

# Gefährdungspotential undichter Abwasserkanäle Risiko für Boden und Grundwasser ?

## für unsere Argumentation

Ulrich Hagendorf  
UBA Umweltbundesamt, Langen

### **Zusammenfassung:**

Erhebungen zeigen, dass Kanalnetze **z.T.** starke bauliche Mängel aufweisen und durch Undichtigkeiten Grundwasser- und Bodenkontaminationen zu befürchten sind. Schadhafte Kanäle widersprechen den Vorgaben an die Abwasserbeseitigung und den Betrieb von Abwasseranlagen sowie des Grundwasserschutzes. Die rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen sind in Eigenkontroll- und Selbstüberwachungsverordnungen sowie in zahlreichen technischen Regelwerken verankert. Ergebnisse aus hydrochemischen und geochemischen Untersuchungen zur Exfiltration von überwiegend häuslichem und industriell-gewerblichen Schmutzwasser werden dargestellt. Als Randbedingungen sind unterschiedlichste Schadensarten und -klassen in Sohl-, Kämpfer- und Scheitellagen des Rohrquerschnitts sowie die Untergrundverhältnisse, die schwer bis gut durchlässige Sedimente bei Grundwasserständen <50cm bis 500cm unterhalb der Rohrsohle umfassen, berücksichtigt. **Anhand von Leitparametern wurden Abwasserinhaltsstoffe in der unmittelbaren Umgebung, insbesondere bei schweren Schäden nachgewiesen. Sie sind auf eine nur wenige Dezimeter mächtige Infiltrationsschicht beschränkt, im Grundwasser jedoch nicht belegt.** Umweltrelevante Stoffbelastungen schränken die multifunktionelle Nutzungsmöglichkeit von Aushubmassen bei Kanalbaumaßnahmen ein.

## 1. Einleitung

Schadhafte Kanäle widersprechen den Vorgaben an die Abwasserbeseitigung und den Betrieb von Abwasseranlagen (§§ 18 a Abs. 1 Wasserhaushaltsgesetz – WHG) sowie des Grundwasserschutzes (§ 34 Abs. 1 WHG). Obwohl eindeutige rechtliche Anforderungen an Bau und Betrieb gestellt sind, wurde durch Kanalinspektionen nachgewiesen, dass vor Jahrzehnten als auch in jüngerer Vergangenheit verlegte Abwasserkanäle bauliche Mängel aufweisen und damit den heutigen Anforderungen nicht mehr genügen. Die tatsächlichen Auswirkungen von Schäden an Abwasserleitungen auf Grundwasser und Boden sind bislang nur teilweise bekannt, großräumige diffuse Untergrundkontaminationen wurden befürchtet.

**Neben dem Aufzeigen der Gefahren, die aus der Abwasserversickerung resultieren, vor allem der unkontrollierten und nicht sachgemäßen Versickerung, darf die Fähigkeit des Bodens zu sehr komplexen und weitgehenden Reinigungsmechanismen nicht aus der Betrachtung heraus genommen werden.** Unter der Abwasserversickerung ist das Einsickern (Infiltration) und Durchsickern von Abwasser in bzw. durch den Porenraum eines Lockergesteinkörpers zu verstehen. Nach überwiegend vertikaler Passage des Wasser ungesättigten Sickerraumes wird die Grundwasseroberfläche erreicht.

Vor diesem Hintergrund wurden Verbundprojekte unter Beteiligung von Kommunen, Unternehmen und Forschungsinstitutionen gefördert (FUHRMANN & VOLLMER 1992, WINTER 2003). Neben prototypischen Demonstrationsvorhaben des neuesten Standes der Technik zur Sanierung undichter Kanäle wurden F- und E-Aktivitäten zum Gefährdungspotenzial von Abwasser aus undichten Kanälen auf Boden und Grundwasser, zur Detektion und Quantifizierung von Kontaminationen aus undichten Kanälen und zu Methoden zur Bewertung von Schäden bezüglich der Sanierungsdringlichkeit bewilligt.

## 2. Rechtliche und technische Rahmenbedingungen

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 Kanalsystemen in rechtlichen Vorgaben und technischen Regeln festgelegt.

Nach § 18 Abs. I WHG darf Abwasser nur so beseitigt werden, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Die Beseitigungsaufgabe umfasst im Sinne § 18a Abs. I WHG u.a. das Sammeln, Fortleiten, Behandeln, Einleiten, Versickern, Verregnen und Verrieseln von Abwasser. Eine Einleitung in Grundwasser ist nach § 34, Abs. I WHG nicht statthaft wenn eine nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu besorgen ist. Für den Betrieb von Kanalisationen gilt im Sinne von § 18b Abs. I WHG, dass die privaten Grundstückseigentümer als auch die abwasserbeseitigungspflichtigen Kommunen dafür Sorge tragen, dass ihre Abwasseranlagen in ordnungsgemäßem Zustand arbeiten. Der Sorgfaltsmaßstab für Bau und Unterhaltung von Abwasseranlagen wird ebenfalls in § 18b Abs. I WHG erläutert. Das sind im Regelfall die allgemein anerkannten Regeln der Technik, die auch in § 7a Abs. I WHG als Mindestanforderungen zugrunde gelegt werden. Diese Regelungen und Anforderungen werden in Landeswassergesetzen umgesetzt. In Landesbauordnungen werden Regelungen zu Bau, Genehmigung, Abnahme, Zustand und Überwachungen und im kommunalen Satzungsrecht Regelungen von Anschluss- und Benutzungsrechten, Haftung und Gebühren getroffen.

In den meisten Bundesländern wurden Eigenkontroll- oder Selbstüberwachungsverordnungen für Abwasseranlagen verabschiedet (Tabelle 1). Diese sind in der Regel unterschiedlich ausformuliert und enthalten Forderungen an Betreiber zur Eigenkontrolle von Kanalnetzen. Die Anforderungen sind von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich (Tabelle 2). Sie können die regelmäßige Kontrolle des Kanalnetzes, die Dokumentation der Schäden und Angaben zur Sanierung von Schäden umfassen. Im Einzelfall kann eine Entwässerungssatzung zusätzliche Anforderungen an die Eigenüberwachung enthalten, die über die Mindestanforderungen der jeweiligen landeseigenen Eigenüberwachungsverordnung hinausgeht. Einige Länder verzichten ganz auf eine einheitliche Eigenkontrollverordnung und weisen auf die Kontrolle durch kommunale Satzungen hin. Allen Ländern fehlt

offensichtlich ein einheitliches Kataster, das die wesentlichen Ergebnisse der Eigenkontrollverordnungen zusammenfasst.

Anforderungen an Bau und Betrieb sind weiterhin in zahlreichen technischen Regelwerken verankert (DIN 1986, DIN 4033, ATV-Arbeitsblatt A 139, ATV-Merkblatt M 143). Diese enthalten Vorgaben zur Inspektion, Wartung und Instandsetzung. 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 festgelegt, 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 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 Fassungsbe-  
reich (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.

Bundesland	Verordnung	Inkrafttreten
Baden-Württemberg	Verordnung über die Eigenkontrolle von Abwasseranlagen (Eigenkontrollverordnung – EigenkontrollIVO)	09.08.89
	Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Eigen-	11.05.90
Bayern	Verordnung zur Eigenüberwachung von Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen (Eigenüberwachungs- verordnung - 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	05.07.93
Mecklenburg-Vorpommern	Verordnung über die Selbstüberwachung von Abwasseranlagen und Abwassereinleitungen (Selbst- überwachungsverordnung – SÜVO)	09.07.93
Nordrhein-Westfalen	Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitungen von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem (Selbstüber- wachungsverordnung Kanal – SÜVVKan)	16.01.95
Niedersachsen	Keine	
Rheinland-Pfalz	Landesverordnung über die Eigenüberwachung von Abwasseranlagen (EÜVOA), zusätzlich Leitfaden Eigenüberwachung von Abwasseranlagen Leitfaden Einleiterüberwachung	27.08.99
Saarland	Verordnung über die Eigenkontrolle von Abwasser- behandlungsanlagen (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 - EigenkontrollIVO)	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 Abwasserkontroll- verordnung - ThürAbwEKVO)	15.09.98

**Tabelle 1:** Verordnungen zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen und Kanalisationen

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

Bundesland	Geltungsbereich	Fris-	Umfang Zustandsprüfung	Dokumentation	Sonstiges
<b>Baden-Württemberg</b>	Öffentliche und nichtöffentliche Abwasseranlagen <sup>1)</sup> , Keine Abwasseranlagen für häusliches Abwasser bis 8	Erstprüfung bis 1999, mind. alle 10 Jahre, bei Dichtigkeitsprüfung nach a.a.R.d.T.	Kanal-TV bzw. Begehung oder Dichtigkeitsprüfung	Betriebstagebuch (Art der Schäden, Undichtigkeiten, Sanierungsmaßnahmen)	<sup>1)</sup> bei Einleitung gefährlicher Stoffe i.S. § 7a Abs. 1 Satz 4 WHG
<b>Bayern</b>	Öffentliche und private Schmutzwasser- u. Mischwasserbedingte Regenwassersammelkanäle <sup>1)</sup> ; keine Kleineinleitungen nach	Erst- und Wiederholungsprüfung alle 10 Jahre, Dichtigkeitsprüfung alle 20 Jahre, erstmals bei Alter von	Kanal-TV bzw. Begehung, Leckagedetektionsmethode oder Prüfung auf Wasserdichtheit	Betriebstagebuch (Zustand, Betriebssicherheit, Funktionsfähigkeit)	<sup>1)</sup> bei Einleitung gefährlicher Stoffe i.S. § 7a Abs. 1 Satz 4 WHG
<b>Brandenburg</b>	Schmutz-, Regen- und Mischwasserkanäle bei befestigten gewerblichen Betriebsflächen	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
<b>Hessen</b>	Öffentliche und private Abwasserkanäle und -leitungen <sup>1)</sup>	Erstprüfung bis 2005, Wiederholung alle 10 Jahre bei Dichtigkeitsprüfung	Freispiegelleitungen: optische Prüfungen Druckleitungen: Druckprüfung	Betriebstagebuch (Kanalkataster, Zustand, Sanierungsmaßnahmen)	<sup>1)</sup> bei Einleitung gefährlicher Stoffe i.S. § 7a Abs. 1 Satz 4 WHG
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b>	Abwasserkanäle und -leitungen von Betreibern einer Abwasseranlage, ausgenommen häusliche Abwasseranlagen für einen	Erstprüfung bis 1998, mind. alle 10 Jahre	Dichtigkeitsprüfung	Betriebstagebuch (Zustand, Dichtigkeit)	
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	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	Optische Prüfungen oder Begehungen	Überwachungsbericht (Zustand, Dichtigkeit, Funktionsfähigkeit)	
<b>Rheinland-Pfalz</b>	Keine Abwasseranlagen für häusliches Abwasser bis 8 m <sup>3</sup> /d; Keine Anlagen für Niederschlagswasser	mind. alle 10 Jahre	Optische Prüfungen	Jährlicher Eigenüberwachungsbericht (Kanalnetzlänge, untersuchte Längen, Zustand, Maßnahmen)	<sup>1)</sup> bei Einleitung gefährlicher Stoffe i.S. § 7a Abs. 1 Satz 4 WHG
<b>Sachsen</b>	Öffentliche und nichtöffentliche Abwasseranlagen <sup>1)</sup> , Keine Abwasseranlagen für häusliches Abwasser bis 8	Erstprüfung bis 2004, mind. alle 10 Jahre, bei Dichtigkeitsprüfung nach a.a.R.d.T. Wiederholung nach 15	Optische Prüfungen oder Begehungen	Betriebstagebuch (Dichtigkeitsprüfung, Zustand)	<sup>1)</sup> bei Einleitung gefährlicher Stoffe i.S. § 7a Abs. 1 Satz 4 WHG
<b>Thüringen</b>	Öffentliche und nichtöffentliche Abwasseranlagen <sup>2)</sup> , Keine Abwasseranlagen für häusliches Abwasser bis 8	Mindestens alle 15 Jahre, bei industriellen Kanalisationen alle 5 Jahre	Optische Inspektion und Dichtigkeitsprüfung	Kontrollbericht (optische Inspektion, Wartungsarbeiten)	<sup>2)</sup> keine Mindestanforderungen gemäß § 7 AbwV

Insgesamt ist nach BÜTOW et al. (2001) festzustellen, dass die Vielzahl der Einzelvorschriften zum Betrieb und zur Eigenüberwachung von Grundstücksentwässerungsleitungen ihre Umsetzung durch den Betreiber und die Überwachung durch die zuständigen Ordnungsbehörden erschwert. Daher ist auch eine konsequente Umsetzung und lückenlose Kontrolle der vorhandenen rechtlichen Rahmenbedingungen (Eigenkontrollverordnung, Bauordnung) 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. Erschwerend kommt hinzu, dass die technischen Regeln nach DIN und ATV unterschiedliche Anforderungen bei Kanalnetzen mit „häuslichem Abwasser“ und „gewerblich/industriellem Abwasser“ sowie bei der Lage im Wasserschutzgebiet enthalten. Daher ließe sich durch eine Vereinheitlichung der landesspezifischen und technischen Regeln die Eigenüberwachung von Grundstücksentwässerungsleitungen besser umsetzen und kontrollieren. Zur Kontrolle der Eigenüberwachung von Grundstücksentwässerungsleitungen könnten bestellte Sachverständige eingesetzt werden und somit die öffentliche Verwaltung entlasten. Von Nachteil wären aber zusätzliche Kosten für die Betreiber von Grundstücksentwässerungsleitungen. Die Notwendigkeit einer Überwachung und Wartung von Grundstücksentwässerungsleitungen ist zur Werterhaltung des Kanalbauwerks jedoch 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. Überblick zum Abwasseraufkommen**

In den Wirtschaftszweigen Verarbeitendes Gewerbe und Bergbau beträgt das Wasseraufkommen im Jahre 1995 (Bezug: 13.132 Betriebsstandorte) rund  $10,0 \times 10^9 \text{ m}^3$ . Hiervon werden  $8,0 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$  in Betrieben eingesetzt. Etwa 73% der  $8,0 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$  Wasser dient als Kühlwasser. Ein gutes Fünftel der Wassermenge (22%) wird direkt in der Produktion verwendet.

Das gesamte Abwasseraufkommen beträgt einschließlich des ungenutzt abgeleiteten Wassers insgesamt  $8,9 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$  (Tabelle 3). Rund 60% des gesamten Abwassers gehen auf Kühlwasser zurück. Ausschließlich 16% - das entspricht  $1,4 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$  - des insgesamt anfallenden Abwassers werden 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. In dieser Summe ist nur das Abwasseraufkommen großer Betriebe enthalten, da Betriebe mit einem Abwasseraufkommen kleiner als  $10.000 \text{ m}^3/\text{a}$  statistisch nicht erfasst werden. Etwa 85% des zu behandelnden Abwassers werden von Betriebsstandorten mit einem

Abwasseraufkommen größer 100.000 m<sup>3</sup>/a gestellt. Dies sind etwa 20% aller statistisch erfassten Betriebsstandorte.

	<b>Produktions-spezifisches</b>	<b>Kühlwasser</b>	<b>Sonstiges Abwasser, ungenutztes Wasser</b>	<b>Abwasser (gesamt)</b>
<b>Aufkommen</b>	1,7 /	5,3 / 60	1,9 / 21	8,9 / 100
<b>Direkteinleiter</b>				
- <b>unbehandelt</b>	0,5 / 5,8	4,8 / 54,0	1,6 / 18	6,9 / 78
- <b>behandelt</b>				1,2 / 13
<b>Indirekteinleiter</b>				
- <b>unbehandelt</b>	0,23 / 2,6	0,22 / 2,5	0,13 / 1,5	0,58 / 6,6
- <b>behandelt</b>				
<b>Summe</b>				<b>7,5 / 84</b>
- <b>unbehandelt</b>				<b>1,4 / 16</b>

**Tabelle 3** : Aufkommen, Behandlung und Einleitung von Abwasser  
(Angaben in [10<sup>9</sup> x m<sup>3</sup>/a / %] nach STB 1995)

#### **4. Branchentypische Abwasserbeschaffenheit und Leitparameter**

Häusliches und kommunales Abwasser sowie industriell/gewerbliche Abwässer werden in der Abwasserverordnung (AbwV in der Fassung vom 15.10.2002) (AbwV2002) 57 Anhängen 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 sind insbesondere die Herkunftsbereiche von Bedeutung, 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.

Die Umweltrelevanz ergibt sich aus den in Produktionsprozessen eingesetzten Stoffen und Reaktionsprodukten, die Abwässer der Herkunftsbereiche können anhand der unterschiedlichen Mindestanforderungen bewertet werden. Für eine

große Anzahl von Abwasserherkunftsbereichen fallen insbesondere Abwasserinhaltsstoffe an, mit denen primär die biologische Abbaubarkeit (CSB, BSB<sub>5</sub>) und der Nährstoffgehalt (NH<sub>4</sub>-N, N<sub>ges.</sub>, P<sub>ges.</sub>) des Abwassers ermittelt werden und die als deutlich geringer umweltwirksam bewertet werden. 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, sondern der Abwasserbeschaffenheitsklasse 1: "Geringe Umweltrelevanz" zugeordnet. Dies betrifft ca. 20 Herkunftsbereiche, die vorwiegend den Anhängen häusliches und kommunales Abwasser, Nahrungs- und Tiernahrungsproduktion und verschiedene Dienstleistungsbranchen zugeordnet werden können (Tabelle 4).

Eine mittlere Umweltrelevanz (Abwasserbeschaffenheitsklasse 2) wird ca. zehn Anhängen zur AbwV zugewiesen, bei denen vor allem Phosphor und Schwermetalle sowie Mineralkohlenwasserstoffe als Wasser gefährdende Stoffe im Abwasser enthalten sind. Diese Abwasserinhaltsstoffe sind relativ immobil, z.T. auch biologisch abbaubar und beziehen sich u.a. auf die Anhänge Zellstoffherzeugung, Chemische Industrie, Textil, Metall, Abfall.

Zwölf Wirtschaftszweige/Branchen haben aufgrund der Abwasserbeschaffenheit eine hohe Umweltrelevanz, so dass hier ein erhöhtes Umweltrisiko für Schadstofffreisetzungen bei undichten Kanälen zu besorgen ist. Es handelt sich um Branchen, die sich einer Beschaffenheitsklasse 3 zuordnen lassen und halogenorganische Verbindungen und aromatische Kohlenwasserstoffe sowie Phenole führen. Die Betriebe dieser Branchen gehen überwiegend mit Stoffen um, die als gefährlich, Wasser gefährdend und persistent einzustufen sind.

<b>Klasse</b>	<b>Anhang AbwV</b>	<b>Stoffe / Stoffgruppen</b>	<b>Bewertung der Umweltrelevanz</b>
<b>1</b>	1,3,4,5,6,7,8,10,11,12,14,15,18,20,21,28,29	Org. Kohlenstoff-, Stickstoffverbindungen, Alkalien, Erdalkalien, Anionen	<b>gering</b> biologisch abbau-
<b>2</b>	19,22,25,24,30,31,38,39,40,47,49,51,55	Schwermetalle, Phosphor, MKW	<b>mittel</b> relativ immobil, z.T.
<b>3</b>	9,22,36,37,43,44,45,48,42,54,57,	AOX, Aromaten, Phenole	<b>hoch</b> gefährlich, Wasser gefährdend,

**Tabelle 4:** Abwasserbeschaffenheitsklassen und Bewertung der Umweltrelevanz



Aus der Zuordnung von Abwasser relevanter Herkunftsbereiche zu drei stoffbezogenen Abwasserklassen mit geringer bis hoher Umweltrelevanz leiten sich die relevanten Leitparameter ab, mit denen die möglichen Auswirkungen undichter Kanäle auf die Schutzgüter Boden und Grundwasser eingeschätzt werden können. Nicht geeignet sind die zu den klassischen Prüfgrößen der Abwasserüberwachung gehörenden Summenparameter CSB und BSB<sub>5</sub> - mit denen beurteilt werden kann, zu welchen Anteilen Abwasserinhaltsstoffe biologisch abbaubar sind - und die Nährstoff bezogene Summen- und Einzelstoffanalytik.

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

**Tabelle 5** : Branchenübergordnete Leitparameter für Boden- und Grundwasseruntersuchungen

Die Abgrenzung der Abwasserbeschaffenheitsklassen basiert auf Parametern, die wesentliche, umweltwirksame 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 am häufigsten aufgeführten Prüfgrößen bestimmt und über die Messdaten aus verschiedensten Branchen eingeschränkt. Danach können branchenübergordnet die in Tabelle 5 zusammengestellten Leitparameter für Boden- und Grundwasseruntersuchungen unterhalb undichter Kanäle unterschieden werden.

## 5. Zustand der Kanalisation in Deutschland

Mit einer Umfrage von 2001 (BERGER & LOHAUS 2003), an der sich 162 Kommunen und Abwasserverbände in Deutschland beteiligten, liegt aktuelles Datenmaterial zur Altersverteilung, zum Rohrmaterial, zu den Kanalschäden und Zustandsklassen vor, aus dem der erforderliche Sanierungsbedarf abgeleitet werden kann.

Die Kanallängen werden für die öffentliche Kanalisation mit insgesamt 445.728 km veranschlagt, wobei auf die Mischwasserkanäle (MW) 226.532 km, Schmutzwasserkanäle (SW) 134.312 km und Regenwasserkanäle (RW) 84.887 km entfallen. Der Anteil der Grundstücksentwässerungsleitungen, die MW-, SW- und RW-Kanäle umfassen, ist mit insgesamt 900.000 km mehr als doppelt so hoch.

Die Altersverteilung weist aus, dass über 65 % der erdverlegten Rohrleitungen in den letzten 50 Jahren gebaut wurden, aber auch noch Kanäle genutzt werden, die länger als 100 Jahre liegen. (Tabelle 6). Die statistische Auswertung der Kanalschäden verdeutlicht, dass schadhafte Anschlüsse (27%) und Risse (19%) überwiegen und Korrosionsschäden, Lageabweichungen, Hindernisse, Wurzeleinwuchs und undichte Muffen mit etwa gleichen Anteilen von 7 bis 10% folgen (Tabelle 7). Die Auswertung der Zustandsklassen 0 bis 4 lässt einen langfristigen Handlungsbedarf (ZK 4) bei ca. 70% der Schäden erkennen. Sofortiger Handlungsbedarf für die ZK 0 und ZK 1 besteht für 7% der Kanalschäden, kurzfristiger (ZK2) und mittelfristiger (ZK 3) Handlungsbedarf besteht für 24% der untersuchten Kanallängen und erfordert Kostenaufwendungen von ca. 45 Mrd. Euro.

Altersverteilung		Rohrmaterial	
• unbekannt	6 %	• sonstige	1,5 %
• > 100 a	4 %	• Guss/Stahl	1,5 %
• 76....100 a	14	• Kunststoff	2 %
• 51....75 a	10	• Mauerwerk	3 %
• 26.....50 a	36 %	• Faserzement	2 %
• 0.....25 a	30 %	• Beton/Stahlbeton	46,5 %
		• Steinzeug	43,5%

**Tabelle 6:** Zustand der Kanalisation (1); (Angaben nach ATV-DVWK 2003)

Kanalschäden	Zustandsklassen
• sonstige 11 %	• ZK 0 + ZK 1 7 % sofortiger Handlungsbedarf
• Korrosion 7 %	• ZK 2 10 % kurzfristiger Handlungsbedarf
• Lageabweichung 10 %	• ZK 3 14 % mittelfristiger Handlungsbedarf
• Hindernis 9 %	• ZK 4 69 % langfristiger Handlungsbedarf
• Wurzel 7 %	
• schadhafter Anschluss 27 %	
• Riss 19 %	
• Undichte Muffe 10 %	

**Tabelle 7:** Zustand der Kanalisation (2) (Angabe nach ATV-DVWK 2003)

## **6. Untersuchungs- und Kenntnisstand zum Nachweis und zur Bewertung von Kanalschäden durch Boden- und Grundwasseruntersuchungen**

### **6.1 Detektionsmethoden**

Die Entwicklungsarbeiten von Mess- und Detektionsmethoden zum Nachweis der Kanalundichtigkeiten basieren im wesentlichen auf hydro- und geochemischen, hydraulischen und geophysikalischen Untersuchungsmethoden (HAGENDORF 1997). Während für erstere insbesondere auf die Entnahme vergleichbarer Sedimentproben aus neben Abwasserkanälen geteufte Rammkernsondierungen oder Sedimententnahmen bei Kanalbaumaßnahmen zurückgegriffen wird, schließen die hydraulischen Messungen Markierungsversuche zur Simulation der Schadstoffausbreitung in Testfeldern und Abwasserexfiltrationsmessungen ein. Die geophysikalischen Verfahren greifen auf klassische Methoden zurück (u.a. Geoelektrik, Akustik, Radiometrie, Thermometrie), die anwendungsorientiert für hochsensible Erkennungs-, Steuerungs- und Navigationssysteme weiterentwickelt wurden.

Durch geochemische und hydrochemische Bestandsaufnahmen wurde in der Regel kein abwassertypisches Stoffspektrum nachgewiesen, das zur Auswirkung von Kanalschäden auf Grundwasserkontaminationen herangezogen werden kann. Die Folgen unerlaubter Einleitungen persistenter und mobiler Stoffe (z.B. leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)), adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX), Benzol, Toluol, Xylol (BTX) in defekte Abwasserkanäle führten allerdings zu schwersten Grundwasser- und Bodenkontaminationen (HAGENDORF 1992; TOUSSAINT 1989). Umweltrelevante Messwerte durch Abwasserexfiltrationen im Sediment sind nach HAGENDORF & KRAFFT (1996) und HARTMANN et al. (1996) nur auf die unmittelbare Umgebung der Schäden (Infiltrationszone) begrenzt. Sie entsprechen den Ergebnissen von RETTINGER (1992), TURKOVIC et al. (2003), AN et al. (2003) hinsichtlich der Ausbildung einer Schicht mit hohem organischen Anteil und verstärkter Sorptionskapazität bei Einleitung von Abwasser in die „unbelastete Bodenzone“.

Von den hydraulischen Verfahren stellen nach EISWIRTH et al. (1994,2003) Markierungsversuche mit unterschiedlich reaktiven Tracern eine ideale Methode dar, die Verteilung möglicher organischer und anorganischer Sorptionsträger im Untergrund mit geringen Sorptionskapazitäten, die für eine Schadstoffausbreitung wesentlich sind, aufzuzeigen und zu detektieren.

Quantitative Erkenntnisse zur Belastung des Untergrundes mit Abwasser wurden aus Untersuchungen zur Exfiltration vor Ort an in Betrieb befindlichen Kanälen, großtechnischen Versuchsanlagen und Modellsystemen im Labor gewonnen. Die Ergebnisse sind in Abhängigkeit von den hydraulischen Randbedingungen wie Rohrdurchmesser, Einfluss von Schwere, Lage und Art definierter Schäden auf die Exfiltrationsrate, unterschiedliche Füllhöhen bis Überstaubedingungen und Untergrundverhältnisse in HARTMANN et al. (1996) und in Forschungsberichten (1994a, 1994b) dokumentiert. Die Unterschiede der Exfiltrationsmengen sind teilweise sehr groß. Abwasserfreisetzungen aus typischen Schadensbildern wie Riss- und Scherbenbildung sowie undichte Muffen, liegen bei einem Viertel bis der Hälfte Füllung

des Rohres in Größenordnungen von  $\text{ml}/(\text{h} \cdot \text{m})$  bis zu  $\text{l}/(\text{h} \cdot \text{m})$  oder bei einer Scheitelfüllung des Rohres von bis zu  $130 \text{ l}/(\text{h} \cdot \text{m})$  (DOHMANN et al.1999). Druckhöhen über Rohrsohle, die den Rohrdurchmesser bis um das 10-fache im Fall von Rückstauereignissen übersteigen, führen zu Exfiltrationen von bis zu  $1 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m})$ .

## **6.2 Quantifizierung und Bewertung der Umweltrelevanz durch hydrochemische und geochemische Bestandsaufnahmen**

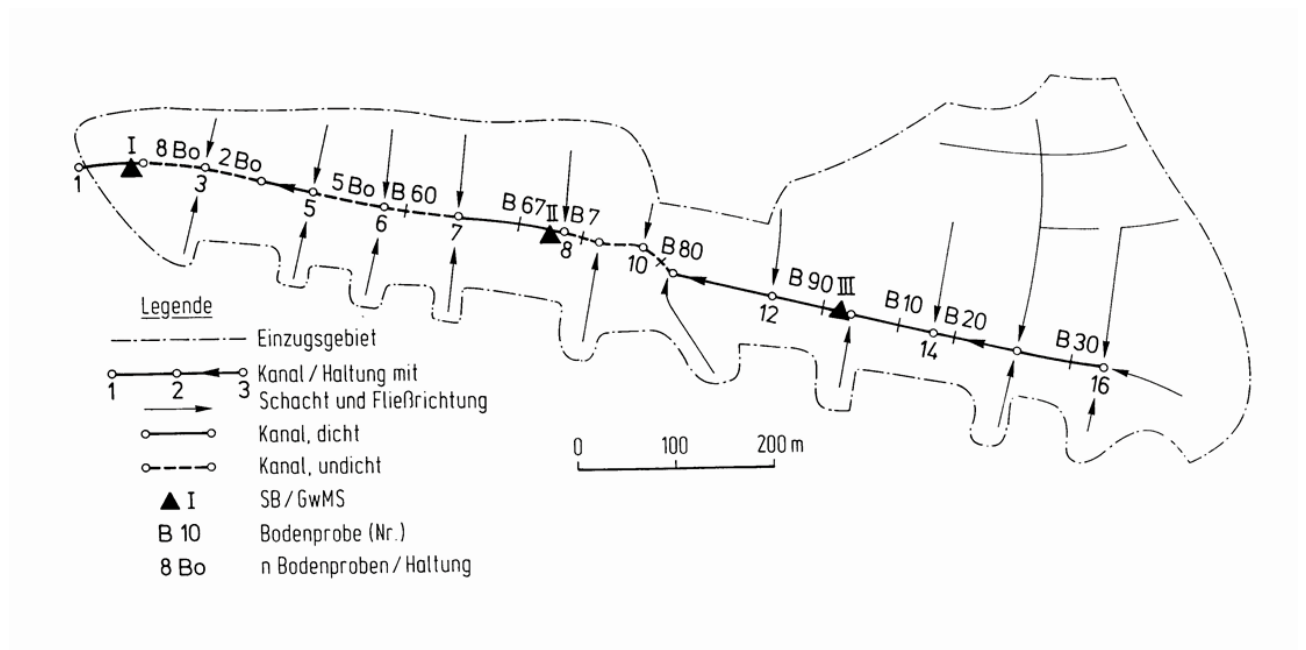
Zur Fragestellung der Freisetzung und Auswirkung von Abwasserinhaltsstoffen im Hinblick auf umwelthygienische Risiken für die Schutzgüter Boden und Grundwasser wurden Untersuchungen insbesondere an Kanälen im Langzeitbetrieb und solchen, die Schmutzwässer unterschiedlichster Herkunft führen, durchgeführt (HAGENDORF & KRAFFT 1996, BÜTOW, KRAFFT, RÜGER 2001). Eine detaillierte Schadensbewertung und Gefährdungsabschätzung muss neben den Untersuchungskriterien Abwasserbeschaffenheit/Abwasserherkunft die Kriterien Zustand des Kanalbauwerks und Untergrundverhältnisse (geologischer Aufbau der Kanalumgebung, Grundwasserverhältnisse) berücksichtigen, denn Anreicherung, Abbau und Verlagerung der Abwasserinhaltsstoffe unterhalb der Rohrsohle resultieren aus einer Vielzahl von Einfluss- und Wirkungsgrößen der zuvor genannten Kriterien.

Als Fallbeispiele wurden offene Kanalbaustellen im Lockergestein ausgewählt, die insbesondere Möglichkeiten für detaillierte Aufnahmen und Probenahmen an freigelegten Kanalabschnitten boten (Tabelle 8). Die Untersuchungskriterien wurden durch umfassende Erhebungen und Recherchen zu Größe und Art der Abwasserzugsgebiete, Lage und Branchen von Indirekteinleitern sowie deren Abwasserzusammensetzung, Alter und Material des Kanalbauwerks, Schadensart, -schwere und Zustandsklasse präzisiert (Abb.1). Die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse wie Art, Korngröße und Durchlässigkeit der Sedimente, Grundwasserabstand, -fließrichtung und -zusammensetzung unterschieden sich für die einzelnen Fallbeispiele ebenfalls, so dass die Ergebnisse im Analogieschluss auf ähnliche, nicht im Detail prüfbare Verhältnisse übertragen werden können.

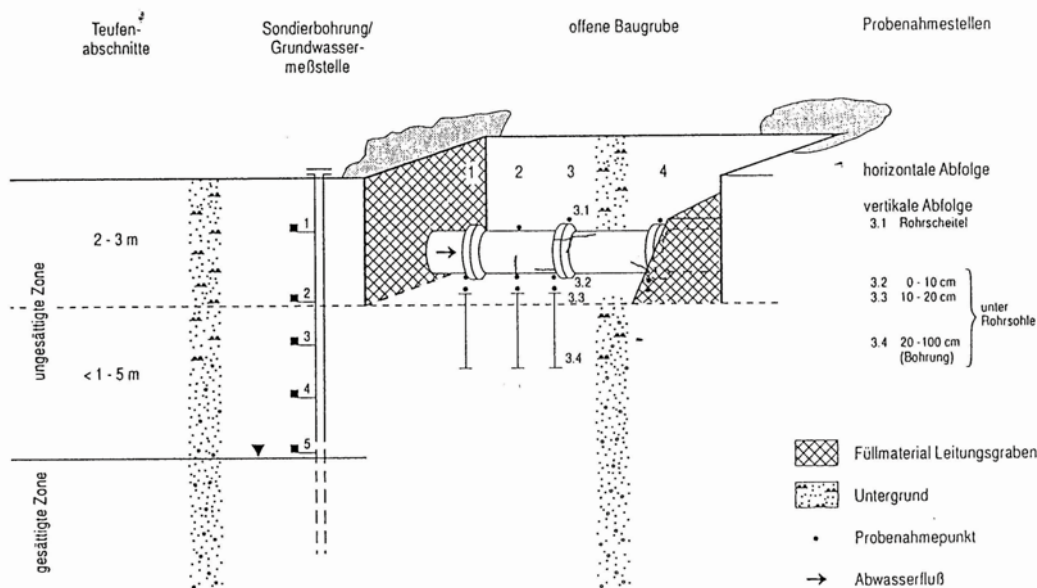
Die Entnahme von Abwasser und Grundwasser erfolgte als Stichproben. Die Sedimentproben wurden aus definierten Tiefen oberhalb und unterhalb der Rohrsohle und aus Sondierbohrungen außerhalb der Kanaltrasse entnommen (Abb.2). Die Proben wurden auf verschiedene physikalisch-chemische und chemische Summen-, Gruppen- und Einzelparameter untersucht, die im häuslichen und industriell/gewerblichen Abwasser in relevanten Konzentrationen enthalten sind oder zur Abwasserüberwachung im praktischen Vollzug genutzt werden. Hierzu gehören u.a. organisch gebundener Kohlenstoff, Nährstoffe, adsorbierbare organische Halogenverbindungen, Anionen, Alkali- bzw. Erdalkalimetalle sowie Schwermetalle. Unberücksichtigt blieben leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe, da die Auswirkungen dieser Stoffgruppe durch undichte Kanäle auf Boden und Grundwasser hinreichend bekannt sind (HAGENDORF 1982; TOUSSAINT 1989).

Anhang AbwV	Anzahl	Abwasserherkunfts-bereich	Schadensarten (ATV M 143)	Zustandsklassen (ATV M 149)
1	7	Kommunales Schmutzwasser	B, L, R, U	0, 1, 2, 3, 4
22	1	Mischabwasser	R	3
31	1	Wasseraufbereitung, Kühlsysteme	B	1
36/45	1	Kohlenwasserstoffe, Erdölverarbeitung	B	0
38	1	Textil	B	0
40	1	Metall	R	3
49	5	Mineralölhaltiges Abwasser	B, H, L, R, U,	1, 2, 3, 4

**Tabelle 8:** Fallbeispiele



**Abbildung 1:** Abwassereinzugsgebiet, Kanalisation, Probenahmen



**Abbildung 2:** Prinzipskizze zu Probenahmen an Kanalbaustellen

Nach ihrem spezifischen Verhalten während der Untergrundpassage erfassten die Parameter biologisch abbaubare und biologisch transformierbare Stoffe, relativ immobile sowie relativ mobile Stoffe. Durch die Feststoffanalysen und Eluataufschlüsse der Sedimentproben konnten die Gesamtgehalte und die leichter mobilisierbaren Anteile der Stoffe ermittelt werden. Weiterhin wurden sediment-spezifische Parameter wie Farbe, Geruch, Feuchtegehalt und organische Substanz bestimmt.

Die Analysenbefunde wurden für jedes Fallbeispiel statistisch aufbereitet, es wurde bestimmt an welchen Kanalschäden Abwasser exfiltrierte („abwasserbeeinflusst“) und welche Untersuchungsparameter mit diesen Befunden korrespondierten. Die Parameter, die in allen Fallbeispielen Schäden mit Abwasserexfiltrationen belegten, wurden als Leitparameter eingeführt, weil auf Standards nicht zurückgegriffen werden kann. Die aus den Leitparametern errechneten Faktoren (f) zur medianen Abweichung der Messbefunde von den Hintergrundwerten (HG, „Abwasser unbeeinflusst“) wurden als eine Bewertungsgrundlage genutzt.

Das Filter-, Sorptions- und Mobilitätsverhalten des Untergrundes prägt den Verbleib der mit der Abwasserexfiltration freigesetzten Stoffe. Daraus können sich Stoffanreicherungen ergeben, die im Vergleich zu den bekannten Richt-, Prüf- und Grenzwerten mit ihrem komplizierten Standort-, Nutzungs-, Schadstoff- und Schutzgutbezug verschiedenste Nutzungen ausschließen oder einschränken.

## 7. Fallbeispiel

Die Auswirkungen schadhafter Abwasserkanäle wurden an 17 Kanalabschnitten (Fallbeispiele, Tabelle 8) untersucht, die in kommunalen Kanalnetzen lagen oder als industriell-gewerbliche Grundstücksentwässerungsleitungen betrieben werden. Unabhängig von der Art des Abwassereinzugsgebietes belegten die Abwasseranalysen häusliche oder Abwässer vergleichbarer Beschaffenheit und Industrie- bzw. Gewerbeabwasser. Mit Brüchen, Hindernissen, Lageabweichungen, Rissen und Undichtigkeiten enthielten die untersuchten Kanalabschnitte die wesentlichen Schadensarten in Sohl-, Kämpfer- und Scheitellagen des Rohrquerschnitts (ATV 1991). Es handelte sich sowohl um schwere bautechnische Mängel der Schadensklassen 0, 1 und 2 als auch um leichtere Schäden der Klassen 3 und 4. Die Untergrundverhältnisse der Fallbeispiele variierten zwischen tonigen und sandig-kiesigen bzw. schwer bis gut durchlässigen Sedimenten ( $K_f$ -Wert  $10^{-8}\text{ms}^{-1}$  bis  $10^{-4}\text{ms}^{-1}$ ) bei Grundwasserabständen zwischen  $<50\text{ cm}$  und  $>500\text{ cm}$  unter Rohrsohle. Die Untersuchungskriterien Abwasserbeschaffenheit, Kanalbauwerk, Sediment und Grundwasser lagen danach in verschiedenster Ausbildung vor, so dass für die Auswertung verschiedene Bewertungskombinationen möglich waren.

### 7.1 Leitparameter

Durch die Auswertung der Messbefunde von Sedimentproben unterhalb von Kanalschäden wurden in 5 Fallbeispielen Abwasserinhaltsstoffe im Untergrund (Sediment) nachgewiesen. Mit Abwasserexfiltrationen korrespondierten im Sedimenteluat elektrische Leitfähigkeit ( $L_F$ ), gelöster organischer Kohlenstoff (DOC), Ammonium ( $\text{NH}_4$ ), Kalium (K) und Magnesium (Mg) und im Sedimentfeststoff Blei (Pb), Kupfer (Cu), Zink (Zn). Diese 8 Parameter waren geeignet, „abwasserbeeinflusste“ von „abwasserunbeeinflussten“ Untersuchungsabschnitten (Hintergrundwerte, HG) abzugrenzen (Abb. 3, 4). Daneben traten im Eluat auch Natrium (Na) und Calcium (Ca) und im Feststoff organischer Kohlenstoffgehalt ( $C_{\text{org}}$ ), adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX), Kalium (K) und Barium (Ba) relativ häufig auf. Diese Parameter konnten den Leitparametern nicht zugeordnet werden, da die vorgegebene Auswertungskonvention den Nachweis der Parameter in allen Fallbeispielen forderte und die Messbefunde mindestens um den Faktor  $f = 2$  über den Hintergrundwerten liegen sollten.

### 7.2 Schäden

Die Auswirkungen der untersuchten Schäden wurden anhand der Leitparameter in 0 – 10 cm Tiefe unter Rohrsohle beurteilt. Hierzu diente die mediane Abweichung der Leitparameter von den Hintergrundwerten. Die Faktoren (f) wurden getrennt für Eluat- und Feststoffbefunde berechnet und als  $f > \text{Referenzwert}$  angegeben.

„Abwasserbeeinflusster“ Untergrund wurde für Schäden der Klassen 0 und 1 in der Rohrsohle sowie undichte Muffen (UC--) und defekte Rohranschlüsse (UA--) nachgewiesen. Die Anzahl von Schäden der Klasse 2 in der Rohrsohle, als „nachweisbar“ ( $2 \leq f < 4$ ) und als „nicht nachweisbar“ dokumentiert, war zu gering, um nach Schadensarten differenziert gesicherte Aussagen für diese Klasse treffen zu können.

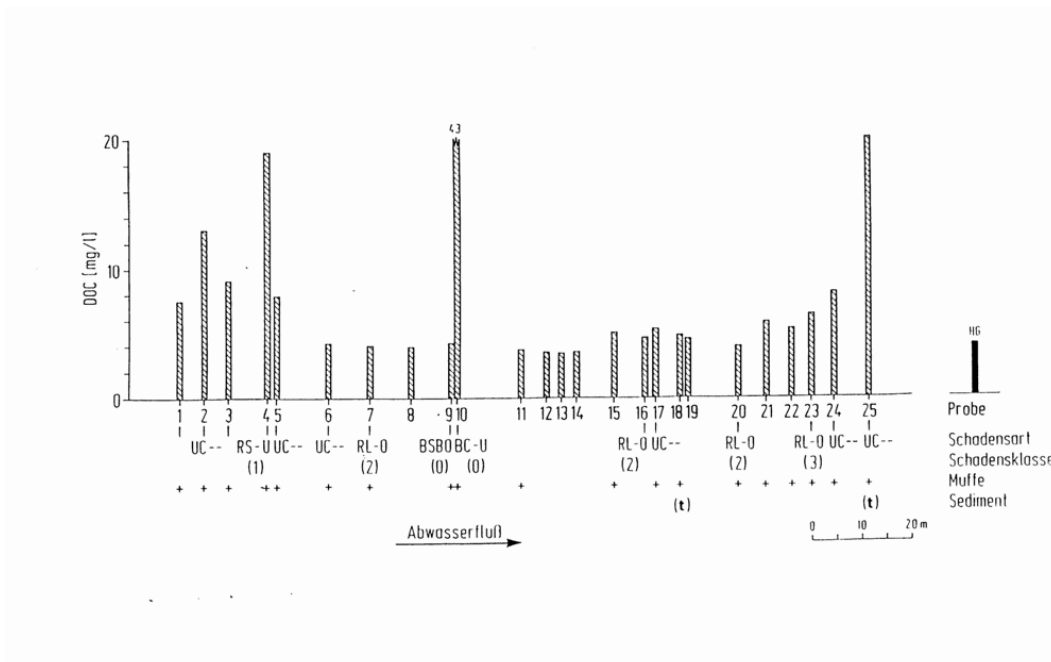


Abbildung 3: Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) 0-10 cm u. RS (Eluat)

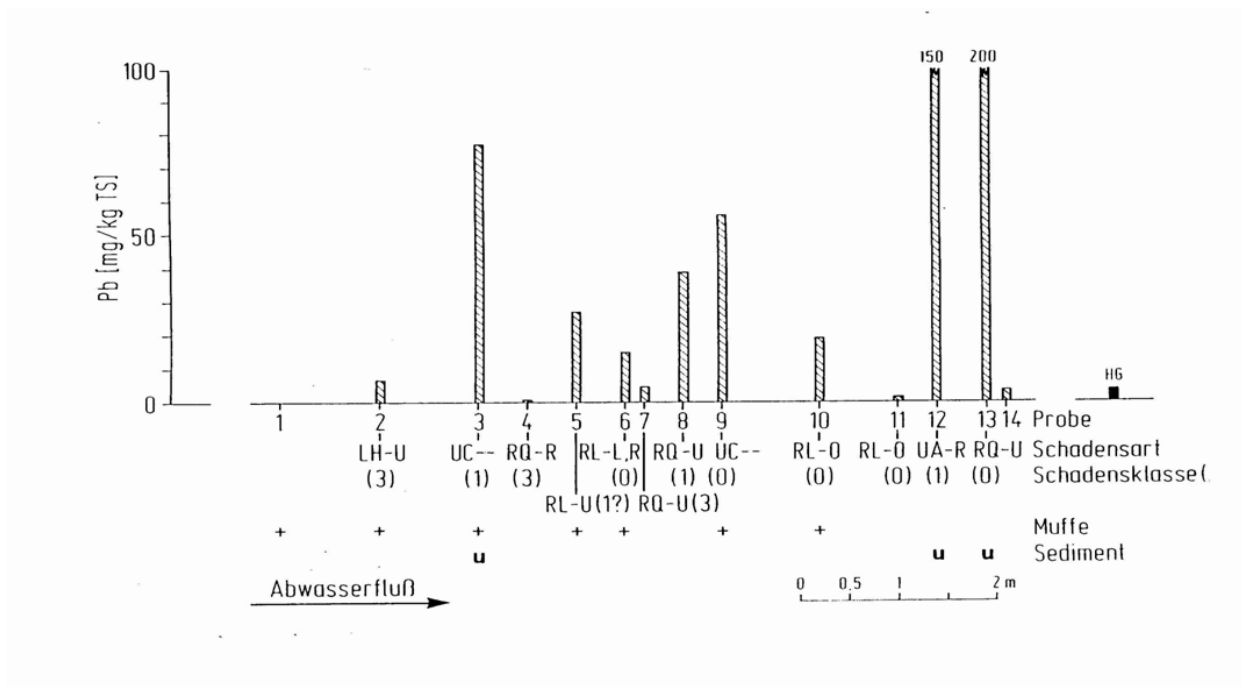


Abbildung 4: Blei (Pb) 0 – 10 cm u. RS (Feststoff)



Ebenso widersprüchlich stellen sich die Ergebnisse für Rissbildungen (RL/Q/S) der Klasse 3 in der Rohrsohle dar. Der Einfluss von Schäden der Klasse 3 ist insgesamt aber geringer zu beurteilen als der der Klassen 0, 1 und 2 (Abb. 3, 4).

Die Auswertung von Lageabweichungen (LV/H/L) der Schadensklassen 3 und 4 zeigte keine Anreicherung von Abwasserinhaltsstoffen unterhalb der Rohrsohle. Gleiches wurde übereinstimmend auch für Schäden in Rohrscheitel und -kämpfer unabhängig von Schadensart und -klasse festgestellt.

### 7.3 Infiltrationstiefe

Die Sedimentuntersuchungen belegten bereits ca. 10 cm unter Rohrsohle einen Konzentrationsrückgang um 90 % auf 10 % der Messbefunde an der Rohrsohle (Abb. 5). Mit dem Eintrag organischer Feststoffe in das Sediment durch das Abwasser entwickelte sich eine bis zu 10 cm starke, überwiegend dunkelgraue, dunkelbraune bis schwarz gefärbte Schicht mit hohem organischem Anteil (Infiltrationszone, Biofilm). **In Proben aus 20 – 100 cm unter Rohrsohle wurden erhöhte Messwerte in Eluat- oder Feststoffproben nur sporadisch nachgewiesen.**

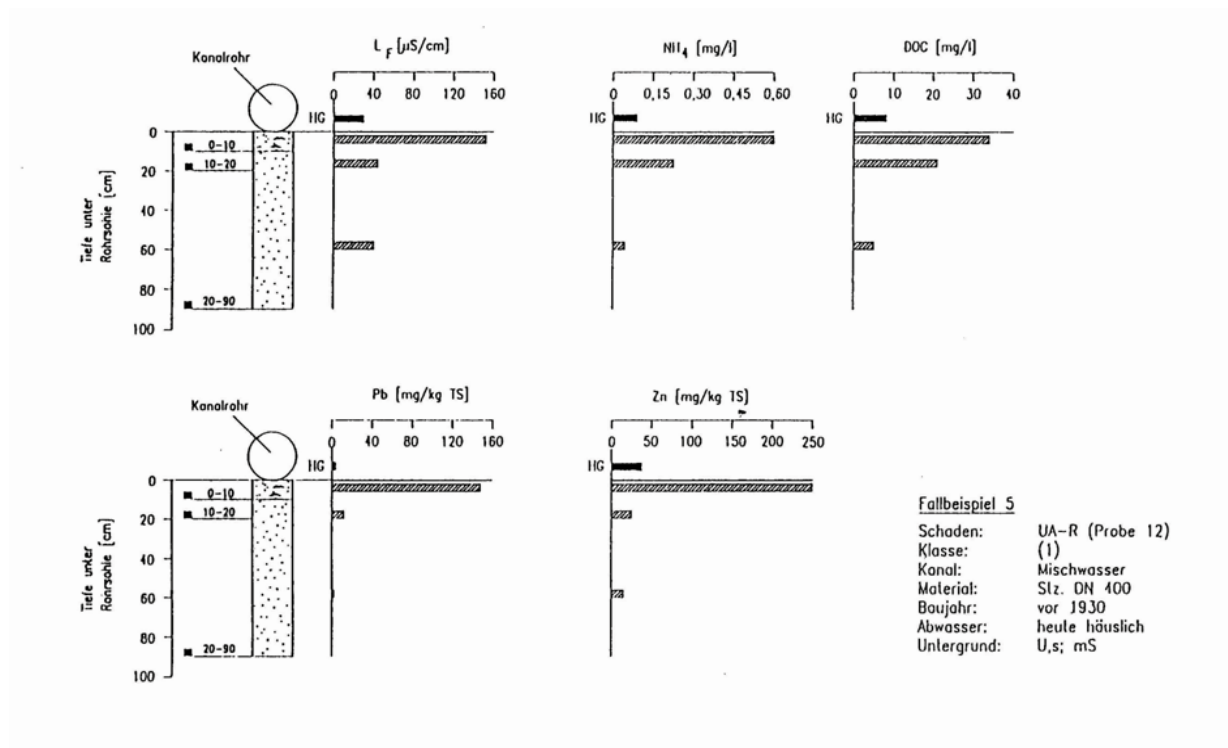


Abbildung 5: Eluat- und Feststoffparameter 0 – 100 cm u. RS

### 7.4 Grundwasser

**Im Grundwasser konnte eine auf Abwasserexfiltrationen zurückführende Beeinflussung nicht nachgewiesen werden.**

## 7.5 Umweltrelevanz

### Erhöhte Messwerte im Sediment waren nur auf die unmittelbare Umgebung der Schäden (Infiltrationszone) begrenzt.

Die Befunde im Sediment (Feststoff) belegten besonders für die Schwermetalle Blei (Pb), Kupfer (Cu) und Zink (Zn) in bis zu 50 % der abwasserbeeinflussten Proben Stoffanreicherungen. Im Vergleich mit Prüf- und Grenzwerten, z.B. entsprechend der TA Siedlungsabfall oder tolerierbaren Bodenbelastungen der LAWA ist das Sediment – sofern es, z.B. durch Baumaßnahmen aufgenommen wird – in seiner weiteren Verwendung eingeschränkt (Tabelle 9).

Mit dem im Eluataufschluss der Sedimentproben simulierten möglichen Schadstoffaustrag wurde überprüft, inwieweit die Sedimente unterhalb der Rohrsohle als Abfall einzustufen sind. Richtwertüberschreitungen und damit Einstufungen als Abfall wurden in Wohngebieten für gelösten organischen Kohlenstoff (TOC) und Ammonium (NH<sub>4</sub>) in bis zu 90 % der Proben, in Industrie- und Gewerbegebieten für Schwermetalle (Cu, Zn) in bis zu 25 % der Proben belegt.

	Parameter	Grenzwerte Prüfwerte	Messwerte	Messwerte
TASi [1992]	TOC [mg/	> 20	10 - 20	62
Abf- KlärV	Zn [mg/kg TS]	> 2500	20 - 150	550
BbodSCH V [1999]	Pb [mg/kg TS]	2000	10 - 50	280
LA- WA	MKW [mg/kg	300 - 1000	100 - 200	18000

Tabelle 9: Umweltrelevanz von Abwasserexfiltrationen

## 8. Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Handlungsbedarf

Auf Grund der festgestellten stofflichen Befunde in Kanalumgebung sowie der instationären aber z.T. auch sehr dynamischen Prozesse bei der Abwasserexfiltration ist zwar zu beachten, dass die Ergebnisse nicht unmittelbar auf andere Verhältnisse sondern nur bei vergleichbaren Randbedingungen (z.B. Abwasserzusammensetzung, Schadensart und -alter, Untergrundverhältnisse) übertragbar sind. Trotzdem leiten sich allgemeingültige Tendenzen ab, die auch in Bewertungsmodellen zur Abschätzung des Gefährdungspotentials bei defekten Kanälen berücksichtigt wurden (LÜHR & BÜTOW 1995).

- Die Zustandserfassung eines Kanalrohrs mit geophysikalischen Verfahren (Geoelektrik, Akustik) bietet brauchbare Informationen und trägt wesentlich zur besseren Interpretation von Schadensbildern aus TV-Inspektionen bei. Mittels Schallreflektionsmessungen und dem Einsatz eines Georadars können Kanalschäden detektiert werden.
- **Mit zunehmender Undurchlässigkeit des Bodens verursachen gleiche Schadens- bilder deutlich geringere Exfiltrationsraten.** Undurchlässiger Untergrund dämpft die z.T. sehr dynamischen Exfiltrationsvorgänge; temporär werden auch Exfiltrationsunterbrechungen (Verstopfungen) beobachtet. Höhere Teilfüllungsgrade (infolge Mischwasser) können in unregelmäßigen Abständen erhöhte Exfiltrationsmengen auslösen, die jedoch im weiteren Verlauf regelmäßig wieder abnehmen und z.T. auf Null zurückgehen.
- Aus quantitativen Messungen ergab sich als Reihenfolge der Umweltgefährdung von Kanalschäden die Scherbenbildung und Schäden durch unsachgemäß angeschlossene Hausanschlussleitungen, gefolgt von Lageabweichungen der Rohrverbindungen, Längs- und Querrissen und schließlich der Wurzeleinwuchs.
- Stoffliche Untersuchungen belegen Abwasserexfiltrationen durch die Leitparameter  $L_F$ , DOC,  $NH_4$ , K und Mg (Sedimenteluat) und Pb, Cu, Zn (Sedimentfeststoff). Weitere, allerdings nicht für jedes Fallbeispiel nachgewiesene abwassertypische Parameter sind adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX), Ba,  $C_{org}$  und Na. Die mobilen und biologisch abbaubaren Leitparameter im Eluat zeigen überwiegend akute Stoffeinträge, die gut immobilisierbaren Leitparameter im Feststoff auch zeitlich zurückliegende Abwassereinträge in den Untergrund (Sediment) an, wenn Schäden der Klassen 0, 1 und 2 in der Rohrsohle sowie undichte Muffen und defekte Rohranschlüsse vorlagen.
- **Abwasserinhaltsstoffe wurden außerhalb von Kanalrohren bei Schäden in Rohrscheitel und -kämpfer unabhängig von Art und Schwere nicht festgestellt, so dass temporäre Rohrvollfüllungen, Über- und Rückstausituationen offenbar für die Problematik „Undichte Kanäle“ unbedeutend sind.**
- **Im Sediment blieben die Abwasserinhaltsstoffe auf die unmittelbare Umgebung unterhalb des Schadens begrenzt.** Die relativ geringmächtige Infiltrationsschicht mit hohem organischen Anteil trägt wesentlich zur Stoffelimination und –immobilisierung bei.
- **Einträge von Abwasserinhaltsstoffen in das Grundwasser sind aufgrund der Ergebnisse zum Schadensnachweis und zur Infiltrationstiefe nicht zu erwarten, wenn tonige bis feinsandige Sedimente in einer Mächtigkeit > 100 cm den schadhafte Kanal direkt unterlagern.** Dies gilt unabhängig von der Schwere der untersuchten Schäden. Stoffeinträge in das Grundwasser durch Abwasserexfiltrationen sind wahrscheinlich, wenn Grobsand oder Kies den Untergrund bilden, Schäden der Klassen 0 – 2 an der Rohrsohle vorliegen und der Abstand der Grundwasseroberfläche zur Rohrsohle <100 cm / <50 cm beträgt. Der Nachweis dürfte insbesondere auf Grund der in der Regel geringen Abwasserexfiltrationsraten außerordentlich erschwert sein.
- Erhöhte Messbefunde im Sediment, die im Vergleich mit einschlägigen Richt-, Grenz- oder Zuordnungswerten als umweltrelevant zu beurteilen sind, wurden überwiegend in der unmittelbaren Umgebung der Schäden nachgewiesen.
- Die Angabe absoluter, schadensbezogener und damit abwasserbeeinflusster Zuordnungs- und Belastungswerte für die Leitparameter, differenziert nach Schutzgütern, ist auf Grund der vorhandenen Datenbasis bisher nicht möglich,

zumal die geogenen Hintergrundwerte als Bezugsgrößen standortspezifisch und damit relativ sind.

- Für die Praxis der Kanalinstandsetzung wird empfohlen, neben den Schäden, die Sofortmaßnahmen erfordern, primär jene Mängel zu beheben, die den Schadensklassen 0, 1 und 2 entsprechen und in der Rohrsohle liegen. Vorrangig sind Kanäle Instand zu setzen, in denen der Untergrund aus gut durchlässigen, sorptionsschwachen Sedimenten bei Grundwasserständen ab 100 cm unter Rohrsohle besteht und das Abwasser gefährliche Stoffe enthalten kann.
- Bei Baumaßnahmen zur Kanalsanierung ist darauf zu achten, dass die Anreicherung von Abwasserinhaltsstoffen unterhalb schadhafter Kanäle die multifunktionelle Nutzungsmöglichkeit von Aushubmassen z.T. einschränkt; für die Zwischenlagerung und Verbringung des Baustellenaushubs sind die Anforderungen des Abfallrechts zu beachten.
- Die Kanaldatenbanken der Kommunen sind unter schadensbezogenen (Kanalbauwerk) und umweltrelevanten Aspekten (Abwasserbeschaffenheit und -mengen, Untergrundverhältnisse, Sediment, Grundwasser, Schutzgüter) zu überarbeiten, um den bautechnischen Zustand der Kanäle im Hinblick auf seine Sanierungsnotwendigkeit und –dringlichkeit neu bewerten zu können.
- Zustandserfassungen, Wartungs- und Sanierungsarbeiten an Kanalbauwerken sind kontinuierlich durchzuführen. Bei kleinen und mittelgroßen Betrieben besteht besonders hoher Handlungsbedarf.
- Bewertungsmodelle zur Beurteilung der Umweltbelastung durch Kanalisationen sind von Ordnungsbehörden und Kanalnetzbetreibern zu nutzen.
- Landesspezifische und technische Regeln sollten zur besseren Umsetzung / Kontrolle der Eigenüberwachung von Entwässerungsleitungen vereinheitlicht werden.
- Die Anhänge zur AbwV sollten durch Ausschluss der Einleitung unbehandelten Prozessabwassers mit gefährlichen Stoffen (Abwasserbeschaffenheitsklasse 3, z.T. 2) in erdverlegte Kanäle novelliert werden.

## Literatur

**AbwV** (2002): Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer- AbwV - Abwasserverordnung vom 15.12.2002, (BGBl.Nr.I vom 23.10.2002, S 4047, ber. 2002, S. 4550)

**An, P., Fund, K., Hua, J., Paul, M., Gallert, C., Winter, J.** (2003): Mikrobielle Umsetzungen im Leckagebereich von Abwasserkanälen; Korrelation von Aktivitäten und Verbreitung der Mikroorganismen - Forschungskolloquium Gefährdungspotential von Abwasser aus undichten Kanälen für Boden und Grundwasser II, Karlsruhe, 01.-02.12.2003

**Berger, C., Lohaus, J.** (2003): Zustand der Kanalisation in Deutschland.- wwt 7–8: 10-16

**Bütow, E., Krafft, H., Rüger, M.** (2001): Gefährdungspotential von undichten Kanälen bei industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen und die Ableitung von Empfehlungen zur Revitalisierung defekter Entwässerungsleitungen. UBA-Texte 64/01, Umweltbundesamt Berlin

**Dohmann, M., Decker, J., Menzenbach, B.** (1999): Untersuchungen zur quantitativen und qualitativen Belastung von Boden-, Grund- und Oberflächenwasser durch undichte Kanäle. In: Dohmann, M. (Hrsg.): Wassergefährdung durch undichte Kanäle – Erfassung und Bewertung; Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Eiswirth, M., Hötzl, H., Kramp, J., Lazar, C., Merkler, G.-P.** (1994): Neuartige Methoden der Leckagedetektion bei Abwasserkanälen.- gwf, Wasser Abwasser, **135**: 312-318
- Eiswirth, M., Held, I., Hötzl, H., Wolf, L.** (2003): Abwasser im urbanen Grundwasserleiter: Stoffeintrag, Umsetzungen und Gefährdungspotential. Forschungskolloquium Gefährdungspotential von Abwasser aus undichten Kanälen für Boden und Grundwasser II, Karlsruhe, 01.-02.12.2003
- Fuchs, S., Hahn, H.H., Roddewig, J., Schwarz, M. & Turkovic, R.** (2003): Erfassung der dynamischen Prozesse des Wasser- und Stofftransportes im Umfeld von Kanalleckagen. Forschungskolloquium Gefährdungspotential von Abwasser aus undichten Kanälen für Boden und Grundwasser II, Karlsruhe, 01.-02.12.2003
- Fuhrmann, D. & Vollmer, S.** (1992): BMFT-Förderschwerpunkt „Umweltschonende Technologien zur Sanierung undichter Kanäle“. Korrespondenz Abwasser, **39**: 338-343
- Hagendorf, U.** (1992): Erkennung und Beurteilung von Untergrundkontaminationen durch undichte Kanäle. In: Verein zur Förderung des Instituts für Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Raumplanung an der Technischen Hochschule Darmstadt [ed.] WAR **39**: 209-227 Darmstadt (Eigenverlag)
- Hagendorf, U. & Krafft, H.** (1996): Erfassung und Bewertung undichter Abwasserkanäle - Untersuchungen zur Erfassung und Bewertung undichter Kanäle im Hinblick auf die Gefährdung des Untergrundes. UBA-Texte 09/96; Umweltbundesamt Berlin
- Hagendorf, U.** (1997): Undichte Kanäle und ihre Auswirkungen auf Boden und Grundwasserdetektion, Quantifizierung und Bewertung; Hallesches Jahrb. Geowiss. B **19**: 149-158, Halle (Saale) 1997
- Hartmann, A., Macke, E. & Schulz, O.** (1996) Auswirkungen von Kanalschäden auf das Grundwasser. ATV-Schr. 02: Kanalbau-Sanierung im Zeichen Europas. ATV-Workshop am 9./10.5.1996, Internationale Fachausstellung Abfalltechnik, München
- Lühr, H.-P. & Bütow, E.** (1995): Entwicklung von Kriterien zur Erfassung und Beurteilung der Schäden in Kanalisationen und Erarbeitung eines Modells zur Abschätzung des von defekten Kanälen ausgehenden Gefährdungspotentials. In: Dohmann, M. (Hrsg.): Wassergefährdung durch undichte Kanäle – Erfassung und Bewertung; Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Rettinger, S.** (1992): Wasser- und Stoffdynamik bei der Abwasserperkolatation. Berichte aus Wassergüte und Abfallwirtschaft, Technische Universität München **97**; München (Gesell. Förd. Lehrstuhl Wassergüte wirt. Gesundheitsingenieurwes. TU München)
- Toussant, B.** (1989): Die Kanalisation als Ursache von Grundwasserkontaminationen durch leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe. Beispiele aus Hessen. gwf Wasser Abwasser, **130**: 299-311
- Winter, J.** (2003): DFG-Forschergruppe „Kanalleckagen“. Forschungskolloquium Gefährdungspotential von Abwasser aus undichten Kanälen für Boden und Grundwasser II, Karlsruhe, 01.-02.12.2003



