4
4	Dienstleistung	KM	84	16					671,4
5	Elektronik/Elektrot.	KM	89,6		6,8	3,6			550,2
6	Elektronik/Elektrot.	KM	89,7		10,0	0,3			1.037,7
7	Elektronik/Elektrot.	KM	50,0	22,4	27,6				7.003,6
8	Lebensmittel	KM	91,0	9,0					622,7
9	Maschinenbau	KM	22,5	77,5					413,1
10	Maschinenbau	KM	100						182,9
11	Maschinenbau	KM	81	18,6	0,4				416,0
12	Maschinenbau	KM	79,6	6,3	7,7	0,1		6,4	11.675,4
13	Maschinenbau	KM	98,3		1,7				3.388,1
14	Metallverarbeitung	KM	2,7	71,3	3,0		23,0		1.762,9
15	Milit. Liegenschaft	KM	19,0	80,0	1,0				9.870,0
16	Milit. Liegenschaft	KM	82,8	8,4	8,8				1.033,5
1	Abfallentsorger	KS	100,0						116,7
17	Chemie	KS	17,5	20	62,5				20.010,0
17	Chemie	KP			95,2	4,8			20.000,0
18	Fahrzeugservice	KS	100,0						113,6
19	Fahrzeugservice	KS	91,2		6,0			2,8	829,8
20	Fahrzeugservice	KS	1,9		98,1				1.190,8
21	Fahrzeugservice	KS	98,7		1,3				1.322,3
22	Fahrzeugservice	KS	94,6		5,4				262,6
23	Fahrzeugservice	KS	100,0						1.329,1
24	Fahrzeugservice	KS	50,9		48,7			0,5	225,6
25	Fahrzeugservice	KS	76,3		23,7				193,2
26	Fahrzeugservice	KS	83		1,9	15,1			778,8
27	Maschinenbau	KS	53,8	45		0,1	0,6	0,4	13.410,0
28	Maschinenbau	KS	100						586,9
12	Maschinenbau	KS	83,0		13,5			3,4	3.219,6
13	Maschinenbau	KS	98,7		0,4	0,9			592,4
13	Maschinenbau	KP	100,0						219,4
29	Maschinenbau	KS	90,5		2,6		6,9		730,2
30	Maschinenbau	KS	28,5	70,2	0,6	0,2	0,3	0,2	29.364,0
31	Maschinenbau	KS	96,8	3,2					1.961,1
32	Milit. Liegenschaft	KS	98,2	1,8					2.860,1
33	Milit. Liegenschaft	KS	99,1	0,5		0,4			4.506,5
34	Milit. Liegenschaft	Trennsystem	73,0	27,0					unbekannt
35	Transport	KS	90,6		9,4				895,1
36	Transport	KS	100						737,7
Summe									153.299,3

KM Mischwasserkanal
 KS Schmutzwasserkanal
 KP Produktionsabwasser

Anlage 6.2: Beispiele der Nennweitenverteilung**Beispiel 1 – kleines Grundstückentwässerungsnetz**

Branche:	Lebensmittel
Zeitraum der Untersuchung:	1999
Art der Kanäle:	Mischwasserkanal
Einzugs-/Betriebsfläche:	?
untersuchte Haltungslänge:	705,3 m

Nennweitenverteilung der Haltungen

Nennweite [mm]	Anzahl der Haltungen Mischwasser
DN 100	3
DN 150	21
DN 200	8
DN 250	7
DN 300	3
DN 450	1
Summe	43

Werkstoffe und Nennweiten

Leitungsart	Nennweite [mm]	Beton [m]	Steinzeug [m]	Anteil am Untersuchten Netz [%]	
Mischwasser	DN 450	28,5		4,0	4,0
	DN 100		51,5	7,3	96,0
	DN150		294,3	41,7	
	DN 200		120,8	17,1	
	DN 250		198,4	28,1	
	DN 300		11,8	1,8	
Summe		28,5	676,8		

Beispiel 2 – mittelgroßes Grundstückentwässerungsnetz

Branche: **Fahrzeugbau**
 Zeitraum der Untersuchung: Febr.1997 - Okt. 1997
 Art der Kanäle: Regen-/Schmutzwasser
 Einzugs-/Betriebsfläche: ca. 2,8 ha
 untersuchte Haltungslänge: 136 Haltungen, 2.250,9 m

Nennweitenverteilung der Haltungen

Nennweite [mm]	Anzahl der Haltungen		
	Grundhaltung	Anschlußhaltung	Gesamt
DN 80		1	1
DN 100		13	13
DN 125		5	5
DN 150	11	56	67
DN 175		2	2
DN 200	12	10	22
DN 250	19	2	21
DN 300	2		2
DN 800	1		1
DN 1000	2		2
Summe	49	90	136

Werkstoffe und Nennweiten

Leitungsart	Nennweite [mm]	Beton		Steinzeug		Grauguß		PVCU		Asbest- zement	
		[m]	%	[m]	%	[m]	%	[m]	%	[m]	%
Schmutz- wasser KS 35 %	DN 125			14,6	0,7			3,7	0,2		
	DN 150			155,9	7,0	29,3	1,3	10,8	0,5		
	DN 200			106,6	4,8	70,7	3,2				
	DN 250			369,7	16,6	17,7	0,8				
Summe KS		0,0	0,0	646,8	29,1	117,7	5,3	14,5	0,7	0,0	0,0
Regen- wasser KR 65 %	DN 80							2,1	0,1		
	DN 100			12,0	0,5			57,3	2,6		
	DN 125					3,1	0,1	2,1	0,1		
	DN 150	9,0	0,4	293,5	13,2	1,3	0,1	87,0	3,9		
	DN 175			42,5	1,9						
	DN 200			404,4	18,2	40,0	1,8				
	DN 250			295,0	13,3	19,1	0,9				
	DN 300									75,4	3,4
	DN 800	17,8	0,8								
	DN 1000	80,0	3,6								
Summe KR		106,8	4,8	1047,4	47,2	63,5	2,9	148,5	6,7	75,4	3,4
Summe KS+KR		106,8	4,8	1694,2	76,3	181,2	8,2	163,0	7,3	75,4	3,4

Prozentangaben bezogen auf untersuchte Gesamtlänge: 2.250,9 m

Beispiel 3 – großes Grundstücksentwässerungsnetz

Branche:	Schwermaschinenbau
Zeitraum der Untersuchung:	Sept. 1995 - Febr. 1996
Art der Kanäle:	Regen-/Schmutzwasser
Einzugs-/Betriebsfläche:	keine Angaben
untersuchte Haltungslänge:	146 Haltungen, 3.967,9 m
Gesamtlänge des Netzes	6.200 m

Nennweitenverteilung der Haltungen

Nennweite [mm]	Anzahl der Haltungen		
	Regenwasser	Schmutzwasser	Gesamt
DN 150	13	4	17
DN 200	25	55	80
DN 250	0	4	4
DN 300	19	0	19
DN 400	6	2	8
DN 500	12	2	14
DN 600	1	1	2
DN 800	1	1	2
Summe	77	69	146

Werkstoffe und Nennweiten

Leitungsart	Nennweite [mm]	Beton [m]	Steinzeug [m]	Anteil am untersuchten Netz [%]	
Schmutzwasser	DN 150		125,2	3,2	47,8
	DN 200		1.568,2	39,5	
	DN 250		134,0	3,4	
	DN 400		29,3	0,7	
	DN 800		41,0	1,0	
	DN 500	40,4		1,0	1,6
DN 600	23,0		0,6		
Regenwasser	DN 150		249,2	6,3	31,0
	DN 200		586,2	14,8	
	DN 300		301,2	7,6	
	DN 400		50,6	1,3	
	DN 800		39,4	1,0	
	DN 200	111,6		2,8	19,7
	DN 300	173,2		4,4	
	DN 400	97,0		2,4	
	DN 500	328,4		8,3	
	DN 600	70,0		1,8	
Summe [m]		773,6	3.124,3		
Anteil		19,5 %	80,5%		

Anlage 7: Schadensverteilung an untersuchten Entwässerungsnetzen

Werkstoff: Grauguss

Standort - Nr.		27	30	13	26
Entwässerungssystem		KS	KS	KS	KS
Schadensart/ATV-Kürzel		Schadensverteilung je Entwässerungsnetz in %			
Abzweig	A	-	-	-	14,3
Rohrbruch Rohrausbruch	B	-	-	-	-
Korrosion	C	-	29,0	100,0	32,1
Deformation biegegeweicher Rohre	D	-	-	-	-
Hindernisse	H	25,0	43,0	-	10,7
Lageabweichung	L	75,0	-	-	25,0
Risse	R	-	29,0	-	14,2
Stutzen	S	-	-	-	3,6
Fehlende Teile	T	-	-	-	-
Sichtbare Undichtigkeiten	U	-	-	-	-
Mechanischer Verschleiß	V	-	-	-	-
Sonstige Schäden	W	-	-	-	-
Anzahl der Schäden gesamt		4	7	1	28
Länge untersuchter Kanal in m		17,9	49,5	5,5	117,7
Schäden/1000 m		223,5	141,4	181,8	237,9

Anlage 7: Schadensverteilung an untersuchten Entwässerungsnetzen**Werkstoff: Faser-/Asbestzement**

Standort - Nr.		14	27	30	29
Entwässerungs-system		KM	KS	KS	KS
Schadensart/ATV-Kürzel		Schadensverteilung je Entwässerungsnetz in %			
Abzweig	A	-	-	-	-
Rohrbruch Rohr- ausbruch	B	1,9	25,0	14,0	-
Korrosion	C	-	-	-	-
Deformation bie- geweicher Rohre	D	-	-	-	-
Hindernisse	H	42,3	8,0	-	100,0
Lageabweichung	L	1,9	-	29,0	-
Risse	R	13,5	8,0	29,0	-
Stutzen	S	40,4	29,0	29,0	-
Fehlende Teile	T	-	-	-	-
Sichtbare Undich- tigkeiten	U	-	29,0	-	-
Mechanischer Ver- schleiß	V	-	-	-	-
Sonstige Schäden	W	-	-	-	-
Anzahl der Schä- den gesamt		52	24	7	2
Länge untersuchter Kanal in m		405,5	79,5	86,1	49,8
Schäden/1000 m		128,2	301,9	81,3	40,2

Anlage 7: Schadensverteilung in untersuchten Entwässerungsnetzen - Werkstoff: Kunststoff

Standort - Nr.		14	6	7	20	24	25	30	26	29
Entwässerungssystem		KM	KM	KM	KS	KS	KS	KS	KS	KS
Schadensart/ATV-Kürzel		Schadensverteilung je Entwässerungsnetz in %								
Abzweig	A	-	-	-	66,7	100	-	-	-	-
Rohrbruch Rohr- ausbruch	B	-	-	-	-	-	-	14	-	25
Korrosion	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Deformation bie- geweich.Rohre	D	-	-	-	16,7	-	33,3	-	-	-
Hindernisse	H	60	-	5,3	5,5	-	-	29	-	75
Lageabweichung	L	40	-	3,2	11,1	-	66,7	14	100	-
Risse	R	-	-	2,1	-	-	-	14	-	-
Stutzen	S	-	60	89,4	-	-	-	29	-	-
Fehlende Teile	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sichtbare Undich- tigkeiten	U	-	40	-	-	-	-	-	-	-
Mechanischer Verschleiß	V	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sonstige Schäden	W	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anzahl der Schäden ge- samt		5	15	94	18	1	3	7	3	4
Länge untersuchter Ka- nal in m		52,9	100,4	1.936,2	1.167,8	109,8	45,9	190,7	14,5	19,3
Schäden/1000 m		94,5	149,4	48,5	15,4	9,1	65,4	36,7	207,5	207,3

Anlage 7: Schadensverteilung in untersuchten Entwässerungsnetzen - Werkstoff: Beton/Stahlbeton

Standort-Nr.		14	38	15	8	7	1	27	30	31
Entwässerungssystem		KM	KM	KM	KM	KM	KM	KS	KS	KS
Schadensart/ATV-Kürzel		Schadstoffverteilung je Entwässerungsnetz in %								
Abzweig	A	-	-	-	-	-	-	-	-	12,5
Rohrbruch Rohr- ausbruch	B	5,9	6,3	7,0	-	3,7	16,7	8,0	11,0	
Korrosion	C	1,8	-	-	22,2	5,6	-	2,0	3,0	25,0
Deformation bie- gewe. Rohre	D	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0
Hindernisse	H	10,1	33,8	16,0	44,5	12,1	16,7	13,0	18,0	-
Lageabweichung	L	-	13,8	6,6	-	15,9	33,3	5,0	8,0	12,5
Risse	R	19,5	46,3	21,8	33,3	16,9	-	50,0	26,0	12,5
Stutzen	S	62,1	-	46,9	-	41,1	33,3	20,0	33,0	12,5
Fehlende Teile	T	-	-	-	-	4,7	-	-	-	-
Sicht. Undichtigk.	U	0,6	-	1,5	-	-	-	2,0	1,0	-
Mechanischer Ver- schleiß	V	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sonst. Schäden	W	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-
Anzahl der Schäden gesamt		169	80	959	9	107	6	2.352	4.786	8
Untersuchter Kanal in m		1.257,0	84,3	8.023,7	55,9	1.567,3	95,5	6.039,0	20.613,8	63,4
Schäden/1000 m		134,5	949,0	119,5	161,0	68,3	62,8	389,5	232,2	126,2

Anlage 7: Schadensverteilung in untersuchten Entwässerungsnetzen - Werkstoff: Steinzeug

Standort-Nr.		14	37	15	8	6	7	1	18	19	21	22	23	24	25	27	30	31	26	13	13	13	29
Entwässerungssystem		KM	KM	KM	KM	KM	KM	KM	KS	KS	KS	KS	KS	KS	KS	KS	KS	KS	KS	KM	KI	KS	KS
Schadensart/ATV-Kürzel		Schadensverteilung je Entwässerungsnetz in %																					
Abzweig	A	-	-	-	-	2,2	0,7	5,9	-	21,2	9,4	12,5	21,7	16,6	-	-	-	8,7	3,8	1,8	-	0,6	-
Rohrbr.	B	-	-	2,5	6,2	7,6	3,4	9,2	-	1,2	2,6	-	-	-	16,7	6	6	7	-	1,8	-	4	8
Korrosion	C	-	1	-	-	-	-	-	-	2,3	-	-	1,7	-	8,3	1	1	-	4,7	-	-	-	3
Deform.	D	-	-	-	-	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hindern.	H	66,7	17	5,1	12,5	24,7	30	2,4	37,5	27,1	16,2	46,9	16,7	16,6	16,7	17	33	19,4	34,9	12,7	52,4	37,1	12
Lageabw.	L	-	-	53,1	47,8	17,2	31,4	37,6	50	30,6	47,9	18,7	23,3	16,6	33,3	10	13	42,7	25,5	22,5	38,2	46,9	29
Risse	R	33,3	48	32,9	25	36,6	19,7	40	-	9,4	14,5	9,4	28,3	33,3	8,3	51	29	19,2	22,6	41,3	4,7	9,7	41
Stutzen	S	-	11	6,3	4,2	3,2	11	4,7	-	1,2	6	3,1	3,3	-	16,7	9	10	1,8	2,8	15,7	4,7	1,7	2
Fehlende Teile	T	-	-	-	-	1,1	2,4	-	-	2,3	3,4	9,4	3,3	16,6	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-
Undichtigkeiten	U	-	23	-	4,2	3,2	1,4	-	12,5	4,7	-	-	1,7	-	-	6	8	0,2	-	1,1	-	-	-
Mechan. Verschl.	V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2,3	-	-	-
Sonstige Schäden	W	-	-	-	-	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5,7	-	-	-	5
Anzahl der Schäden gesamt		3	404	82	48	93	290	85	8	85	117	32	60	6	12	2466	1692	485	106	613	21	175	99
Untersuchter Kanal in m		48	962	2006	567	931	3500	601	114	757	1305	248	1329	115	147	7213	8374	1898	647	3330	219	585	661
Schäden/1000m		63	420	41	85	100	83	141	70	112	90	129	45	52	81	342	202	256	164	184	96	299	150

