

DWA- Regelwerk

Merkblatt DWA-M 182

**Fremdwasser in Entwässerungssystemen
außerhalb von Gebäuden**

April 2012

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Regelsetzung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Impressum

Herausgeber und Vertrieb:

DWA Deutsche Vereinigung für
Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: info@dwa.de
Internet: www.dwa.de

Satz:

DWA

Druck:

Druckhaus Köthen

ISBN:

978-3-942964-30-2

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2012

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Merkblattes darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Vorwort

Nachdem in Deutschland die Abwasserreinigung sowie die Regenwasserbehandlung zwischenzeitlich einen hohen Standard erreicht haben, ist dennoch festzustellen, dass nicht überall die gewünschten Erfolge beim Gewässerschutz erreicht werden konnten. Insbesondere der im Vergleich zu den ursprünglichen Bemessungsannahmen höhere Fremdwasseranfall kann erhebliche Betriebsprobleme verursachen und dort die Wirksamkeit der bisher realisierten Maßnahmen in Frage stellen.

Durch die in den letzten Jahren zunehmend intensivere Diskussion über das Thema Fremdwasser und über die durch Fremdwasser verursachten Probleme hat sich gezeigt, dass nicht nur einzelne Kommunen betroffen sind, sondern dass Fremdwasser in weiten Regionen Deutschlands ein Problem darstellt. Bei den betroffenen Netzbetreibern steht daher eine gezielte Fremdwasserreduzierung häufig im Fokus ihrer Tätigkeiten. Erfahrungen der Vergangenheit zeigen jedoch, dass die Fremdwasserreduzierung eine sehr komplexe Aufgabenstellung ist, die nur bei umfassender und systematischer Herangehensweise erfolgreich gelöst werden kann.

Die DWA hat aufgrund dieser Erkenntnisse im Jahr 2000 die Arbeitsgruppe ES-1.3 „Fremdwasser“ im Fachausschuss ES-1 „Grundlagen“ eingerichtet. Bislang wurden vier Arbeitsberichte veröffentlicht:

- „Fremdwassersituation in Deutschland“ (1. Arbeitsbericht 2003), veröffentlicht in KA – Abwasser, Abfall 2003 (50), Nr. 1, S. 70–81 (ATV-DVWK 2003)
- „Auswirkungen von Fremdwasser und Hinweise zum Erkennen kritischer Fremdwasserhältnisse“ (2. Arbeitsbericht 2004), veröffentlicht in KA – Abwasser, Abfall 2004 (51), Nr. 6, S. 664–667 (ATV-DVWK 2004) sowie als Publikation der ATV-DVWK, ISBN 978-3-937758-08-4, März 2004
- „Konzepte und Maßnahmen zur Lösung von Fremdwasserproblemen“ (3. Arbeitsbericht 2005), veröffentlicht im Internetportal der DWA im Mitgliederbereich (DWA 2005)
- „Rechtliche Aspekte der Fremdwasserthematik“ (4. Arbeitsbericht 2007), veröffentlicht in KA – Abwasser, Abfall 2007 (54), Nr. 5, S. 488–492 (DWA 2007)

Das vorliegende Merkblatt fasst die wesentlichen Arbeitsergebnisse dieser Berichte unter Berücksichtigung des aktuellen Wissenstandes und neuerer Erkenntnisse zusammen.

Entgegen dem Wunsch vieler Fachleute wird innerhalb dieses Merkblattes kein Grenzwert für einen „zulässigen“ Fremdwasserabfluss in Entwässerungssystemen genannt. Dies geschieht ganz bewusst, da die Arbeitsgruppe der Überzeugung ist, dass Entwässerungssysteme als Gesamtes die wasserwirtschaftlichen Ziele und sonstigen Anforderungen erfüllen müssen, die durch europäische und nationale Richtlinien, Gesetze, Vorschriften, Regelwerke und kommunale Entwässerungssatzungen umfangreich vorgegeben werden. Die Begrenzung des Fremdwasserabflusses in einem Entwässerungssystem ist dabei kein originärer Selbstzweck sondern wird erforderlich, um die übergeordneten wasserwirtschaftlichen Ziele technisch oder wirtschaftlich zu erreichen. Der „zulässige“ Fremdwasserabfluss ergibt sich daher aus der jeweils vorhandenen Entwässerungsinfrastruktur (inkl. Abwasserbehandlung), der Systembelastung (Schmutzwassereingleitungen, Niederschlagsbelastung etc.) sowie den spezifischen Anforderungen (z. B. weitergehende immissionsbezogene Einleitungsbeschränkungen).

Seit Bestehen der Arbeitsgruppe haben neben den aktuellen Mitgliedern auch eine Reihe von weiteren Personen bei der Diskussion und der Erstellung der Arbeitsberichte mitgewirkt, deren Ergebnisse auch in dieses Merkblatt eingeflossen sind. An dieser Stelle sei daher allen ehemaligen Mitgliedern und Gästen der Arbeitsgruppe für ihre Diskussions- und Arbeitsbeiträge ausdrücklich gedankt.

Frühere Ausgaben:

Entwurf DWA-M 182 (12/2010)

Verfasser

Dieses Merkblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe ES-1.3 „Fremdwasser“ des DWA-Fachausschusses ES-1 „Grundsatzfragen/Anforderungen“ erstellt, der folgende Mitglieder angehören:

BECKER, Michael	Dipl.-Ing., Essen
BROMBACH, Hansjörg	Prof. Dr.-Ing., Bad Mergentheim
HENNERKES, Jörg	Dr.-Ing., Essen
HOLTE, Andrea	Dipl.-Ing., Essen
JÜTTING, Friedrich	BD Dipl.-Ing., Göttingen
NEBAUER, Martin	Dipl.-Ing., Berlin
OSTERMANN, Ralf	Dipl.-Ing., Solingen
PECHER, Klaus Hans	Dr.-Ing., Erkrath (Sprecher)
RATH, Ludger	Dipl.-Ing., Schermbeck
REH, Michael	Dipl.-Ing., Hetlingen
SCHAAF, Dagmar Carina	Dipl.-Biol., Düsseldorf
SCHMIDT, Arnold	RBD, Köln

Als Gäste haben mitgewirkt:

BERGER, German	Dipl.-Ing., Augsburg
WEISS, Gebhard	Dr.-Ing., Bad Mergentheim

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

BERGER, Christian	Dipl.-Ing., Hennef Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft
-------------------	--

Inhalt

Vorwort	3
Verfasser	4
Bilderverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	8
Benutzerhinweis	9
Einleitung	9
1 Anwendungsbereich	9
2 Begriffe	9
2.1 Definitionen	9
2.1.1 Fremdwasser	9
2.1.2 Fremdwasseranteil	10
2.1.3 Fremdwasserzuschlag	11
2.2 Abkürzungen und Symbole	12
3 Normative Verweisungen	13
4 Ursachen und Auftreten von Fremdwasser	13
4.1 Herkunft von Fremdwasser	13
4.2 Variabilität von Fremdwasser	15
4.3 Abflusscharakteristik von Fremdwasser	21
5 Kosten- und Umweltauswirkungen von Fremdwasser	22
5.1 Kanalisation und Pumpwerke	22
5.2 Regentlastungen und Regenbecken	23
5.3 Kläranlagen	24
5.4 Oberirdische Gewässer	26
5.5 Grundwasser	26
5.6 Kosten	26
6 Vorgehensweise zur Fremdwasserreduzierung	28
7 Feststellung des Handlungsbedarfes und Identifikation von Fremdwasserschwerpunkten	31
7.1 Hinweise zum Handlungsbedarf	31
7.1.1 Allgemeines	31
7.1.2 Indizien bei Kläranlagen	31
7.1.3 Indizien bei Regenwasserbehandlungsanlagen	32
7.1.4 Indizien bei Kanalisationen und Pumpwerken	32
7.2 Analyse des Einzugsgebietes	32
7.3 Weitergehende Untersuchungen	34
7.3.1 Allgemeines	34
7.3.2 Messprogramm zur Fremdwassererfassung	35
7.3.3 Lokalisierung der Fremdwasserquellen	37
7.3.3.1 Allgemeines	37
7.3.3.2 Grundwasserbedingte Fremdwasserquellen im Misch- und Schmutzwasserkanal	37
7.3.3.3 Niederschlagsbedingtes Fremdwasser im Schmutzwasserkanal der Trennkanalisation	37

8	Fremdwasserbestimmung	38
8.1	Allgemeine Grundsätze	38
8.2	Deskriptive Ansätze	38
8.2.1	Allgemeines	38
8.2.2	Jahresschmutzwasser-Methode	39
8.2.3	Nachtminimum-Methode	39
8.2.4	Methoden mit gleitendem Minimum	40
8.2.5	Weitere Methoden	41
8.2.6	Vergleich der deskriptiven Ansätze	41
8.3	Deterministische Ansätze	44
8.3.1	Direkter Niederschlagsabfluss im Schmutzwasserkanal	44
8.3.2	Hydrologischer Modellansatz	45
8.3.3	Grundwassermodell	48
8.3.4	Vergleich der deterministischen Ansätze	49
9	Fremdwasserreduzierung und flankierende Maßnahmen	51
9.1	Aufstellung eines Maßnahmenplanes	51
9.1.1	Festlegung von Zielen und Zeitplänen	51
9.1.2	Erstellung eines Maßnahmenkataloges	51
9.1.3	Prioritätenbildung und Aufstellung eines Maßnahmenplanes	52
9.2	Technische Maßnahmen zur Reduzierung von Fremdwasser	52
9.2.1	Beseitigung von Undichtheiten	52
9.2.2	Beseitigung von Fehllanschlüssen	53
9.2.2.1	Dränagen	53
9.2.2.2	Regenwasser- und Gewässereinleitungen	53
9.2.3	Weitere Ansatzpunkte zur Fremdwasserreduzierung	54
9.3	Folgen der Herausnahme von grundwasserbedingtem Fremdwasser aus Kanalnetzen	54
9.4	Technische Maßnahmen zum Umgang mit Fremdwasser	57
9.4.1	Allgemeines	57
9.4.2	Maßnahmen im Einzugsgebiet	57
9.4.3	Maßnahmen an Regenwasserbehandlungsanlagen	57
9.4.4	Maßnahmen auf der Kläranlage	57
10	Erfolgskontrolle	58
10.1	Allgemeines	58
10.2	Direkter Niederschlagsabfluss im Schmutzwasserkanal	58
10.3	Grundwasserbedingtes Fremdwasser	58
11	Präventivmaßnahmen zur Vermeidung von Fremdwasser	59
11.1	Entwässerungssysteme mit Dränagewasserableitung	59
11.2	Empfehlungen zur Fremdwassermeidung	61
11.3	Einflüsse durch demografischen Wandel und Klimaveränderungen	62
12	Rechtliche Aspekte	63
12.1	Allgemeines	63
12.2	Gibt es eine rechtliche Definition von Fremdwasser?	63
12.3	Ist Fremdwasser Abwasser im rechtlichen Sinne?	63
12.4	Existieren rechtliche Vorschriften, die den zulässigen Fremdwasserabfluss definieren?	63
12.5	Wann ist der Netzbetreiber aus rechtlicher Sicht gezwungen, das Fremdwasser zu reduzieren?	63

12.6	Welche rechtlichen Möglichkeiten haben Aufsichtsbehörden bzw. der Netzbetreiber, die Einleitung von Fremdwasser zu unterbinden?	64
12.7	Können bisher langjährig geduldete oder genehmigte Fremdwassereinleitungen zurückgenommen werden?	64
12.8	Können die fremdwasserverursachten Kosten bei der Ableitung im bestehenden Entwässerungssystem gebührenrechtlich berücksichtigt werden? Wie können alternative Entwässerungssysteme zur Ableitung von Fremdwasser finanziert werden?	65
12.9	Haben Grundstückseigentümer einen Anspruch auf kostenlose Beseitigung von Dränagewasser? Ist die Kommune für Folgeschäden bei Nichtannahme von Dränagewasser haftbar?	65
12.10	Wer ist für die Beseitigung von unerlaubt angeschlossenen Dränagen verantwortlich? Wer trägt die Kosten für das Umklemmen von Dränagen?	66
12.11	Wer haftet für Vermögensschäden durch einen infolge Kanalsanierung hervorgerufenen Grundwasseranstieg? Dürfen grundwasserabsenkende Maßnahmen durchgeführt werden? Wer trägt die Kosten?	66
12.12	Welche Vorgaben können im Bebauungsplan zur Vermeidung von Fremdwasserabflüssen bei Neubaumaßnahmen gemacht werden?	66
EG-Recht, Bundes- und Landesrecht		67
Technische Regeln		67
DIN-Normen		67
DWA-Regelwerk		67
Literatur		68

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Wesentliche Eintrittspfade für Fremdwasser am Beispiel eines Trennsystems	14
Bild 2:	Prozentuale Verteilung der Schäden an öffentlichen Kanälen und Schächten auf Datenbasis von BERGER & FALK	14
Bild 3:	Kombinationsschächte im Trennsystem.....	15
Bild 4:	Mittelwerte des Fremdwasseranteiles von insgesamt 2.576 kommunalen Kläranlagen in Bayern im Jahr 2007.....	15
Bild 5:	Größe und Schwankungsbreite des spezifischen Trockenwetterabflusses von 75 Kläranlagen in einer Mittelgebirgsregion	16
Bild 6:	Schwankungsbreite der spezifischen täglichen Trockenwetterabflüsse in verschiedenen Teileinzugsgebieten einer trennkanalisierten deutschen Großstadt.....	17
Bild 7:	Mittlerer monatlicher Fremdwasserzuschlag von 34 Kläranlagen in Baden-Württemberg	18
Bild 8:	Spanne der monatlichen Fremdwasserabflüsse am Beispiel eines Kanaleinzugsgebietes	19
Bild 9:	Grundwasserflurabstand im Vergleich mit den Fremdwasserabflüssen für den Zeitraum Juli 2001 bis Januar 2005	20
Bild 10:	Einfluss von Niederschlagsereignissen auf das grundwasser- und niederschlagsbedingte Fremdwasser in einer Mittelgebirgsregion am Beispiel eines Trennsystems	22
Bild 11:	Kumulierte jährliche Entlastungsdauer der Niederschlagswasserbehandlungsanlagen (SK 1 bis SK 15) im Einzugsgebiet einer fremdwasserbelasteten Kläranlage	23
Bild 12:	Wirkungsgrad der Stickstoffelimination nordrhein-westfälischer Kläranlagen > 10.000 EW aus den Jahren 2004 bis 2005.....	25
Bild 13:	Vorgehensweise zur gezielten Fremdwasserreduzierung.....	28
Bild 14:	Ganglinien der mittleren Tageszuflüsse und der resultierenden täglichen Fremdwasserzuschläge von zwei Kläranlagen.....	41
Bild 15:	Ergebnisvergleich der verschiedenen Auswertemethoden für 11 beispielhafte Einzugsgebiete und einem Auswertezeitraum von jeweils 8 Jahren.....	43
Bild 16:	Abflussganglinie in einem Schmutzwasserkanal während eines Starkregenereignisses und Vergleich mit der typischen Trockenwetterganglinie	44
Bild 17:	Beispielhafte Korrelation zwischen Niederschlagshöhe und Niederschlagsabflussvolumen in einem Schmutzwasserkanal	45
Bild 18:	Gemessener Abfluss in einem Schmutzwasserkanalnetz ohne nennenswerte Fehlanlüsse von befestigten Flächen und Gegenüberstellung mit den beobachteten Niederschlägen im Einzugsgebiet.....	46
Bild 19:	Prinzip des verwendeten hydrologischen Fremdwassermodells.....	47
Bild 20:	Beispiel eines Einzugsgebietes mit Grundwasserzustrom zum Kanalnetz	49
Bild 21:	Mobilisierung von Altlasten infolge eines Grundwasseranstieges	55
Bild 22:	Zukünftige Ansätze für die Siedlungsentwässerung	60
Bild 23:	Beispiele für die Anordnung von Schachtbauwerken des Schmutzwassersystems im Bereich von Straßen	62

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Fremdwasserkomponenten in Entwässerungssystemen.....	10
Tabelle 2:	Abflusscharakteristik von Fremdwasser.....	21
Tabelle 3:	Einfluss eines erhöhten Fremdwasseranteiles auf die Investitions- und Betriebskosten in der Abwasserentsorgung	27
Tabelle 4:	Relevante Informationen zur Analyse des Einzugsgebietes.....	33
Tabelle 5:	Übersicht über die verschiedenen deskriptiven Methoden zur Fremdwasserbestimmung.....	42
Tabelle 6:	Übersicht über die deterministischen Ansätze	50
Tabelle 7:	Überblick über Ziele und Untersuchungsmethoden zur Erfassung der hydrogeologischen Verhältnisse	56

Benutzerhinweis

Dieses Merkblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung, Geschäftsordnung der DWA und dem Arbeitsblatt DWA-A 400) zustande gekommen ist. Für dieses besteht nach der Rechtsprechung eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.

Jedermann steht die Anwendung des Merkblattes frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aber aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.

Dieses Merkblatt ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall; dies gilt insbesondere für den sachgerechten Umgang mit den im Merkblatt aufgezeigten Spielräumen.

Einleitung

Der Abfluss von Fremdwasser kann erhebliche ungünstige Auswirkungen auf Entwässerungssysteme, Kläranlagen und Gewässer haben. Für die betroffenen Abwasserbeseitigungspflichtigen, wie Kommunen oder Betreiber, und für die Genehmigungsbehörden ist daher eine effiziente Fremdwasserreduzierung ein wichtiges Ziel. Zusätzlich zu der technischen Fragestellung sind dabei auch wirtschaftliche, politische, soziale und nicht zuletzt auch juristische Aspekte zu berücksichtigen.

1 Anwendungsbereich

Das vorliegende Merkblatt DWA-M 182 gibt Hinweise, wie die aktuelle Fremdwassersituation in Entwässerungssystemen beurteilt werden kann, wann Handlungsbedarf besteht und wie eine zielorientierte Fremdwasserreduzierung durchgeführt werden kann. Dies beinhaltet auch die bisher oft vernachlässigte Erfolgskontrolle von Fremdwasserreduzierungsmaßnahmen.

Der Gültigkeitsbereich des Merkblattes DWA-M 182 erstreckt sich entsprechend der Normenreihe DIN EN 752 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“ von dem Punkt an, wo das Abwasser das Gebäude bzw. die Dachentwässerung verlässt oder in einen Straßeneinlauf fließt bis zu dem Punkt, wo das Abwasser in eine Behandlungsanlage oder in ein Gewässer eingeleitet wird. Abwasserleitungen und Kanäle unter Gebäuden sind hierbei eingeschlossen, soweit sie nicht Bestandteil der Gebäudeentwässerung sind. Die Ausführungen gelten dabei sowohl für öffentliche als auch private Entwässerungssysteme, da die Lösung von Fremdwasserproblemen nur durch eine ganzheitliche Betrachtung möglich ist.

Dieses Merkblatt beschäftigt sich mit dem in das Kanalnetz eindringenden Wasser, welches so zu Fremdwasser wird. Der Anteil und Effekt einer möglichen Exfiltration werden in diesem Merkblatt nicht behandelt.

2 Begriffe

2.1 Definitionen

2.1.1 Fremdwasser

Der Begriff „Fremdwasser“¹⁾ wird sowohl in den Bundes- als auch Landesgesetzen nicht explizit definiert, sondern lediglich als Bestandteil des Abwassers umschrieben.

Eine konkrete Definition findet sich dagegen in DIN EN 752, wonach man unter Fremdwasser einen „unerwünschten Abfluss in einem Entwässerungssystem“, das dem Abwasser „fremde“ Wasser versteht. Problematisch an dieser Definition ist jedoch insbesondere die Subjektivität des Attributs „unerwünscht“, der unterschiedliche Interpretationen zulässt.

Im Rahmen dieses Merkblattes wird Fremdwasser daher wie folgt definiert:

Fremdwasser ist das in Abwasseranlagen abfließende Wasser, welches weder durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften verändert ist noch bei Niederschlägen von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt und bestimmungsgemäß eingeleitet wurde.

1) Im englischsprachigen Raum wird Fremdwasser als „I/I“ bzw. „infiltration/inflow water“, bezeichnet (NRC 2003 und KING COUNTY 2004).

Fremdwasser erfordert aufgrund seiner Qualität keine Abwasserbehandlung, erschwert diese bzw. belastet aufgrund seiner Quantität Abwasseranlagen unnötig und ist unter dem Aspekt des Gewässerschutzes zu vermeiden.

In Misch- und Trennsystemen müssen Ursache und Herkunft des Fremdwassers wegen der unterschiedlichen Zweckbestimmung der Kanäle dabei unterschiedlich beurteilt werden. Die wichtigsten Ursachen sind in Anlehnung an das Arbeitsblatt DWA-A 118 in Tabelle 1 zusammengestellt und ergänzt. Die Tabelle ist dabei als eine Fortschreibung bzw. Präzisierung der Ausführungen des Arbeitsblattes DWA-A 118 zu verstehen. Abweichend zum Arbeitsblatt DWA-A 118 werden Fehleinleitungen von Schmutzwasser in den Regenwasserkanal im Rahmen dieses Merkblattes nicht dem Fremdwasser zugeordnet.

Grundwasserbedingtes Fremdwasser umfasst sowohl direkt eindringendes Grundwasser, etwa durch Undichtheiten von im Grundwasser liegenden Kanälen, als auch Schichten-, Sicker- und Dränwasser, das z. B. durch Hausdränagen gefasst wird. Grundwasserbedingtes Fremdwasser folgt Niederschlagsereignissen nicht oder zumindest deutlich langsamer als der Oberflächenabfluss.

Niederschlagsbedingtes Fremdwasser entstammt direkt von unplanmäßig angeschlossenen Oberflächen bzw. von Fehleinleitungen in das Schmutzwasserkanalnetz des Trennsystems. Es folgt Niederschlagsereignissen relativ schnell.

Daneben gibt es auch Fremdwasserkomponenten, die sich nicht eindeutig zuordnen lassen, etwa eingeleitetes Bach- oder Quellwasser. Auch in die Abwasserkanalisation eindringendes Hochwasser wird als Fremdwasser bezeichnet.

2.1.2 Fremdwasseranteil

Der Fremdwasseranteil (FWA) ist das Verhältnis zwischen dem Fremdwasserabfluss und der Summe aus Fremd- und Schmutzwasserabfluss aus dem oberhalb eines Messpunktes liegenden Einzugsgebietes. Er kann definitionsgemäß maximal 100 Prozent betragen:

$$FWA_{pM} = \frac{Q_{F,pM}}{Q_{S,pM} + Q_{F,pM}} \times 100 \% \quad (\text{Gl. 1})$$

Mit der Angabe des Fremdwasseranteiles eines Einzugsgebietes ist immer der zugrundeliegende Erfassungszeitraum (Periode der Abflussauswertung) zu nennen. Sinnvolle und oftmals verwendete Werte sind z. B. der (maximale) tägliche, monatliche oder jährliche Fremdwasseranteil. Hinsichtlich der Bezeichnung wird auf das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 198 verwiesen.

Im Mischwasserkanal ist die Summe aus Fremd- und Schmutzwasserabfluss gleich dem Trockenwetterabfluss ($Q_{S,pM} + Q_{F,pM} = Q_{T,pM}$). Da der Trockenwetterabfluss nur bei Trockenwetter messtechnisch erfasst werden kann, werden im Allgemeinen auch nur die Trockenwettertage zur Berechnung des Fremdwasseranteiles herangezogen. Beinhaltet der Erfassungszeitraum auch Regenwettertage, so werden die Abflussvolumina an diesen Tagen gewöhnlich nicht berücksichtigt.

Tabelle 1: Fremdwasserkomponenten in Entwässerungssystemen

Fremdwasserkomponente		Mischsystem	Trennsystem	
		Mischwasser- kanalnetz	Schmutz- wasserkanalnetz	Regen- wasserkanalnetz
Eindringendes Grundwasser (über Undichtheiten)	Grundwasser- bedingtes Fremdwasser	X	X	X
Zufließendes Dränwasser		X	X	X ^{*)}
Zufließendes Bach- und Quellwasser und übertretendes Hochwasser		X	X	X ^{*)}
Zufließende Oberflächenabflüsse von Au- ßengebieten, die nicht planmäßig durch die Kanalisation entwässert werden sollen	Nieder- schlags- bedingtes Fremdwasser	X	X	X
Zufließendes Niederschlagswasser über Schachtabdeckungen oder Fehleinleitungen, Überläufe von Versickerungsanlagen			X	
ANMERKUNGEN				
X Die Fremdwasserkomponente gilt als Fremdwasser in dieser Kanalart.				
*) Die Zulässigkeit der Einleitung von Dränage-, Quell- und Bachwasser in Regenwasserkanäle ist im Einzelfall zu prüfen.				

Kann aufgrund einer Abflussbilanzierung das an den Regenwettertagen abgeflossene Niederschlagsvolumen (rechnerisch) ausreichend genau bestimmt werden, so sind auch die Regenwettertage in die Berechnung des Fremdwasseranteiles einzubeziehen. Im Nenner der Gleichung (1) kann dann die Differenz aus dem Gesamtabfluss und dem mittleren Niederschlagsabfluss ($Q_{S,pM} + Q_{F,pM} = Q_{ges,pM} - Q_{R,pM}$) eingesetzt werden. Im Fall der Berücksichtigung der Regenwettertage bei der Ermittlung des Fremdwasseranteiles ist dies bei der Nennung des Wertes mitanzugeben.

Im Schmutzwasserkanal des Trennsystems ist der abfließende Niederschlag Bestandteil des Fremdwasserabflusses. Entsprechend fließen alle Tage (Trocken- und Regenwettertage) des Erfassungszeitraumes in die Berechnung des Fremdwasseranteiles ein. In den Nenner der Gleichung (1) kann dazu auch der im Erfassungszeitraum abgeflossene Gesamtabfluss ($Q_{ges,pM}$) eingesetzt werden. Je nach Auswertzeitraum und der Größe der an das Kanalnetz fehlangeschlossenen Flächen kann dies dazu führen, dass der Niederschlagsabfluss einen bedeutenden Anteil am Fremdwasserabfluss ausmacht und sich dies signifikant auf den rechnerischen Fremdwasseranteil auswirkt.

Bei weitergehenden Fragestellungen (z. B. Differenzierung zwischen grundwasserbedingtem Fremdwasser und niederschlagsbedingtem Fremdwasser) kann es sinnvoll sein, für den Schmutzwasserkanal im Trennsystem die Berechnung des Fremdwasseranteiles wie im Mischsystem durchzuführen (s. o.) und den Niederschlagsabfluss nicht zu berücksichtigen. Wird nach dieser Vorgehensweise verfahren, so muss das mit der Nennung des Fremdwasseranteiles angegeben werden (mischsystem-äquivalenter Fremdwasseranteil). Der Fremdwasseranteil ist dazu mit einem Index „MSäq“ zu versehen ($FWA_{MSäq,pM}$).

2.1.3 Fremdwasserzuschlag

Der Fremdwasserzuschlag (*FWZ*) ist das Verhältnis zwischen dem Fremdwasserabfluss und dem Schmutzwasserabfluss aus dem oberhalb eines Messpunktes liegenden Einzugsgebiet. Im Gegensatz zum Fremdwasseranteil kann er auch Werte über 100 Prozent erreichen:

$$FWZ_{pM} = \frac{Q_{F,pM}}{Q_{S,pM}} \times 100 \% \quad (\text{Gl. 2})$$

Mit der Angabe des Fremdwasserzuschlages eines Einzugsgebietes ist immer der zugrunde liegende Erfassungszeitraum (Periode der Abflussauswertung) zu nennen. Sinnvolle und oftmals verwendete Werte sind z. B. der (maximale) tägliche, monatliche oder jährliche Fremdwasserzuschlag. Hinsichtlich der Bezeichnung wird auf das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 198 verwiesen.

Zur Berücksichtigung der Regenwettertage gelten die gleichen Ausführungen wie bei der Berechnung des Fremdwasseranteiles. Niederschlagsabflüsse im Schmutzwasserkanal des Trennsystems gehören zum Fremdwasserabfluss und werden deshalb bei der Berechnung des Fremdwasserzuschlages voll berücksichtigt. Eine davon abweichende Vorgehensweise ist bei der Nennung des Fremdwasserzuschlages anzugeben (mischwassersystem-äquivalenter Fremdwasserzuschlag). Der Fremdwasserzuschlag ist dazu mit einem Index „MSäq“ zu versehen ($FWZ_{MSäq,pM}$).

Eine gegenseitige Umrechnung von Fremdwasseranteil (*FWA*) in Fremdwasserzuschlag (*FWZ*) ist mit den folgenden Gleichungen bei dimensionsloser Darstellung möglich:

$$FWA_{pM} = 1 - \frac{1}{FWZ_{pM} + 1} \quad (-) \quad (\text{Gl. 3})$$

$$FWZ_{pM} = \frac{1}{1 - FWA_{pM}} - 1 \quad (-) \quad (\text{Gl. 4})$$

2.2 Abkürzungen und Symbole

Kurzzeichen	Erläuterung
a	Jahr
$A_{\text{Drän}}$	Fremdwasserabflusswirksame (dränierter) Fläche
A_u	Abflusswirksame Fläche
$C_{\text{CSB,mM}}$	Konzentration des chemischen Sauerstoffbedarfs im Monatsmittel
d	Tag
DGM	Digitales Geländemodell
ET_{BG}	Evapotranspiration aus dem Boden- und Grundwasserspeicher
ET_{O}	Evapotranspiration von der Oberfläche
ET_{pot}	Potenzielle Evapotranspiration
EW	Einwohnerwert
$FWA_{\text{MSäq,pM}}$	Mittlerer mischsystem-äquivalenter Fremdwasseranteil im Trennsystem in einer Periode (zugrunde liegender Erfassungszeitraum), d. h. ohne Berücksichtigung des oberirdischen Niederschlagsabflusses im Fremdwasserabfluss
FWA_{pM}	Mittlerer Fremdwasseranteil in einer Periode (zugrunde liegender Erfassungszeitraum)
$FWZ_{\text{MSäq,pM}}$	Mittlerer mischsystem-äquivalenter Fremdwasserzuschlag in einer Periode (zugrunde liegender Erfassungszeitraum), d. h. ohne Berücksichtigung des oberirdischen Niederschlagsabflusses im Fremdwasserabfluss
FWZ_{pM}	Mittlerer Fremdwasserzuschlag in einer Periode (zugrunde liegender Erfassungszeitraum)
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
GIS	Geografisches Informationssystem
GW	Grundwasser
h	Stunde
I_{BG}	Infiltration in den Boden- und Grundwasserspeicher

Kurzzeichen	Erläuterung
JSM	Jahresschmutzwassermenge
KA	Kläranlage
l/s	Liter pro Sekunde
mg/l	Milligramm pro Liter
N	Niederschlag
$Q_{\text{F,BG}}$	Fremdwasserabfluss aus dem Boden- und Grundwasserspeicher in das Entwässerungssystem
$Q_{\text{F,pM}}$	Mittlerer Fremdwasserabfluss in einer Periode (zugrunde liegender Erfassungszeitraum)
$Q_{\text{ges,pM}}$	Mittlerer gesamter Abfluss in einer Periode (zugrunde liegender Erfassungszeitraum)
Q_{R}	Regenabfluss auf der Oberfläche, welcher in das Entwässerungssystem gelangt
$Q_{\text{R,pM}}$	Mittlerer Regenabfluss in einer Periode (zugrunde liegender Erfassungszeitraum)
$Q_{\text{S,pM}}$	Mittlerer Schmutzwasserabfluss in einer Periode (zugrunde liegender Erfassungszeitraum)
$Q_{\text{T,d,mM}}$	Täglicher Trockenwetterabfluss eines Monats
$Q_{\text{T,dM}}$	Mittlerer Trockenwetterabfluss im Tagesmittel
$Q_{\text{T,pM}}$	Mittlerer Trockenwetterabfluss in einer Periode (zugrunde liegender Erfassungszeitraum)
RKB	Regenklärbecken
RKBmD	Regenklärbecken mit Dauerstau
RKBoD	Regenklärbecken ohne Dauerstau
RRB	Regenrückhaltebecken
RÜB	Regenüberlaufbecken
RWB	Regenwasserbehandlungsanlage
S_{BG}	Boden- und Grundwasserspeicher
SK	Stauraumkanal
V_{S}	spezifisches Speichervolumen

3 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil des vorliegenden Merkblattes sind. Bei datierten Verweisungen gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikation nicht. Anwender dieses Merkblattes werden jedoch gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, die jeweils neuesten Ausgaben der in den Literaturangaben enthaltenen normativen Dokumente anzuwenden. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokumentes.

DIN EN 752 (April 2008), Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden

DIN 1986-30 (Februar 2003): Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 30: Instandhaltung

DIN EN 1610 (Oktober 1997): Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen; Deutsche Fassung EN 1610:1997

DWA-A 100 (Dezember 2006): Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung (ISiE)

DWA-A 117 (April 2006): Bemessung von Regenrückhalteräumen

DWA-A 118 (März 2006): Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen

ATV-A 128 (April 1992): Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen

DWA-A 139 (Dezember 2009): Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen

ATV-DWK-A 198 (April 2003): Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen

DWA-A 400 (Januar 2008): Grundsätze für die Erarbeitung des DWA-Regelwerkes

4 Ursachen und Auftreten von Fremdwasser

4.1 Herkunft von Fremdwasser

Hinsichtlich der Herkunft von Fremdwasser kann grundsätzlich zwischen niederschlags- und grundwasserbedingtem Fremdwasserzufluss unterschieden werden. Bild 1 zeigt diese Unterteilung anhand wesentlicher Eintrittspfade von Fremdwasser in ein Kanalnetz am Beispiel eines Trennsystems. Im Vergleich zum Trennsystem sind im Mischsystem planmäßig niederschlagsbedingte Zuflüsse vorhanden und stellen daher kein Fremdwasser dar.

Ergänzend sind noch weitere Eintrittspfade möglich, wie z. B. Fehleinleitungen von Außengebüten oder Oberflächengewässern sowie Hochwasserzuflüsse, die temporär oder dauerhaft zum Fremdwasseraufkommen beitragen. Die wesentlichen Ursachen für Fremdwasser sind nachfolgend beschrieben.

Im Bereich von öffentlichen Kanalisationen und privaten Leitungsnetzen können Undichtheiten vorhanden sein, durch die Grundwasser eindringen kann, z. B. durch Risse, Scherbenbildungen, Muffenschäden und undichte Schächte. Untersuchungen des öffentlichen Kanalnetzes zeigen als häufigstes Schadensbild den schadhaften Anschluss. Es folgen Risse, Lageabweichungen, undichte Muffen und Wurzeleinwuchs als fremdwasserrelevante Schäden. Seltener wurde ein Rohrbruch bzw. Einsturz des Kanals beobachtet. Die prozentuale Schadensverteilung gemäß DWA-Umfrage für öffentliche Kanäle und Schachtbauwerke ist in Bild 2 gezeigt. Die für einen Fremdwassereintritt relevanten Schäden sind als „fremdwasserrelevante Schäden“ gekennzeichnet. Der Anteil solcher Schäden an den insgesamt festgestellten Schäden beträgt bei öffentlichen Kanälen rd. 68 % und bei Schächten rd. 30 % (BERGER & FALK 2011).

Private Leitungsnetze haben aufgrund ihrer fast dreifachen Länge gegenüber dem öffentlichen Kanalnetz und ihres oftmals schlechteren Zustandes ein noch höheres Infiltrationspotenzial. Sie müssen bei Fremdwassersanierungskonzepten deshalb zwingend integriert werden.

Neben Undichtheiten sind Fehllanschlüsse an Abwasserkanälen eine weitverbreitete Fremdwasserquelle, wie etwa Gebäudedränagen oder landwirtschaftliche Flächendränagen. Da es sich hierbei in der Regel um nicht behandlungsbedürftiges Wasser handelt, sind diese Fehllanschlüsse im Sinne einer nachhaltigen Wasserwirtschaft möglichst dezentral offenen Gewässern zuzuführen, an anderer Stelle wieder zu versickern oder in Regenwasserkanäle abzuleiten.

Im Trennsystem gelangen bei Niederschlag erhebliche Fremdwasserzuflüsse im Wesentlichen auch durch fehlangeschlossene Verkehrs- und Dachflächen, ungünstig angeordnete Schachtdeckelöffnungen sowie sogenannte „Kombinationsschächte“ mit zu niedrig ausgeführter Trennschwelle (siehe Bild 3) in den Schmutzwasserkanal.

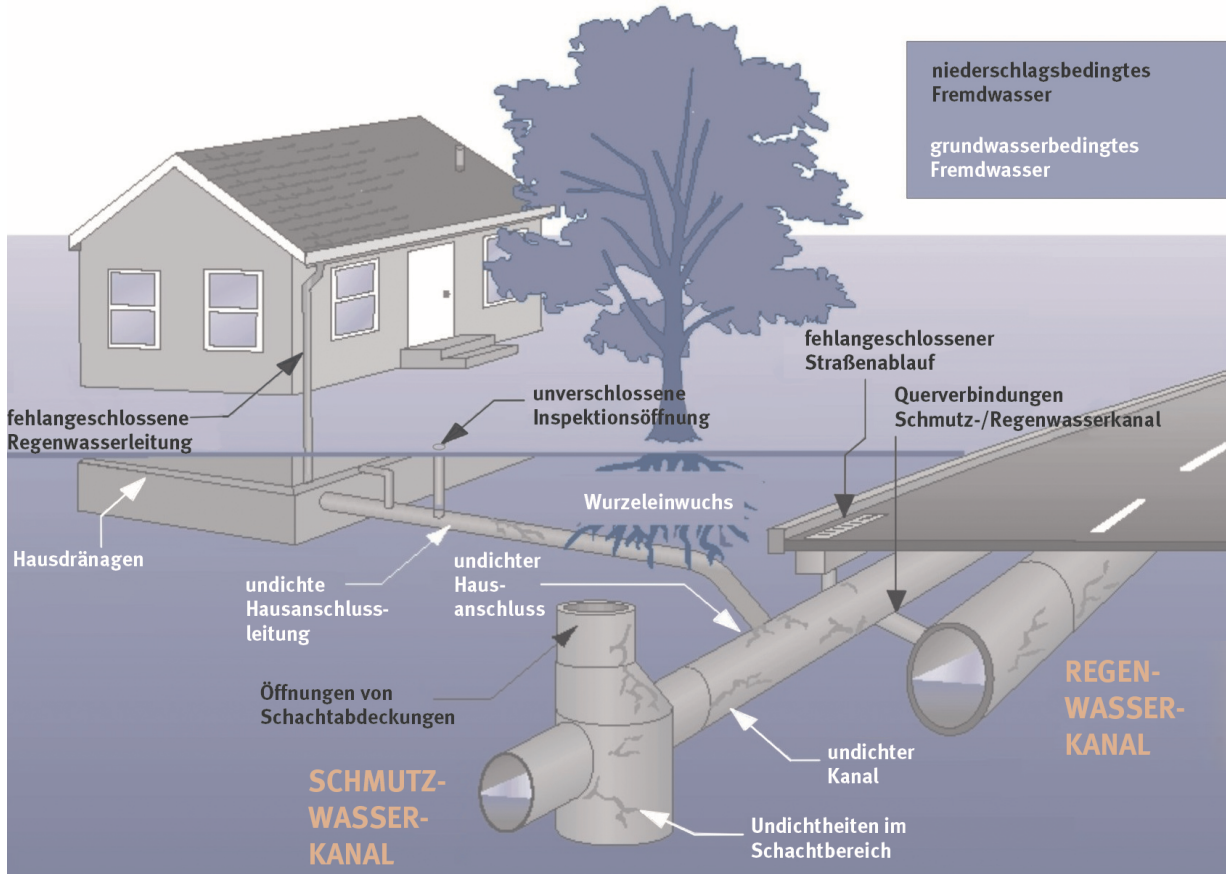


Bild 1: Wesentliche Eintrittspfade für Fremdwasser am Beispiel eines Trennsystems (nach EPA 2003, in: HENNERKES 2006)

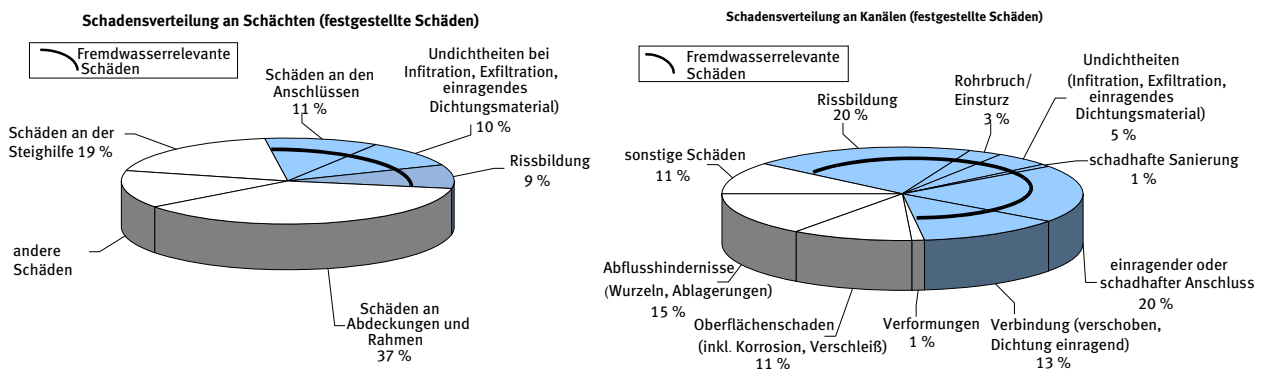


Bild 2: Prozentuale Verteilung der Schäden an öffentlichen Kanälen und Schächten auf Datenbasis von BERGER & FALK (2011)

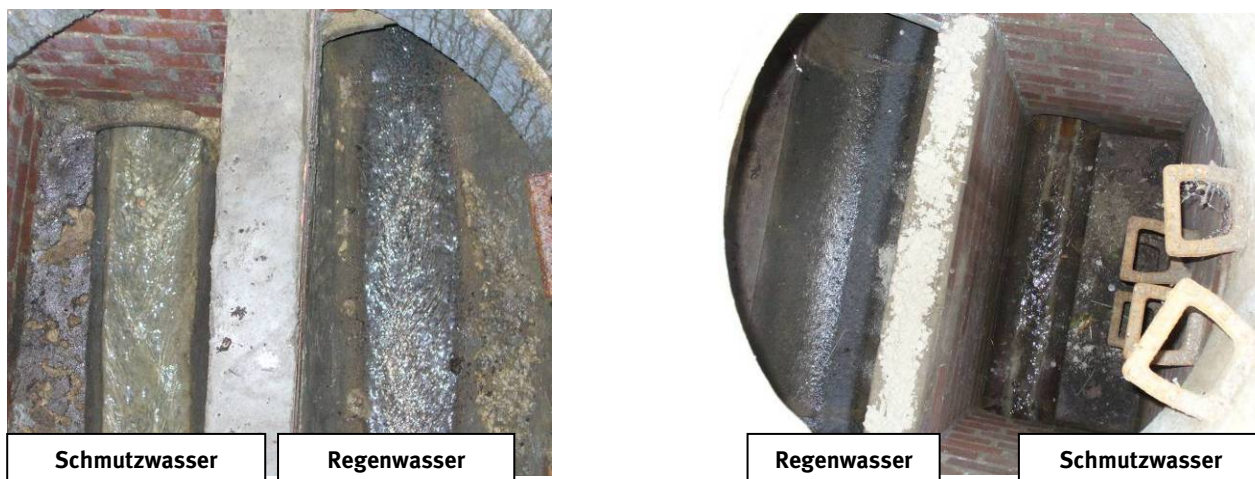


Bild 3: Kombinationsschächte im Trennsystem. Bei Starkregen kann der Regenwasserkanal in den Schmutzwasserkanal überlaufen (RUHRVERBAND 2009)

4.2 Variabilität von Fremdwasser

Der Fremdwasseranfall wird in seiner Charakteristik durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst und unterliegt hierdurch sowohl zeitlichen als auch räumlichen Veränderungen. In seiner Quantität tritt Fremdwasser in sehr unterschiedlichen Spannweiten auf und ist im Wesentlichen geprägt durch hydrologische und hydrogeologische Standortbedingungen.

So wurde aus den Jahresberichten zur bayerischen Eigenüberwachungsverordnung für 2.576 Kläranlagen der mittlere jährliche Fremdwasseranteil für das Jahr 2007

ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Bild 4 dargestellt. Die Ausbaugröße der Kläranlagen ist dabei auf einer logarithmischen Skala aufgetragen.

Die Spannweite der Jahresmittel des Fremdwasseranteiles ist mit 0 % bis über 90 % (entsprechend 0 % bis 900 % Fremdwasserzuschlag) erheblich. Eine offensichtliche Abhängigkeit des Fremdwasseranteiles von der Anlagengröße ist dabei nicht zu erkennen. Fremdwasser ist somit kein besonderes Problem kleiner oder großer Kläranlagen, sondern kann alle Ausbaugrößen treffen.

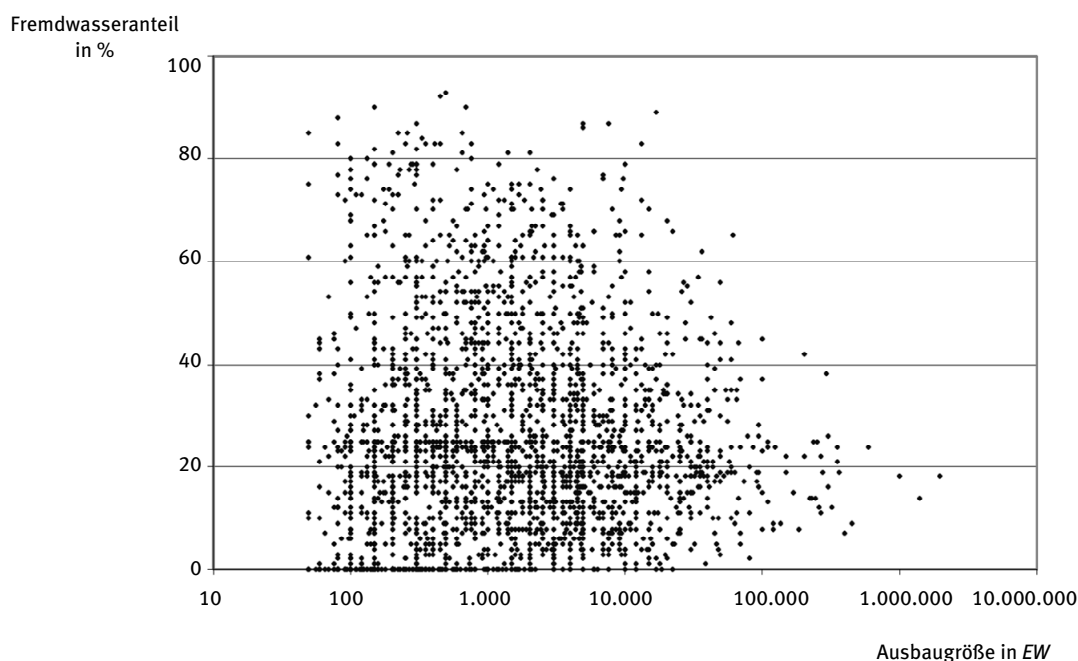


Bild 4: Mittelwerte des Fremdwasseranteiles von insgesamt 2.576 kommunalen Kläranlagen in Bayern im Jahr 2007 (LfU BAY 2009)

Bild 5 zeigt beispielhaft das Resultat der Auswertung der Trockenwetterzuflüsse von 75 Kläranlagen in einem vorwiegend im Mischsystem entwässerten Flusseinzugsgebiet als Jahresmittelwerte. Ergänzend ist der zugehörige Fremdwasserzuschlag auf der Ordinate dargestellt. Der mittlere spezifische Trockenwetterabfluss (Schmutz- und Fremdwasser) reicht von 160 l/(E·d) bis 1.100 l/(E·d). Bei der Hälfte aller Anlagen liegt dieser über rd. 380 l/(E·d).

Bei jedem Kläranlageneinzugsgebiet ist eine deutliche Schwankungsbreite des spezifischen Trockenwetterabflusses erkennbar. Diese Unterschiede lassen sich mit dem unterschiedlichen hydrologischen Jahresverlauf begründen. So symbolisieren die unteren Werte niederschlagsarme und verdunstungsreiche und die oberen Werte eher niederschlagsreiche Zeiträume. Bild 5 zeigt auch deutlich, dass die absolute Schwankungsbreite in der Regel mit größerem Fremdwasseranfall zunimmt.

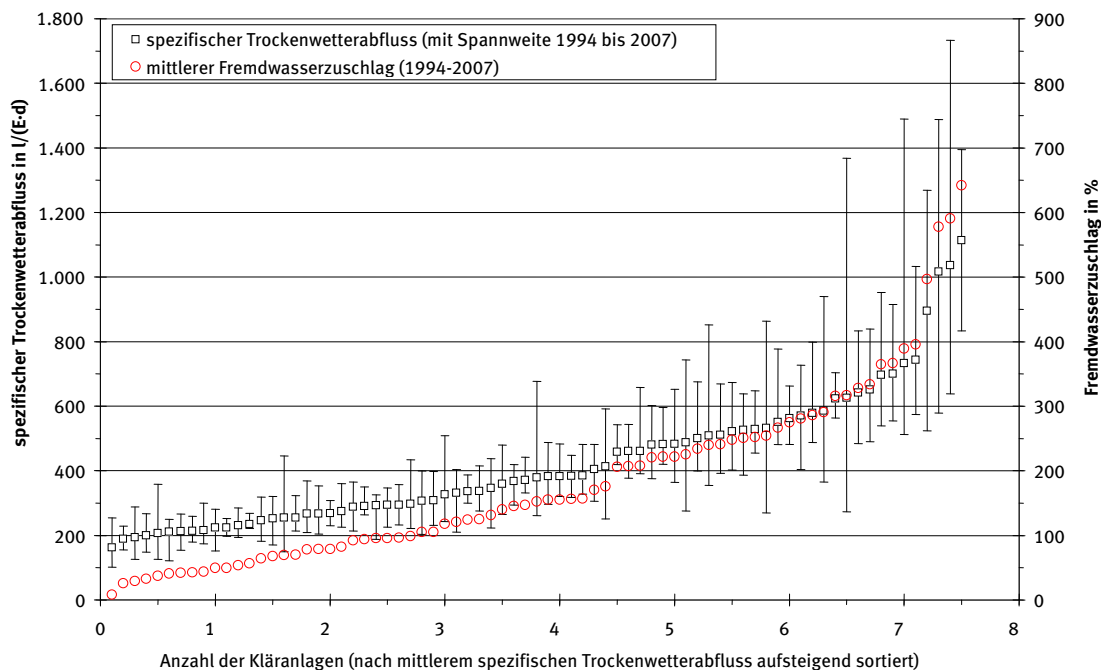


Bild 5: Größe und Schwankungsbreite des spezifischen Trockenwetterabflusses von 75 Kläranlagen (1994 bis 2007) in einer Mittelgebirgsregion (RUHRVERBAND 2009)

Die Betrachtung des Fremdwasseraufkommens an einer Kläranlage ist als repräsentatives Ergebnis für die Fremdwassersituation in den davorliegenden Teileinzugsgebieten alleine nicht ausreichend. Dies verdeutlicht Bild 6. Am Beispiel einer trennkanalisierten deutschen Großstadt mit etwa 130.000 Einwohnern ist exemplarisch die Schwankungsbreite des mittleren täglichen Abflusses bei Trockenwetter (Schmutz- und Fremdwasser) innerhalb verschiedener Teileinzugsgebiete dargestellt.

Diese Auswertung basiert auf einer neunmonatigen Messkampagne von Juli 1997 bis April 1998, wobei die einzelnen Messstellen zum Teil nur wenige 100 m voneinander entfernt lagen (z. B. Messstellen 1 bis 5). Die Balken innerhalb des Diagramms markieren jeweils den Bereich zwischen minimalem täglichen Trockenwetterabfluss (unterer Rand) und maximalem täglichen Trockenwetterabfluss (oberer Rand). Wird hier ein spezifischer Schmutzwasseranfall von etwa 150 l/(E·d) angesetzt, sind alle größeren Abflüsse als zusätzlicher Fremdwasserabfluss zu interpretieren. Bei Messstelle 1 mit einem maximalen Abwasseranfall von mehr als 1.000 l/(E·d) bedeutet dies, dass während der Messkampagne ein Fremdwasserabfluss von bis zu 900 l/(E·d) beobachtet wurde, also zum ungünstigsten Zeitpunkt ein Fremdwasserzuschlag von rd. 600 % vorlag. Offensichtlich sind selbst innerhalb eines Siedlungsgebietes auf engstem Raum sehr unterschiedliche Fremdwasserbelastungen möglich. Keinesfalls darf von einer räumlich gleichmäßigen Fremdwasserverteilung ausgegangen werden.

Spezifischer täglicher Trockenwetterabfluss in l/(E·d)

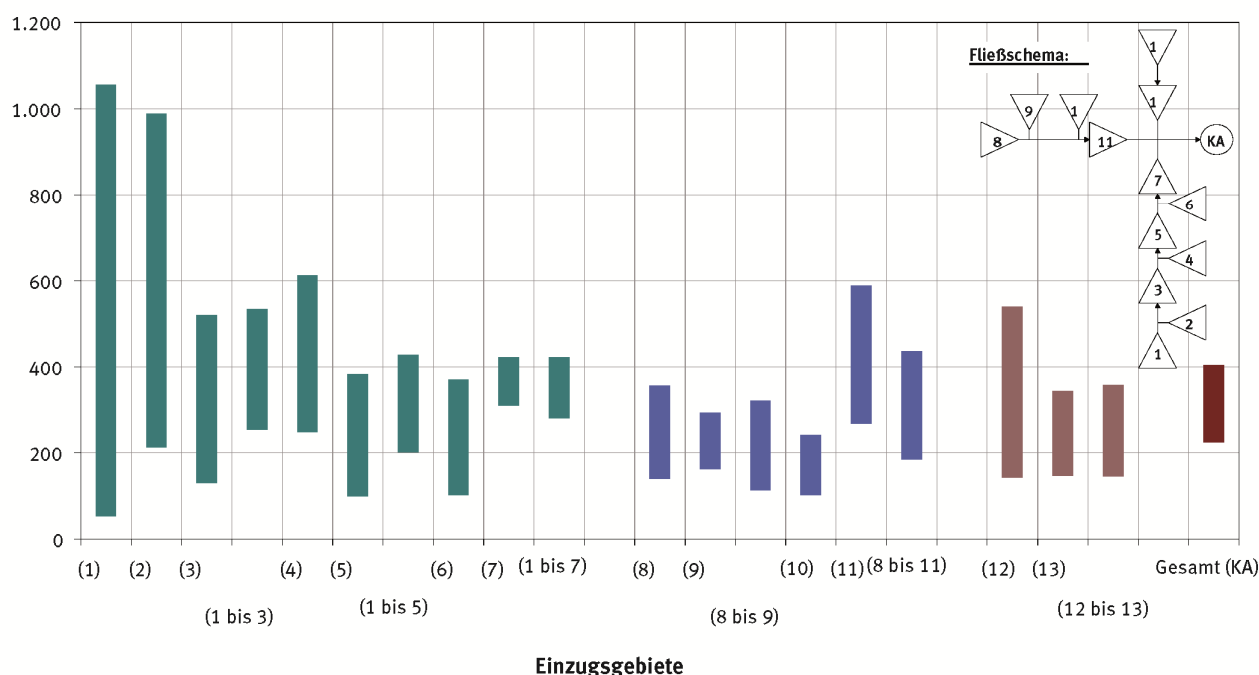


Bild 6: Schwankungsbreite der spezifischen täglichen Trockenwetterabflüsse in verschiedenen Teileinzugsgebieten einer trennkanalisierten deutschen Großstadt (PECHER 2001)

Ermittelt man den Fremdwasseranteil am Zufluss zu einer Kläranlage, kommt man zu einem sehr differenzierten Bild der Fremdwasserdynamik. In Bild 7 sind die Ganglinien der Fremdwasserzuschläge im Rhythmus von Monaten von 34 Kläranlagen aus Baden-Württemberg aufgetragen. Das Bild zeigt einen deutlichen, sich wiederholenden saisonalen Rhythmus der meisten untersuchten Kläranlagen.

Für das betrachtete Kollektiv – und das mag auch für ganz Deutschland gelten – ist ungefähr zwischen November und April mit dem größten Fremdwasseranfall (Fremdwassersaison) und zwischen Juli und September mit dem Minimum zu rechnen. Es können aber auch in Einzelfällen Maxima und Minima zu ganz anderen Zeiten auftreten. Stark fremdwasserbehaftete Systeme folgen dem saisonalen Rhythmus dabei stärker als fremdwasserarme (FUCHS et al. 2003). Daraus kann die Regel abgeleitet werden: Wo es viel Fremdwasser gibt, gibt es auch große saisonale Schwankungen.

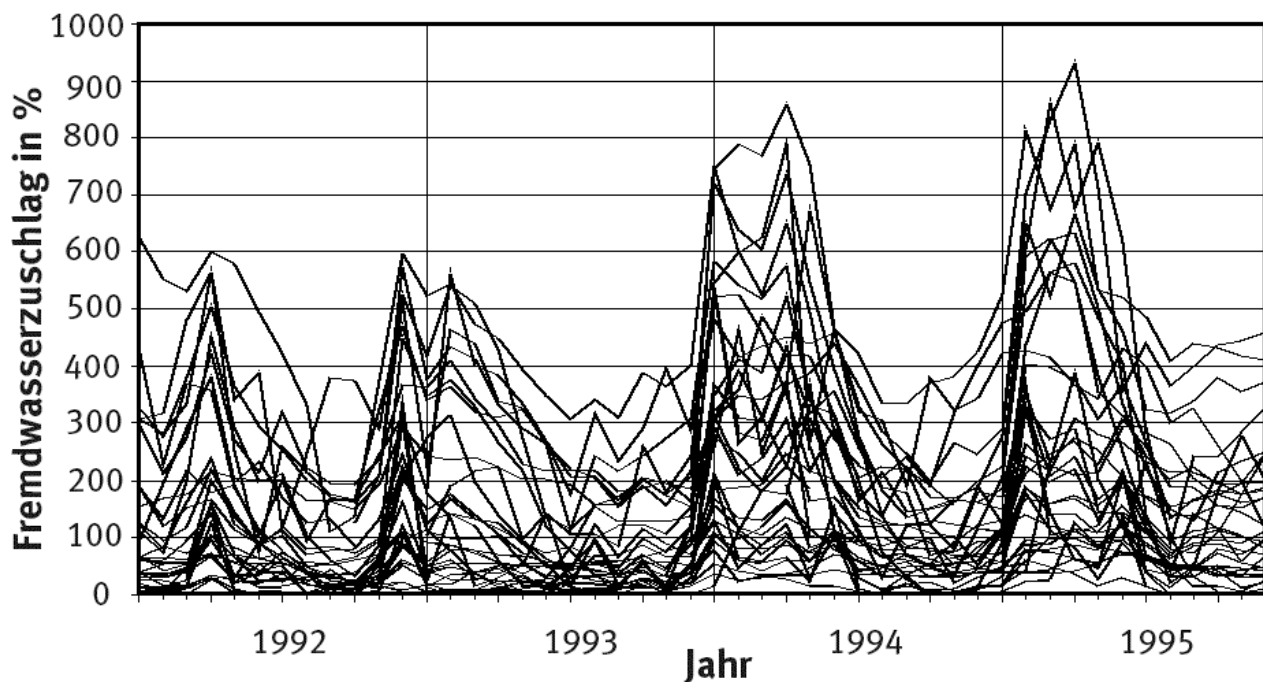


Bild 7: Mittlerer monatlicher Fremdwasserzuschlag von 34 Kläranlagen in Baden-Württemberg (BROMBACH 2004)

Bei einer zeitlich höheren Auflösung stellt sich die Situation differenzierter dar. Bild 8 zeigt die nächtlichen Fremdwasserabflüsse eines kleinen Mischwassernetzes an Trockenwettertagen. Analog zu den jahreszeitlichen Schwankungen (vgl. Bild 7) sind in Bild 8 die Schwankungsbreiten der Fremdwasserabflüsse innerhalb eines Monats über einen Zeitraum von etwa einem Jahr dargestellt. Hierbei sind die Maxima der Fremdwasserabflüsse dem Winter und die Minima den Sommermonaten zuzuordnen.

Diese typische, jahreszeitliche Verteilung taucht zumeist dann auf, wenn ein Kanalnetz im Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels liegt bzw. durch Stauwasser oder Zwischenabfluss beeinflusst wird. Die in den Wintermonaten von November bis April oftmals weniger intensiven, aber lang anhaltenden und ergiebigen Niederschläge bewirken zusammen mit der in dieser Jahreszeit geringeren Verdunstung eine erhöhte Grundwasserneubildung. Hierdurch wird der Porenraum des Grundwasserleiters gefüllt und der Grundwasserspiegel steigt an. In den Sommermonaten sinkt der Grundwasserspiegel unter anderem aufgrund höherer Verdunstungsraten.

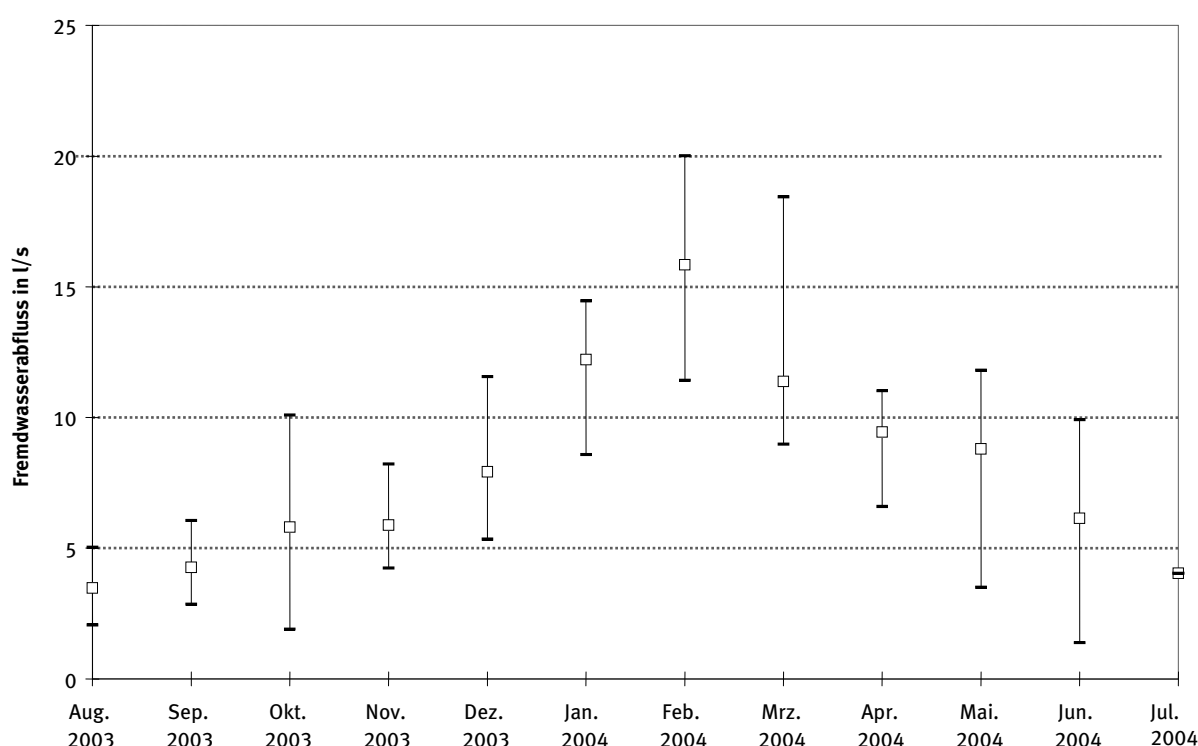


Bild 8: Spanne der monatlichen Fremdwasserabflüsse am Beispiel eines Kanaleinzugsgebietes (EMSCHERGENOSSENSCHAFT 2009)

Bild 9 zeigt den Zusammenhang von Grundwasserstand und Fremdwasserabfluss in einem kleinen Mischwasser-
netz, in dem Teile des Kanalnetzes im Grundwasser liegen. Aufgetragen ist die als Grundwasserflurabstand gemessene
Ganglinie des Grundwasserstandes unter Geländeoberkan-
te (GOK) über einen Zeitraum von vier Jahren zusammen
mit dem Fremdwasserabfluss von August 2003 bis Juli
2004 von Bild 8. Sehr deutlich sind die jährlichen Schwan-
kungen des Grundwasserstandes mit einem Ansteigen im
Winter und Fallen im Sommer zu erkennen. Die Schwan-
kung des Fremdwasserabflusses korreliert zeitlich mit der
Schwankung des Grundwasserstandes.

Bei Entwässerungssystemen im Auenbereich eines Fließ-
gewässers kann dessen Wasserführung und Pegelstand
temporär den Grundwasserstand und damit auch indirekt
den Fremdwasserabfluss im Kanalnetz beeinflussen. Ma-
ximale Grundwasserstände sind folglich nicht nur an den
Jahresrhythmus gekoppelt, sondern können auch im
Zusammenhang mit einem Hochwasser auftreten. Eine
ähnliche Situation kann sich bei Schneeschmelzen einstel-
len. Auch hier können die Fremdwasserabflussspitzen von
den Niederschlagsereignissen zeitlich entkoppelt sein.
Diese Besonderheiten sind bei der Analyse der Fremdwas-
sersituation daher unbedingt zu berücksichtigen.

Zusätzlich zu Grundwasser wird im Schmutzwasserkanal
eines Trennsystems Fremdwasser in seinem Auftreten
direkt durch Niederschlagsereignisse beeinflusst. So
kann der oberirdisch abfließende Niederschlag über
befestigte Flächen oder durch Schachtdeckelöffnungen
zu entsprechenden Abflussspitzen im Schmutzwasserka-
nal führen.

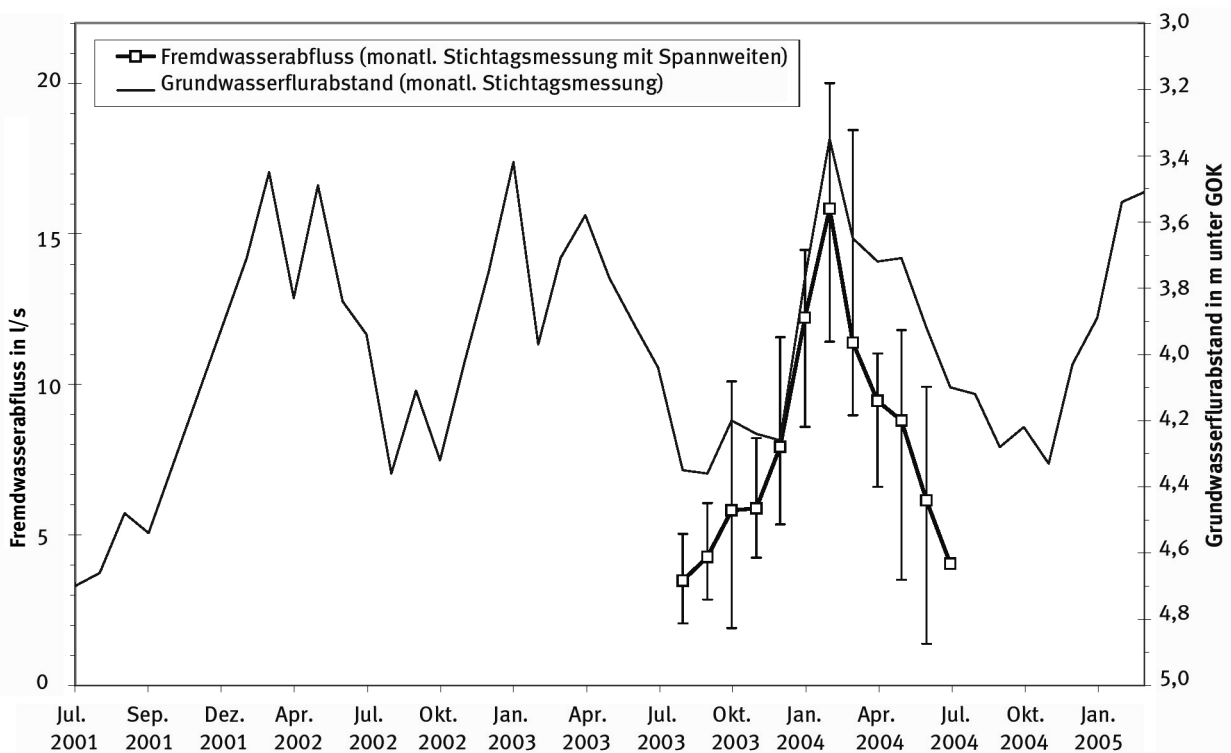


Bild 9: Grundwasserflurabstand im Vergleich mit den Fremdwasserabflüssen für den Zeitraum Juli 2001 bis Januar 2005 (EMSCHERGENOSSENSCHAFT 2009)

4.3 Abflusscharakteristik von Fremdwasser

Anhand der Betrachtung von Abflussganglinien im Schmutzwasserkanal eines Trennsystems und im Mischsystem können unter Berücksichtigung der Fließzeit gute Kenntnisse über mögliche Fremdwasserquellen gewonnen werden (HENNERKES 2006). In Tabelle 2 werden die einzelnen Komponenten von Abflussganglinien erläutert und mögliche Hinweise auf potenzielle Fremdwasserquellen gegeben.

Es wird deutlich, dass der durch das Grundwasser beeinflusste Anteil des Fremdwassers tendenziell langsameren und zeitlich ausgedehnten Veränderungen unterliegt als das niederschlagsbedingte Fremdwasser. Letzteres reagiert zeitnah auf Niederschläge und führt während oder nach einem Regenereignis zu einem messbaren Anstieg des Abflusses im Kanalnetz. Der Fremdwasserabfluss bei und nach einem Regenereignis ist nicht bei jedem Regen gleich, sondern ist u. a. von der Regendauer, -intensität und Jahreszeit abhängig.

Bild 10 zeigt am Beispiel einer Mittelgebirgsregion den Einfluss von Niederschlagsereignissen auf den Abfluss im Schmutzwasserkanal eines Trennsystems (HENNERKES 2006). Es sind längere Nachlaufzeiten von mehreren Tagen nach Ende eines Regenereignisses erkennbar. Bei Trockenwetter setzt sich die Abflussganglinie theoretisch nur aus dem Schmutzwassertagesgang und dem grundwasserbedingten Basisfremdwasser zusammen. Bei Einsetzen eines Regenereignisses weist ein schnelles Ansteigen des Abflusses auf direkt abflusswirksame Regenwasserfehlanschlüsse hin. Das während des Regenereignisses versickernde Wasser gelangt mit leichter Verzögerung über Dränagen und Undichtheiten in den Schmutzwasserkanal und führt zu einem kontinuierlichen Anstieg des Fremdwasserabflusses. Nach Ende des Regenereignisses nimmt das niederschlagsbedingte Fremdwasser je nach Fließzeit im Kanalnetz schnell ab. Auch das mäßig verzögerte (grundwasser- und niederschlagsbedingte) Fremdwasser aus Dränagen etc. verringert sich kontinuierlich entsprechend den dargestellten Abklingkurven, bis wieder der grundwasserbedingte Basisabfluss erreicht ist.

Tabelle 2: Abflusscharakteristik von Fremdwasser (KING COUNTY 2004, in: HENNERKES 2006)

Abflusscharakteristik	Beschreibung	Begründung und mögliche Fremdwasserquellen
Basisabfluss bei Trockenwetter	Kontinuierlicher Fremdwasserabfluss, oft mit geringer Größe und langsamen Schwankungen	Zeitweise oder dauerhaft im Grundwasser liegende undichte Kanäle oder Schächte sowie fehleingeleitete Oberflächengewässer führen je nach Grundwasserstand, Hydrogeologie und Gewässerpegel zu einem stetigen Basisabfluss mit jahreszeitlicher Charakteristik. (Grundwasserbedingtes Fremdwasser)
Schnelle Reaktion bei Niederschlag nur im Schmutzwasserkanal eines Trennsystems	Sofortiger Anstieg der Abflussganglinie bei einem Regenereignis (meist nur temporär)	Niederschlagswasser gelangt von abflusswirksamen Flächen über Fehllanschlüsse und Schachtdeckelöffnungen in die Kanalisation. Dränagen wird hierbei eine untergeordnete Rolle zugeordnet. (Niederschlagsbedingtes Fremdwasser)
Mäßige Reaktion bei Niederschlag	Ansteigender Abfluss während oder nach einem Regenereignis, allmähliches Abflachen der Abflussganglinie bis mehrere Stunden oder Tage nach Ende des Regenereignisses	Das versickernde Niederschlagswasser gelangt als Zwischenabfluss bzw. Stauwasser über oberflächennahe Dränagen und undichte Abwasserleitungen in die Kanalisation. Einen geringeren Beitrag leisten undichte Schächte und Kanäle in größerer Tiefe. (Niederschlags- und grundwasserbedingtes Fremdwasser)

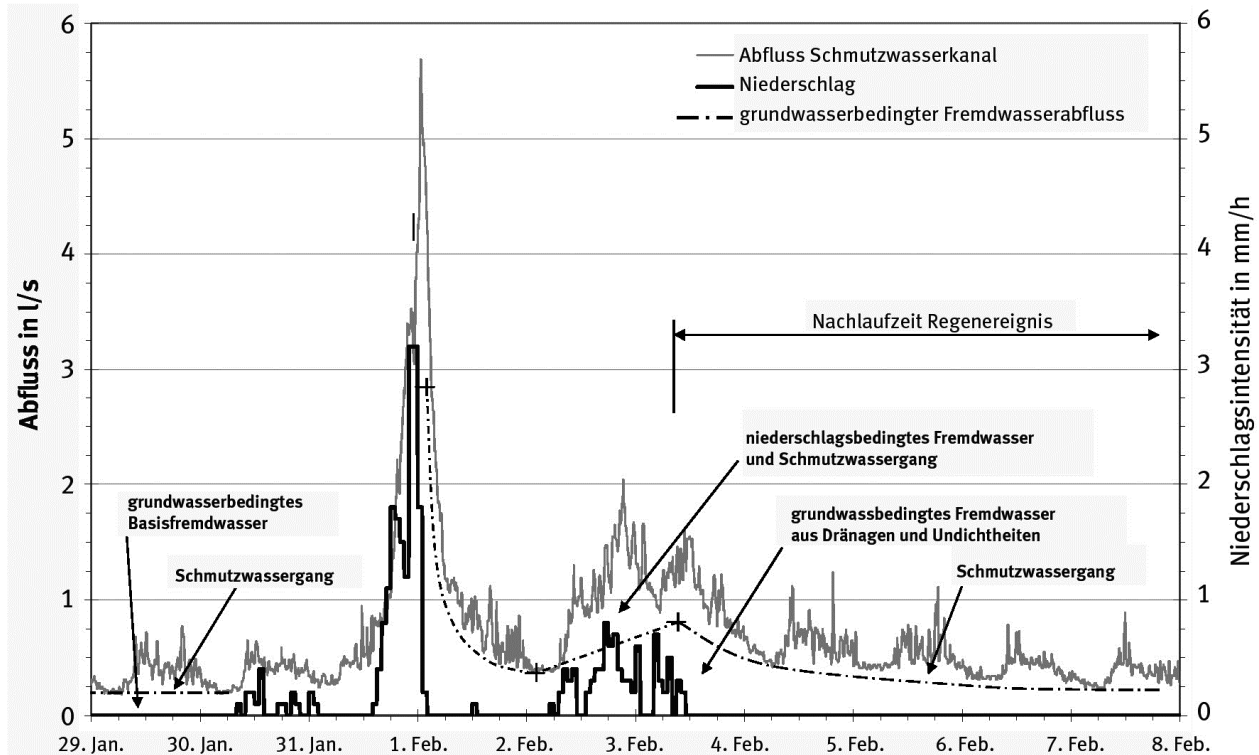


Bild 10: Einfluss von Niederschlagsereignissen auf das grundwasser- und niederschlagsbedingte Fremdwasser in einer Mittelgebirgsregion am Beispiel eines Trennsystems (HENNERKES 2006)

5 Kosten- und Umweltauswirkungen von Fremdwasser

5.1 Kanalisation und Pumpwerke

Kanalisation und Pumpwerke werden im Allgemeinen von hohem Fremdwasseraufkommen negativ beeinflusst. Die wichtigsten Einflussfaktoren werden nachfolgend aufgeführt (nach HENNERKES 2006):

- Ein hoher Fremdwasseranteil führt zu einer hydraulischen Belastung der Abwasserkanäle. Vor allem bei Schmutzwasserkanälen des Trennsystems besteht die Möglichkeit einer hydraulischen Überlastung mit der Gefahr von Rückstau und Überflutungen. Auch unzulässige Abschlüsse aus den Schmutzwasserkanälen an sogenannten „Notauslässen“ in Gewässer sind in der Praxis nach Angaben von SITZMANN (2000) zu finden, um die nachfolgende Kläranlage vor hydraulischer Überlastung zu schützen und Schlammabtrieb aus der Nachklärung zu vermeiden.
- Bei Pumpwerken im Kanalnetz führt Fremdwasser zu verlängerten Laufzeiten und höherer Schalthäufigkeit der Pumpen. Reservepumpen werden zugeschaltet, laufen unerwünscht lange, dauerhaft und erschweren dadurch Wartungs- und Reparaturarbeiten. In der Konsequenz unterliegen die Laufräder und die Elektroanlagen einem stärkeren Verschleiß und führen zu höheren Betriebskosten.
- Das als Fremdwasser bezeichnete, in den Kanal eindringende Grundwasser kann infolge Bodenauswaschung je nach Schadensart, hydrostatischem Druck und Bodenart zur Bildung von Lagerungsdefekten und Hohlräumen führen. In der Konsequenz kann die Standsicherheit des Kanals, des umgebenden Bodenkörpers und auch der angrenzenden Bebauung gefährdet sein (DOHMANN & HENNERKES 2003). Der eingespülte Boden kann darüber hinaus verstärkt zu Ablagerungen im Kanal führen und den Kanalbetrieb erschweren.

- Mineralhaltiges Grundwasser kann bei einer Infiltration in gering durchflossene Abwasserkanäle bei Oxidation zur Ausfällung von Salzen (vorwiegend Eisen- und Manganverbindungen) und zur Bildung von Verockerungen führen.
- Durch einen ungewollten Oberflächenabfluss von unbefestigten Flächen (z. B. Acker- und Feldlage) können durch das zufließende Fremdwasser Feststoffe wie Sand und Kies in die Kanalisation eingespült werden. Hierdurch steigt der Betriebsaufwand bei der Kanal- und Sinkkastenreinigung.

Fremdwasser kann auch einen begrenzt positiven Einfluss auf den Betrieb eines Entwässerungssystems haben. Durch den größeren Abfluss im Kanal und die hierdurch höheren Schleppkräfte werden der Stofftransport verbessert und mithilfe des entstehenden Spüleffektes dauerhafte Ablagerungen gering gehalten. Auch bereits sedimentierte Feststoffe können besser remobilisiert werden. Zu diesem Zweck wurden die Regenabflüsse von Dachflächen früher auch teilweise gezielt an die Anfangshaltungen der Schmutzwasserkanäle von Trennkanalisationen angeschlossen. Ein erhöhter Sauerstoffeintrag durch Niederschlagswasser vermindert das Anfaulen des Abwassers. Die Gefahr einer Geruchsbelästigung und die Entstehung von Schwefelwasserstoff mit der Gefahr von biogener Schwefelsäurekorrosion wird durch die Verdünnung mit Fremdwasser verringert (FRECHEN & KÖSTER 2003).

5.2 Regentlastungen und Regenbecken

Regenüberläufe (RÜ)

Regenüberläufe werden im Mischsystem zur Begrenzung des kritischen Mischwasserabflusses angeordnet. Sie erfüllen keine Aufgaben der Speicherung oder Mischwasserbehandlung und entlasten direkt oder über ein Regenrückhaltebecken ins Gewässer. Regenüberläufe werden auf die kritische Regenspende bemessen, die in der Regel mit bis zu 15 l/(s·ha) um ein Vielfaches größer ist als übliche Fremdwasserabflussspenden. Fremdwasser hat somit hinsichtlich des Entlastungsverhaltens von Regenüberläufen eine untergeordnete Bedeutung.

Regenüberlaufbecken (RÜB) und Stauraumkanäle (SK)

Ein erhöhter Fremdwasserzufluss führt zu einer erhöhten Einstauhäufigkeit und -dauer sowie weitaus kritischer zu einer erhöhten Entlastungshäufigkeit und Entlastungsdauer. Diese Effekte sind umso ausgeprägter, je weniger die Fremdwassercharakteristik im Hinblick auf ihre örtliche und zeitliche Verteilung bei der Bemessung berücksichtigt wurde. Typisch sind dann lang anhaltende Entlastungen der Regenüberlaufbecken und Stauraumkanäle, wie dies beispielhaft für das Einzugsgebiet einer Kläranlage in Bild 11 dargestellt ist.

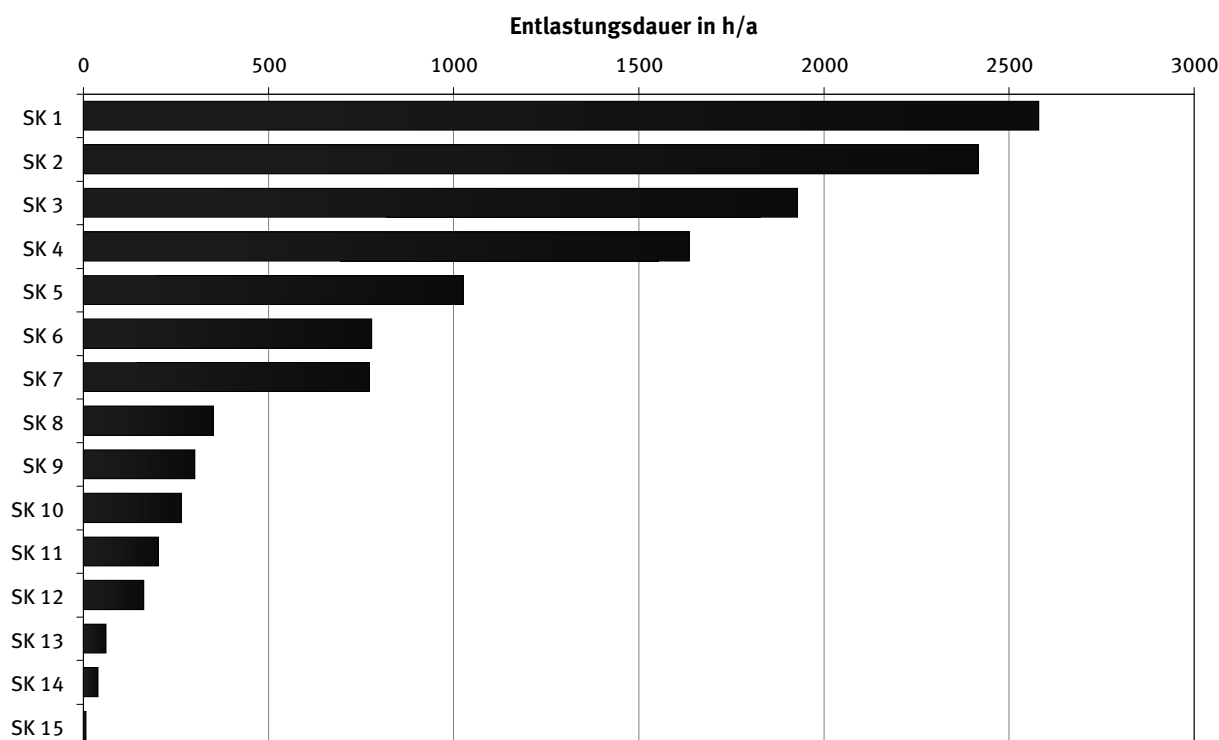


Bild 11: Kumulierte jährliche Entlastungsdauer der Niederschlagswasserbehandlungsanlagen (SK 1 bis SK 15) im Einzugsgebiet einer fremdwasserbelasteten Kläranlage (JARDIN 2007)

Die Niederschlagswasserbehandlung in diesem Einzugsgebiet wurde Ende der 80er Jahre unter Annahme einer gleichmäßigen Verteilung des Fremdwasseranfalls über das gesamte Einzugsgebiet und auf Basis eines mittleren Jahresfremdwasserabflusses bemessen. Das Entlastungsverhalten der einzelnen Stauraumkanäle zeigt eine sehr inhomogene Verteilung, da die tatsächlichen Fremdwasserspanden in den Teileinzugsgebieten deutliche Unterschiede aufweisen und der Fremdwasseranfall eine deutliche jahreszeitliche Variation besitzt.

Grundsätzlich resultiert aus einer zu niedrig angenommenen Fremdwasserbelastung bei der Anlagenbemessung eine höhere Emission aus dem Entwässerungssystem. Zwar handelt es sich hierbei zumeist um mit Fremdwasser verdünntes Mischwasser, dennoch kommt es aufgrund dieser Entlastung zu einer kontinuierlichen stofflichen Belastung des aufnehmenden Gewässers, die nicht unerhebliche Größenordnungen annehmen kann.

Auch auf die Entleerungszeiten der Becken hat der Fremdwasseranteil signifikante Auswirkungen. Mit zunehmendem Fremdwasseranteil steigt die Entleerungszeit. Dies hat zwangsläufig zur Konsequenz, dass bei Niederschlagsereignissen, die auf ein nicht vollständig entleertes System von Niederschlagswasserbehandlungsanlagen treffen, nur der entleerte Teil des insgesamt im Einzugsgebiet realisierten Regenbeckenvolumens genutzt werden kann.

Retentionsbodenfilter (RBF)

Hoher Fremdwasseranfall kann zu extrem langem Überstau der Filter vorwiegend während des Winterhalbjahres führen. Die Folgen hiervon sind:

- sehr hohes Kolmationsrisiko,
- Filterversagen, insbesondere bezüglich der Ammonium-Elimination,
- mögliche Schäden am Bewuchs des Bodenfilters,
- starke Gewässerbelastung aufgrund der hohen gelösten Einleitungsfracht.

Retentionsbodenfilter eignen sich daher grundsätzlich nicht, um die durch Fremdwasser bedingten Probleme eines Kanalnetzes zu lösen. Relevante Fremdwasserprobleme sollten vor dem Bau eines Retentionsbodenfilters daher saniert sein (MUNLV NRW 2003).

Regenklärbecken (RKB)

Die Wirksamkeit von Regenklärbecken im Trennsystem wird durch Fremdwasser ebenfalls nachteilig beeinflusst. Zu unterscheiden sind Regenklärbecken mit (RKBmD) und ohne Dauerstau (RKBoD).

Ein Fremdwasserzufluss in RKBmD führt zu einem dauerhaften bzw. sehr lang andauernden Überlauf auch in Trockenwetterzeiten, sodass diese Lösung aus wasserwirtschaftlichen Gründen in der Regel nicht sinnvoll ist. Das Grundprinzip der RKBmD, in den Trockenperioden einem ungestörten Schmutzstoffrückhalt (keine Remobilisation von abgesetzten Stoffen durch fortwährende Zuflüsse) sicherzustellen, ist hierbei in Frage gestellt. Darüber hinaus besteht die Gefahr der Rücklösung von Schwermetallen aus den Sedimenten, die dann mit dem Fremdwasserabfluss in das Gewässer ausgetragen werden. Auch sind negative Temperatureffekte durch die Einleitung von aufgewärmtem Wasser aus dem Becken in das Gewässer möglich.

Ein Fremdwasserzufluss in RKBoD führt ohne Steuerung zu einer ungewollten Überleitung und damit Belastung des Schmutzwasserkanals. Eine Steuerung, die Regenergebnisse und Trockenperioden unterscheidet, ist zwar grundsätzlich möglich, in der Praxis aber nicht einfach mit einer gleichwertigen Wirksamkeit umzusetzen.

Regenrückhalteräume (RRR) in der Kanalisation

Fehlerhafte Fremdwasseransätze bei der Speicherraumbemessung wirken sich grundsätzlich wie bei Regenüberlaufbecken aus. Die Einstauhäufigkeit und -dauer steigt mit zunehmendem, unberücksichtigtem Fremdwasseranteil im Drosselabfluss an, und die Überschreitungshäufigkeit der Speichervollfüllung nimmt zu. Fehlt eine Notentlastung, kann es im davor liegenden Netz zu schädlichen Einstau- und ggf. Überstauereignissen kommen. Wegen der meist großen Drosselabflüsse bei RRR im Mischsystem sind diese Einflüsse bei üblichen Fremdwasserverhältnissen aber gewöhnlich gering.

5.3 Kläranlagen

Aus der Veränderung der Abwasserqualität und -quantität ergeben sich zwangsläufig auch Einflüsse auf die Reinigungsleistung der nachfolgenden Abwasserbehandlung. Die einzelnen Prozesse der biologischen Abwasserreinigung sind durch einen erhöhten Fremdwasseranfall in unterschiedlichem Maße betroffen. Die nachfolgende Darstellung konzentriert sich hierbei auf die üblicherweise relevanten Prozesse des Abbaus organischer Kohlenstoffverbindungen, der Stickstoffelimination sowie der Entfernung von Phosphorverbindungen aus dem Abwasser.

Beim Abbau der **Kohlenstoffverbindungen** wirkt sich das Fremdwasser im Wesentlichen über den Faktor der Verdünnung der CSB-Konzentration im Zulauf aus. Eine signifikante Beeinträchtigung des biologischen Abbauprozesses im Hinblick auf Ablaufkonzentrationen durch die geringere Abwassertemperatur oder die geringere Säurekapazität ist in der Regel nicht festzustellen. Daher ist auch der Rückgang der Abbauleistung beim Parameter CSB nur gering ausgeprägt.

Bei der **Nitrifikation** wirkt sich der erhöhte Fremdwasseranfall in den Fällen nennenswert aus, in denen es durch ein kritisches Absinken der Temperatur zu einem deutlichen Rückgang des für das Wachstum der Nitrifikanten ausschlaggebenden aeroben Schlammalters kommt. Weiterhin wirkt sich die Temperatur auch auf die Reaktionsgeschwindigkeit der Nitrifikation aus, die im Vergleich zur Kohlenstoffelimination tendenziell eine höhere Temperaturempfindlichkeit aufweist. Demzufolge ist auch ein stärkerer Rückgang der Nitrifikationsleistung bei ansteigendem Fremdwasseranfall und damit korrespondierendem Absinken der Temperatur zu erwarten.

Noch kritischer stellt sich die Situation bei der **Denitrifikation** dar, da hier nicht nur die absinkende Temperatur und die Verdünnung des Abwassers den Abbauprozess nachteilig beeinflusst, sondern auch die mit verstärktem Fremdwasserzufluss oftmals ansteigende Nitratfracht (bei grundwasserbedingtem Fremdwasserzufluss aus landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten) erhöhte Anforderungen an den Umfang der Denitrifikation stellt. Hinzu kommt, dass durch Abbauprozesse innerhalb der Kanalisation auch der Anteil der für die Denitrifikation wichtigen, leicht abbaubaren Kohlenstoffverbindungen nachhaltig verringert wird, sodass im Ergebnis mit einem deutlichen Rückgang der Denitrifikationsleistung bei erhöhtem Fremdwasseranfall zu rechnen ist (JARDIN 2007). Dieser Effekt ist auch in Bild 12 zu erkennen.

Die Betriebsergebnisse der Kläranlagen hinsichtlich der Stickstoffwerte zeigen aufgrund betrieblicher Gegenstrategien die vorgenannten Zusammenhänge nur annäherungsweise. Bei der Nitrifikation wird betrieblich zumeist das aerobe Schlammalter höher eingestellt, bei der Denitrifikation kann durch Zugabe von externen Kohlenstoffen eine niedrigere Nitratablaufkonzentration erreicht werden. Beides führt jedoch zu höheren Betriebskosten.

Wird die **Phosphorelimination** durch die vermehrte biologische Phosphorelimination (Bio-P) erreicht, so ist durch erhöhte Nitrat- oder Sauerstoffkonzentrationen und geringe Konzentrationen an leicht abbaubaren Kohlenstoffverbindungen im Zulauf eine deutliche Beeinträchtigung zu verzeichnen. Ein weiterer Rückgang der Prozessleistung ist durch die geringe Temperatur und die geringen Phosphorkonzentrationen im Zulauf zu verzeichnen.

Bei der chemischen Phosphorelimination ist durch die Zugabe von Fällmitteln kein nennenswerter Einfluss des Fremdwassers festzustellen, sodass nahezu unabhängig vom Fremdwasseranteil im Zufluss zur Kläranlage die geforderten Ablaufkonzentrationen durch eine entsprechend angepasste Dosierung von Fällmitteln mit hoher Sicherheit eingehalten werden können.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei allen Parametern die betrieblich erreichten Ablaufkonzentrationen durch den steigenden Fremdwasseranteil nur wenig beeinflusst werden, die emittierten Frachten hingegen ansteigen. Die Eliminationsleistung geht insgesamt zurück.

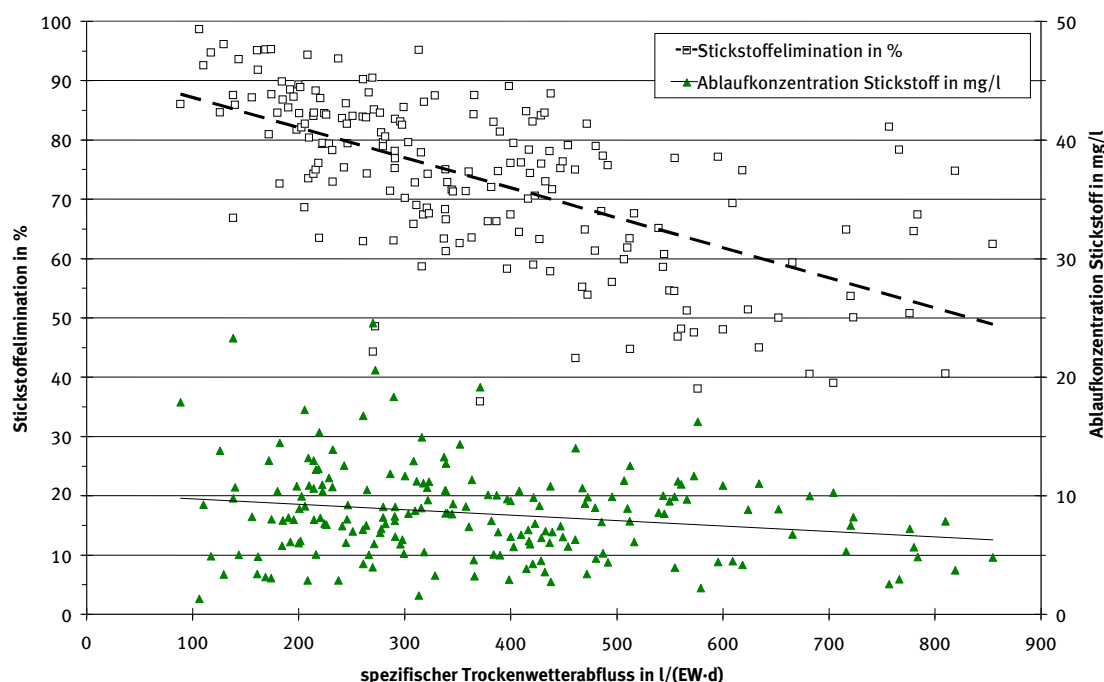


Bild 12: Wirkungsgrad der Stickstoffelimination nordrhein-westfälischer Kläranlagen > 10.000 EW aus den Jahren 2004 bis 2005 (Datenquelle: MUNLV Nordrhein-Westfalen)

5.4 Oberirdische Gewässer

Ein erhöhtes Fremdwasseraufkommen kann oberirdische Gewässer durch vermehrte Emissionen aus dem Entwässerungssystem in ihrer ökologischen Qualität beeinträchtigen und beeinflusst auch die Gewässernutzung (Bewirtschaftungsziele, z. B. Badegewässer). Die Belastung beruht im Wesentlichen auf chemischen und hygienischen, in seltenen Fällen auch auf hydraulischen Wirkungen. Eine allgemeingültige Aussage zur Gefährdungsabschätzung kann jedoch nicht getroffen werden, da mögliche Effekte von der lokalen Situation des Gewässers und des Entwässerungssystems abhängen (z. B. Misch- oder Trennentwässerung).

Grundsätzlich kommt es bei Mischsystemen wegen erhöhter Entlastungszeiten infolge Fremdwasser zu einer relevanten Zunahme der ins Gewässer eingeleiteten Frachten, die je nach Gewässerkategorie und -typ unterschiedliche Auswirkungen haben können. Mit dem Abwasser können toxisch oder eutrophierend wirkende Stoffe (z. B. Stickstoff- und Phosphorverbindungen) sowie sauerstoffzehrende Substanzen in die Gewässer eingetragen werden. Bei länger andauernden oder häufigeren Entlastungsereignissen besteht die Gefahr einer Akkumulation von Schadstoffen im Gewässersediment und in den aquatischen Organismen. Abwasserbürtige Mikroorganismen und Viren können zudem in den Gewässersedimenten längere Zeit überdauern (BORCHARDT 2000).

Auch wenn vordergründig keine Veränderungen an Fließgewässern zu beobachten sind, so kann es bei nachfolgenden Stillgewässern, aber auch in Küsten- und Übergangsgewässern, je nach Vorbelastung aufgrund ihrer Funktion als Schadstoffsенke zu Veränderungen des Trophiezustandes kommen.

Zudem führt die Ableitung des Fremdwassers im Entwässerungssystem zu einer Verringerung der Niedrigwasserführung im Gewässer. Bei kleinen Gewässern kann der Entzug dieses Abflussanteiles zu einer nachhaltigen Beeinträchtigung der Gewässerökologie führen.

5.5 Grundwasser

Neben den Auswirkungen des Fremdwassers auf Oberflächengewässer besteht auch eine maßgebliche Interaktion zwischen dem Grundwasser und dem Fremdwasser. Künstlich angelegte Dränagen und undichte Abwasserleitungen bzw. -kanäle wirken entwässernd auf den Bodenkörper und können zu einer künstlichen Absenkung des Grundwasserspiegels führen. Im Gegenzug können Sanierungsmaßnahmen im Bereich öffentlicher und privater Entwässerungsnetze zu einem Anstieg des Grundwasserspiegels und zu Einschränkungen im Wohnumfeld durch z. B. Vernässungen oder feuchte Keller führen (BWK Statusbericht 2003, GETTA et al.

2004). Jedoch können auch andere Maßnahmen einen Grundwasseranstieg verursachen (z. B. geringere Trinkwasserförderung, Abstellung von Sumpfungmaßnahmen), sodass letztendlich eine Kanalsanierung nicht die alleinige Ursache für solche Effekte sein muss.

REICHEL und GETTA (2000) stellen die Interaktion zwischen undichten Kanälen und dem Grundwasser am Beispiel einer Untersuchung der Emschergerossenschaft dar. Hierbei wurden mithilfe eines Grundwasserströmungsmodells am Beispiel eines 57 km² großen Untersuchungsgebietes die grundwasserhydraulischen Auswirkungen von Kanalsanierungen betrachtet. Dabei konnten diejenigen Bereiche lokalisiert werden, in denen der Grundwasserstand infolge des undichten Kanalnetzes und der daran angeschlossenen Dränagen niedrig gehalten wird. Bei einer vollständigen Sanierung der undichten Kanäle und dem Abklemmen nicht genehmigter Dränagen wären aufgrund der fehlenden Vorflut weite Teile des Stadtgebietes von starken, mit der Flächennutzung nicht zu vereinbarenden Grundwasseranstiegen betroffen.

Eine Veränderung des Grundwasserspiegels bzw. der Grundwasserströmungen kann auch eine Mobilisierung von Altlasten mit sich führen (DWA 2005).

5.6 Kosten

Ein im Vergleich zur ursprünglichen Bemessung erhöhter Fremdwasseranfall führt im Bereich der Abwasserab- leitung vor allem bei Regenüberlaufbecken zu größeren Beckenvolumina mit entsprechend höheren Investitionskosten. Auch die Betriebskosten für den Unterhalt der Kanalisationen steigen an, insbesondere bei den Abwasserpumpwerken.

Bei der Bemessung von Kläranlagen wirkt sich Fremdwasser ebenfalls auf die notwendigen Beckenvolumina aus. Die durch Fremdwasser bedingten Kapitalkosten beim Bau von Kläranlagen werden durch die Volumina für das Vorklärbecken, das Belebungsbecken und das Nachklärbecken beeinflusst. Auf die Dimensionierung von Rechen und Sandfang hat Fremdwasser nach KROISS & PRENDL (1996) dagegen nur geringe Auswirkungen.

Die Betriebskosten einer Kläranlage werden nach LUBW (2007) hauptsächlich durch die Energiekosten für Pumpwerke (Zulauf- bzw. Zwischenhebwerke, Rücklaufschlamm- und Rezirkulationspumpwerke), die Sauerstoffversorgung des Belebungsbeckens und den Fällmittelbedarf zur Fällung von Phosphat bestimmt und können durch einen erhöhten Fremdwasserabfluss stärker beeinflusst werden. Die Betriebskosten und der Grad der Fremdwasserbeeinflussung sind dabei jedoch sehr stark vom Einzelfall abhängig.

Bei einem erhöhten Fremdwasseranfall können Abwasserbehandlungsanlagen ggf. nicht nach den Regeln der Technik betrieben werden. Dies kann Auswirkungen auf die Befreiung von der Abwasserabgabe haben, sodass hier zusätzliche Kosten entstehen.

In Tabelle 3 ist eine qualifizierte Beurteilung der Auswirkungen eines erhöhten Fremdwasseranteiles auf die Investitionen und die Betriebskosten der Abwasserentsorgung zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 3: Einfluss eines erhöhten Fremdwasseranteiles auf die Investitions- und Betriebskosten in der Abwasserentsorgung (nach MICHALSKA & PECHER 2000)

	Kostenstelle	Investitionen	Betriebskosten
Kanalisation	Schmutzwasserkanalnetz	↗ größere Nennweite bei FWZ > 100 % erforderlich	↘ bessere Spülwirkung, besonders in Anfangshaltungen
	Regenwasserkanalnetz	– i. d. R. keine Auswirkungen	– i. d. R. keine Auswirkungen
	Mischwasserkanalnetz	– i. d. R. keine Auswirkungen, außer bei starker Drosselung des Mischwasserabflusses	↘ tendenziell bessere Spülwirkung, besonders bei hohen Fremdwasserabflüssen
Sonderbauwerke	Schmutzwasser-, Regenwasser- und Mischwasserpumpwerke	↗ größere Förderleistung erforderlich	↑ Betriebskosten steigen proportional zum FWZ
	Regenrückhalteräume	– keine Auswirkung bei entsprechender Erhöhung des Drosselabflusses	– keine Auswirkung bei entsprechender Erhöhung des Drosselabflusses
	Regenüberlaufbecken/Stauraumkanäle	↑ erforderliches Beckenvolumen steigt auch bei Berücksichtigung des Fremdwasserabflusses im Drosselabfluss annähernd proportional zum FWZ	– keine Auswirkung am Sonderbauwerk bei entsprechender Erhöhung des Drosselabflusses
	Regenklärbecken ohne Dauerstau	– minimale Auswirkung bei entsprechender Erhöhung des Drosselabflusses, nachfolgende Anlagen sind allerdings entsprechend größer auszulegen	– keine Auswirkung am Regenklärbecken bei entsprechender Erhöhung des Drosselabflusses
	Regenklärbecken mit Dauerstau	(–) minimale Auswirkung, wasserwirtschaftliche Sinnhaftigkeit allerdings fraglich	(–) keine Auswirkung am Regenklärbecken, jedoch evtl. Probleme für das nachfolgende Gewässer
Kläranlage	hydraulisch bemessene Anlagenteile	↑ hydraulisch ausgelegte Anlagenteile müssen proportional zum FWZ vergrößert werden	↑ Betriebskosten der hydraulisch ausgelegten Anlagenteile steigen stark an
	biologische Abwasserreinigung	↓ theoretisch kleinere Behandlungsvolumina erforderlich bei konzentrationsbezogenen Ablaufanforderungen Anmerkung: Bei der Planung dürfen keine unzulässigen Verdünnungen angesetzt werden. ↑ größere Behandlungsvolumina erforderlich bei frachtbezogenen Ablaufanforderungen	↓ theoretisch geringere Betriebskosten bei konzentrationsbezogenen Ablaufanforderungen Anmerkung: Bei der Planung dürfen keine unzulässigen Verdünnungen angesetzt werden. ↑ höhere Betriebskosten bei frachtbezogenen Ablaufanforderungen
Sonstiges	Abwasserabgabe	nicht relevant	↗ die Abwasserabgabe steigt mit zunehmenden Fremdwasserabfluss an (landesspezifische Regelungen)
ANMERKUNGEN			
↘ leichte Kostensenkung ↑ starker Kostenanstieg – keine Kostenbeeinflussung			
↙ starke Kostensenkung ↗ leichter Kostenanstieg (–) vernachlässigbare Kostenwirkung			

6 Vorgehensweise zur Fremdwasserreduzierung

In den vorhergegangenen Abschnitten wurden die Ursachen von Fremdwasser und dessen Auswirkungen auf die Siedlungsentwässerung dargestellt. Im Folgenden geht es nun darum, eine Systematik für eine Vorgehensweise vorzustellen, um den Handlungsbedarf bei erhöhten Fremdwasserabflüssen zu erkennen, Schwerpunkte zu identifizieren, Fremdwasserquellen zu lokalisieren und den tatsächlichen Fremdwassereinfall zu quantifizieren sowie ein Fremdwassersanierungskonzept zu entwickeln. Am Ende steht dann ein angepasstes Programm zur Fremdwasserreduzierung einschließlich der notwendigen Erfolgskontrolle. Die empfohlene Vorgehensweise zum Umgang mit Fremdwasser ist in Bild 13 dargestellt.

Da erfahrungsgemäß nicht alle Kanalnetzteile gleichermaßen mit Fremdwasser belastet sind, erfolgt die Feststellung des Handlungsbedarfes im Hinblick auf eine Fremdwasserreduzierung in der Regel vom Groben zum Feinen. Es gilt die Devise, mit geringem Aufwand bereits vorhandenes Datenmaterial zur Ersteinschätzung zu nutzen. Beginnend bei der Kläranlage erfolgt die Fremdwasseranalyse über einzelne Regenbecken, Pumpwerke und sonstige Messpunkte bis zu den Kanalnetzteilen mit hohem Fremdwasserabfluss und damit zur Identifikation von Fremdwasserschwerpunkten.

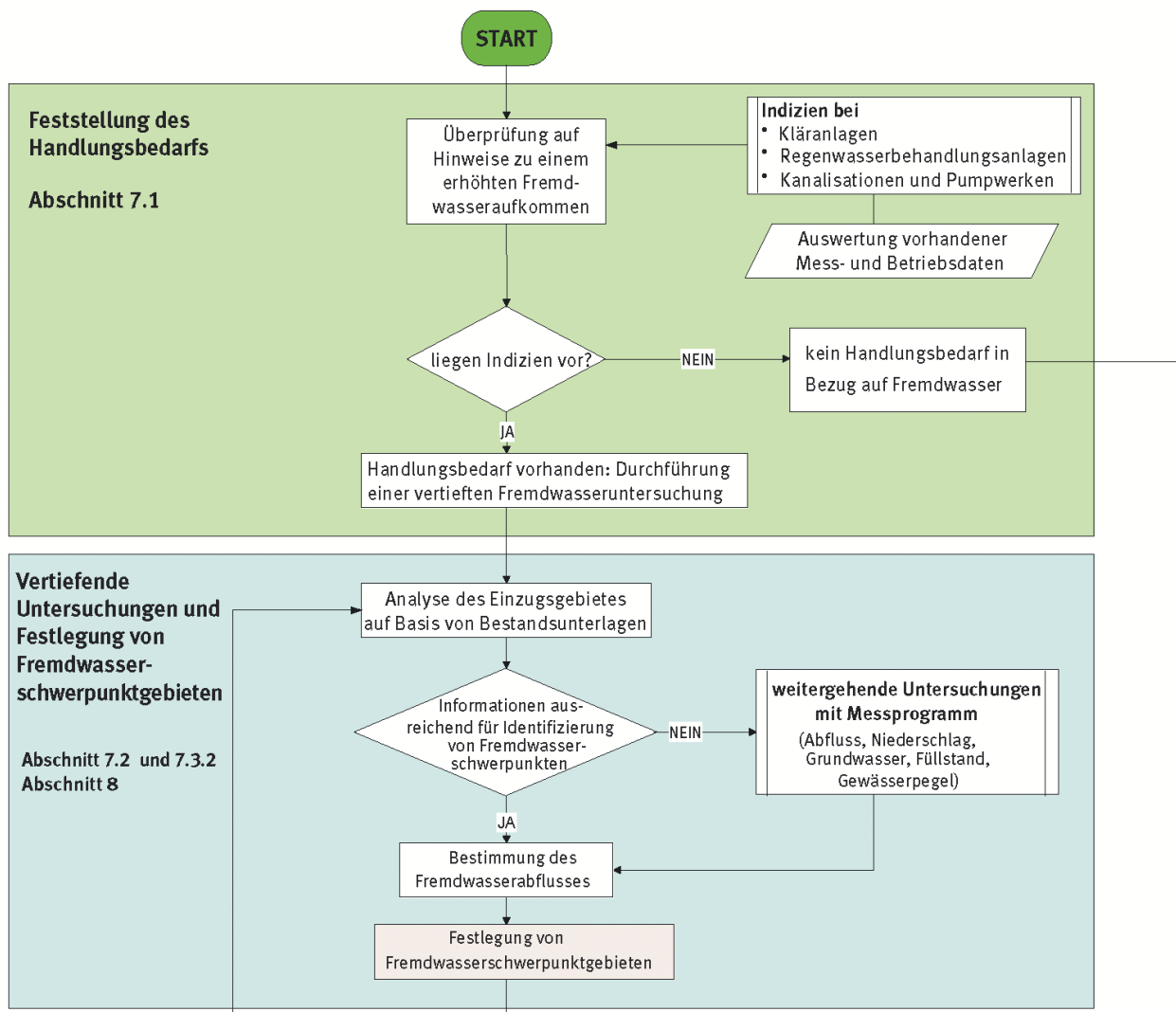


Bild 13: Vorgehensweise zur gezielten Fremdwasserreduzierung

Erste Hinweise zur Identifizierung von Entwässerungssystemen bzw. einzelner Netzteile mit einem überhöhten Fremdwasseranfall können sich bereits aufgrund von vorhandenen Betriebserfahrungen und Betriebsdatenaufzeichnungen ergeben. Zeigen die Betriebsdatenaufzeichnungen z. B. einer Regenwasserbehandlungsanlage, dass die Anlage extrem häufig entlastet oder sogar bei Trockenwetter über einen längeren Zeitraum eingestaut ist, können dies Indizien für ein Fremdwasserproblem sein. Solche Indizien sind in Abschnitt 7.1 näher aufgeführt. Für den Fall, dass keine Indizien für einen erhöhten Fremdwasserabfluss vorliegen, wird davon ausgegangen, dass hinsichtlich einer Fremdwasserreduzierung kein Handlungsbedarf besteht.

Für den Fall, dass Handlungsbedarf aufgrund auffälliger Indizien besteht, ist eine Ursachenanalyse und ggf. weitere Eingrenzung und Untersuchung der Fremdwassersituation erforderlich. Liegen keine ausreichenden Messdaten an Abwasseranlagen vor, die eine Auswertung der Fremdwassersituation ermöglichen, so ist ein weitergehendes Mess- oder Untersuchungsprogramm erforderlich. Im Rahmen einer solchen detaillierten Fremdwasseruntersuchung sollten der tatsächliche Fremdwasserabfluss aus dem Einzugsgebiet und seine Schwankungsbreite ermittelt werden sowie Fremdwasserschwerpunkte identifiziert werden.

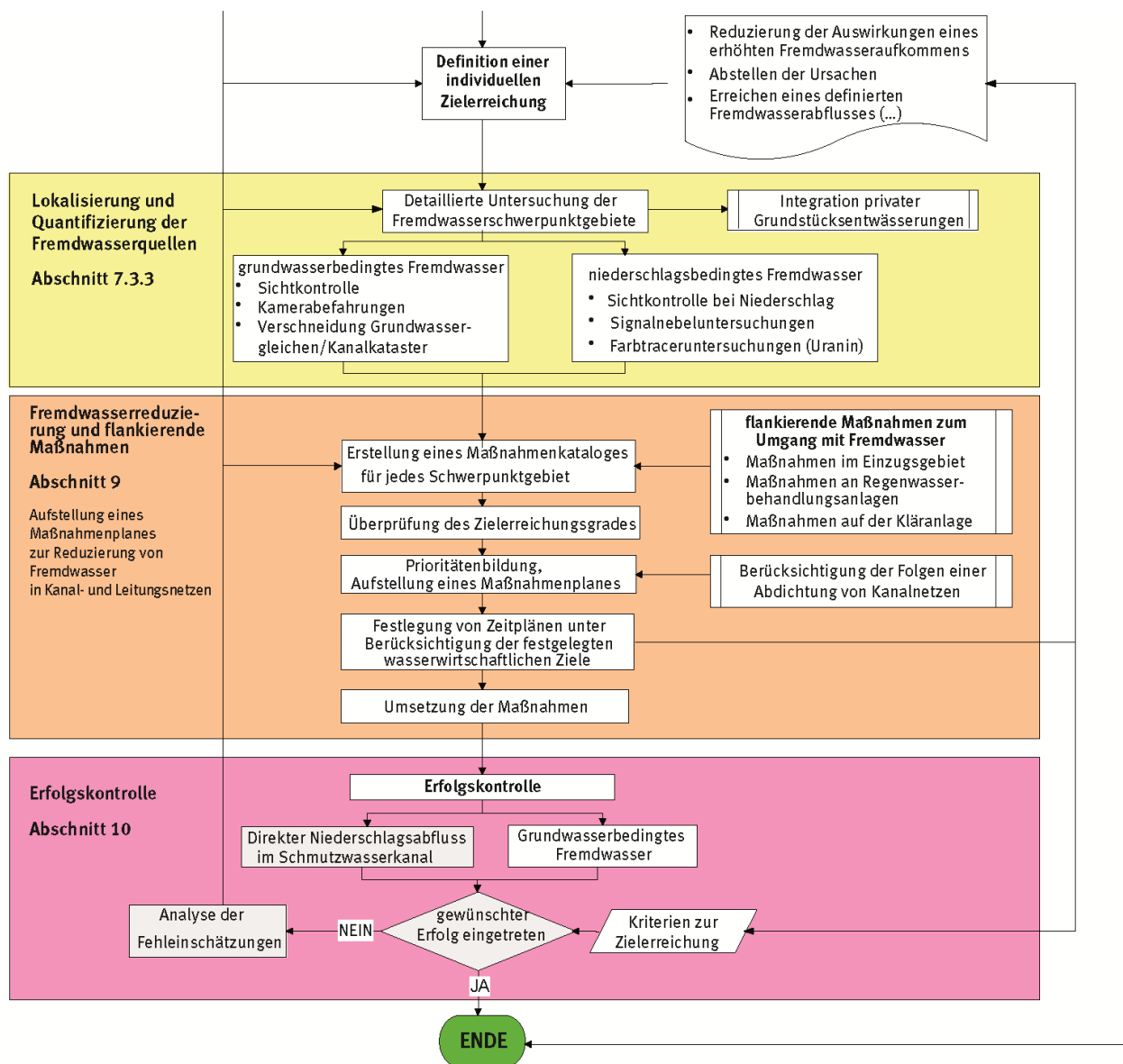


Bild 13 (fortgesetzt)

Zur Festlegung wirksamer Ansatzpunkte für eine erfolgversprechende Fremdwasserreduzierung sind die relevanten Fremdwasserquellen im Entwässerungssystem zu lokalisieren und eine Abschätzung ihres Anteiles am Gesamtaufkommen vorzunehmen. Gerade bei der Erhebung des Ist-Zustandes kommt einer umfassenden und möglichst lückenlosen Betrachtungsweise großes Gewicht zu. Nicht selten werden einzelne Teilaspekte übersehen, nicht in ausreichender Tiefe betrachtet oder gar bewusst ausgeblendet. Vor allem ist eine integrale Betrachtung von evtl. Defiziten im öffentlichen und privaten Kanalnetz unerlässlich. Naturgemäß ist eine eingeschränkte Betrachtungsweise für eine erfolgversprechende Fremdwasserreduzierung hinderlich.

Für eine nachhaltige Fremdwasserreduzierung und eine Überprüfung des Erfolges einer Fremdwasserreduzierung ist es außerdem zwingend erforderlich, zuvor individuelle wasserwirtschaftliche Ziele zu definieren. Dies kann beispielsweise eine Verminderung der bisher festgestellten negativen Auswirkungen des hohen Fremdwasserabflusses sein. Nur wenn konkrete Vorstellungen bestehen, welche Auswirkungen die aktuelle Fremdwassersituation hervorruft, können angemessene Ziele gesetzt und geeignete Maßnahmen zusammengestellt und abgewogen werden. Das gesteckte Ziel wird im Nachgang an die Maßnahmenumsetzung überprüft.

Nachdem eine Einschätzung zur Fremdwassersituation gewonnen und Fremdwasserschwerpunktgebiete identifiziert wurden, besteht die Aufgabenstellung darin, geeignete Maßnahmenprogramme zur Fremdwasserreduzierung zusammenzustellen und diese in Maßnahmenplänen auf Basis der festgelegten Ziele und Prioritäten in einen zeitlichen Rahmen zu bringen. Hierbei ist neben den klassischen Sanierungsmöglichkeiten auch ein möglicher Anstieg des Grundwassers zu berücksichtigen.

Nach Festlegung der Maßnahmen und Abschätzung der erwarteten Fremdwasserreduzierung wird empfohlen, die Auswirkungen mit vorhandenen wasserwirtschaftlichen Modellen für Kanalnetz, Schmutzfracht und Kläranlage integral zu untersuchen. Mit dem Arbeitsblatt DWA-A 100 „Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung (ISiE)“ liegt eine umfassende Beschreibung der Ziele und der Methodik der integralen Siedlungsentwässerung vor. Die integrale Untersuchung sollte üblicherweise ein komplettes Kanal- bzw. Kläranlageneinzugsgebiet umfassen und die Auswirkungen hinsichtlich Kanal, Niederschlagswasserbehandlungsanlagen und Kläranlage betrachten. Bei dieser Untersuchung können auch weitere Maßnahmen im Kanalnetz mit berücksichtigt und vorhandene Reserven im Kanalnetz und in der Kläranlage erkannt und genutzt werden.

Bei einer geplanten Fremdwasserreduzierung empfiehlt es sich, die politischen Gremien und die Öffentlichkeit frühzeitig in die Erstellung des Maßnahmenplanes einzubinden und das geplante Vorgehen mit den Aufsichtsbehörden abzustimmen. Um Akzeptanz für die erforderlichen Sanierungsmaßnahmen zu erhalten, hat es sich bewährt, zielgruppenspezifisch aufzuarbeiten, welche monetären, rechtlichen und umweltrelevanten Aspekte dafür sprechen, die aktuelle Fremdwassersituation nicht unverändert bestehen zu lassen. Erwartet wird zudem eine Darstellung der Auswirkungen auf die Abwassergebühr und ggf. auf den privaten Grundstückseigentümer, wenn die vorgesehenen Maßnahmen zum Tragen kommen. Insbesondere wenn eine ganzheitliche Sanierung angestrebt wird, ist es ratsam, die Bevölkerung zeitnah für die Problematik zu sensibilisieren, über die erforderliche Sanierung der kommunalen Kanalisation zu informieren und über die notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen an den Grundstücksentwässerungsanlagen zu beraten. Dabei sollte auch versucht werden die Grundstückseigentümer davon abzuhalten, unkoordinierte und ggf. nicht zielführende Sanierungsmaßnahmen vorzunehmen.

Spätestens nach Abschluss der Sanierungsmaßnahmen ist es Aufgabe der Erfolgskontrolle, die Zielerreichung zu kontrollieren. Sofern der gewünschte Erfolg nicht eingetreten ist, sind iterative Schritte vorzunehmen und je nach Ergebnis weitergehende Untersuchungen durchzuführen, Fremdwasserquellen zu lokalisieren oder aber auch die bisherige Umsetzung von beschlossenen Maßnahmenpaketen kritisch zu hinterfragen.

7 Feststellung des Handlungsbedarfes und Identifikation von Fremdwasserschwerpunkten

7.1 Hinweise zum Handlungsbedarf

7.1.1 Allgemeines

In den allgemein anerkannten Regeln der Technik werden keine konkreten Grenzwerte für einen zulässigen Fremdwasserabfluss genannt. Neben festgelegten Anforderungen zu Bau und Betrieb von Abwasseranlagen, zu denen z. B. die Dichtheit eines Kanalnetzes gehört, wird in der Abwasserverordnung (§ 3 Abs. 3 AbwV) festgelegt, dass die in den Anhängen festgelegten Anforderungen nicht durch „Verdünnung“ erreicht werden dürfen. Wann wiederum eine unzulässige Verdünnung entgegen dem Stand der Technik vorliegt, ist nicht bundesweit, sondern nur z. B. in Wasser- und Abwasserabgabengesetzen einiger Bundesländer festgelegt. Erreicht ein Kläranlagenbetreiber die festgesetzten Ablaufkonzentrationswerte nur durch „Verdünnung“, dann erfordert dies eine Reduzierung des Fremdwasseraufkommens. Gleichfalls ist bei einem erhöhten Fremdwasseraufkommen vielfach festzustellen, dass die Abwasseranlagen nicht das erwartete (regelkonforme) Betriebsverhalten aufweisen und daraus Belastungen für die Umwelt entstehen. Diese Anlagen entsprechen dann nicht den Regeln der Technik. Dies erfordert dann eine Ertüchtigung der Abwasseranlagen (soweit möglich) bzw. die Reduzierung des Fremdwasseraufkommens.

Für jeden Kläranlagen- und Kanalnetzbetreiber ist es unerlässlich, die eigene Fremdwassersituation und die wasserwirtschaftlichen und ökonomischen Auswirkungen zu kennen, um rechtliche Vorgaben einhalten zu können, einen adäquaten Gewässerschutz sicherzustellen und um im Interesse der Anschlussnehmer im Sanierungsfall möglichst kostengünstige Lösungen zu finden.

Im Rahmen einer Fremdwasseruntersuchung ist es daher sinnvoll, die stärker fremdwasserbehafteten Systeme zu identifizieren und primär dort Maßnahmen zur Verbesserung von negativen Umweltauswirkungen (z. B. unerlaubte Abschlüsse, unzulässige Ablaufkonzentrationen oder -frachten von Kläranlagen) einzuleiten. Aus diesem Grund sollte jeder Kläranlagen- und Kanalnetzbetreiber zunächst seine individuelle Situation anhand von Anhaltswerten einschätzen. Die Plausibilität der Eingangsdaten ist dabei entscheidend für die Qualität der Aussagen. Hinweise dazu werden aktuell von der DWA-Arbeitsgruppe ES-1.9 „Messdaten in Entwässerungssystemen“ erarbeitet und in das geplante Merkblatt DWA-M 151 aufgenommen.

Nachfolgend werden für die Betriebsbereiche Kläranlage, Regenwasserbehandlungsanlagen, Pumpwerke und Kanalnetz einzelne, einfach zu überprüfende Indizien genannt, die auf einen erhöhten Fremdwasseranfall hindeuten können. Bei Vorliegen eines oder mehrerer solcher Indizien für einen stark erhöhten Fremdwasseranfall ist eine detailliertere Untersuchung der Fremdwassersituation sowie der daraus resultierenden Umweltauswirkungen erforderlich.

7.1.2 Indizien bei Kläranlagen

Die Auswertung von Kläranlagenbetriebsdaten kann einen ersten Hinweis auf die Höhe des Fremdwasseranfalls im Einzugsgebiet geben. Für die Identifizierung von fremdwasserbelasteten Einzugsgebieten sollte ein möglichst langer Zeitraum (mindestens ein Jahr) ausgewertet werden. In mischkanalisierten Einzugsgebieten werden dabei nur Trockenwettertage berücksichtigt, während bei einer Trennkanalisation im Einzugsgebiet die Trocken- und Regenwettertage jeweils separat zu betrachten sind. Die Beurteilung erfolgt anhand von daraus abgeleiteten Monatsmittelwerten, wobei der Monat mit dem jeweils ungünstigsten Wert für eine Erstbeurteilung maßgebend ist.

Hohe Fremdwasserabflüsse führen zu einer höheren hydraulischen Kläranlagenbelastung. Bei hauptsächlich häuslich geprägten Einzugsgebieten ist daher die Überschreitung des

- mittleren monatlichen einwohnerspezifischen Trockenwetterabflusses: $Q_{T,d,mm} > 250 \text{ l/(EW} \cdot \text{d)}$

ein Indiz für einen überhöhten Fremdwasseranfall.

Geringe Schmutzstoffkonzentrationen im zufließenden Abwasser können ebenfalls einen erhöhten Fremdwasseranfall im Einzugsgebiet anzeigen. Durch die Verdünnung des Schmutzwassers mit dem gewöhnlich nicht behandlungsbedürftigem Fremdwasser sinkt mit zunehmendem Fremdwasseranteil die Konzentration der rohabwassertypischen Schmutzstoffparameter. Bei hauptsächlich häuslich geprägtem Abwasser ist die Unterschreitung folgender Zulaufkonzentration deshalb ein Indiz für einen kritischen Fremdwasseranfall:

- Chemischer Sauerstoffbedarf: $C_{CSB,mm} < 250 \text{ mg/l}$

Die Konzentration sollte möglichst im Zulauf der Kläranlage vor der Vorklärung erfasst werden. Erfolgt die Beprobung jedoch erst nach der Vorklärung, so muss der genannte Anhaltswert um den Wirkungsgrad der Vorklärung abgemindert werden.

In Regionen mit ausgeprägter landwirtschaftlicher Flächenbewirtschaftung kann das Grundwasser und damit auch das grundwasserbedingte Fremdwasser stark mit Nitraten belastet sein. Wegen der üblicherweise gerin-

gen Nitratkonzentration im Schmutzwasser kann die Nitratkonzentration im Kläranlagenzulauf, insbesondere bei einem deutlich häuslich geprägtem Abwasser, ein Indiz für einen überhöhten Fremdwasseranfall sein. Bewertet wird hier der Monatsmittelwert mit der höchsten Nitratkonzentration im Kläranlagenzulauf. Bei hauptsächlich häuslich geprägtem Abwasser ist die Überschreitung folgender Zulaufkonzentration deshalb ein Indiz für einen kritischen Fremdwasseranfall:

- Nitrat: $C_{\text{NO}_3\text{-N,mm}} > 5 \text{ mg/l}$

Die genannten Werte basieren auf der Betrachtung von kommunalen Einzugsgebieten mit im Wesentlichen häuslichen oder diesem in seiner Charakteristik ähnlichen Schmutzwasseranfall. Ist das anfallende Schmutzwasser jedoch stark industriell geprägt, sind die genannten Zusammenhänge nur bedingt übertragbar. Hier wird empfohlen, falls möglich, den industriellen Einfluss für eine Erstabschätzung zu quantifizieren und eine Individualbetrachtung anzustellen.

7.1.3 Indizien bei Regenwasserbehandlungsanlagen

Bei Regenüberlaufbecken und Stauraumkanälen im Mischsystem kann das Betriebsverhalten ebenfalls deutliche Hinweise auf kritische Fremdwasserhältnisse im oberhalb liegenden Einzugsgebiet geben. Beispiele hierfür sind häufige und lang andauernde Entlastungen und lange Entleerungszeiten. Signifikante Abweichungen des Betriebsverhaltens gegenüber dem Soll- bzw. Planungszustand bei der Anlagenbemessung nach den Regeln der Technik können durch einen im zugehörigen Teileinzugsgebiet überhöhten und bei der Bemessung nicht berücksichtigten Fremdwasserabfluss verursacht sein. Ein weiteres Indiz bei Einzugsgebieten mit mehreren Behandlungsanlagen ist ein sehr ungleichmäßiges Entlastungsverhalten der Anlagen. Denkbar sind auch andere Ursachen für das abweichende Betriebsverhalten, wie z. B. eine falsche Drosseleinstellung, ein falsch eingeschätzter Schmutzwasserabfluss, eine falsche Annahme zur angeschlossenen Einzugsgebietsgröße oder ein fehlerhafter Anlagenbetrieb.

Indizien für einen überhöhten Fremdwasseranfall sind insbesondere bei Überschreitung folgender Betriebswerte von Entlastungsanlagen im Mischsystem gegeben:

- Anzahl der Tage mit Entlastungen $> 30 \text{ d/a}$
- Überlaufdauer bei Fangbecken $> 150 \text{ h/a}$
- Überlaufdauer bei Durchlaufbecken $> 300 \text{ h/a}$
- Speicherentleerungsdauer nach Niederschlagsende $> 24 \text{ h}$

Die Auswertung ist dabei entsprechend Merkblatt ATV-DVWK-M 177 vorzunehmen.

7.1.4 Indizien bei Kanalisationen und Pumpwerken

Erste Hinweise für einen erhöhten Fremdwasseranfall können sich ergeben aus:

- Befragungen des Kanalbetriebes zu bekannten Fremdwasserquellen,
- Beobachtungen von Rückstau- bzw. Überflutungseignissen im Schmutzwasserkanalnetz eines Trennsystems,
- Kenntnis von unzulässigen Entlastungen aus dem Schmutzwasserkanalnetz,
- Beobachtung von eindringendem Grundwasser oder klaren Zuflüssen aus den seitlichen Anschlüssen bei der Sichtung von Videos aus Kamerabefahrungen z. B. im Rahmen der Selbstüberwachung.

Werden Pumpwerke abweichend von den Planungsansätzen belastet, lässt sich dies aus dem Betriebsverhalten ableiten. Generelle Aussagen zu fremdwasser verursachten Betriebsbesonderheiten sind schwierig, da hier die spezifische Pumpwerksauslegung großen Einfluss hat. Folgende Indizien sprechen aber dennoch für einen überhöhten Fremdwasseranfall:

- Dauerbetrieb der Schmutzwasserpumpen bei Trockenwetter im Trenn- und Mischsystem,
- deutlicher Unterschied der Pumpenlaufzeiten bei Trockenwetter in den Sommer- und Wintermonaten,
- deutlicher Unterschied der Pumpenlaufzeiten an Trocken- und Regenwettertagen bei Schmutzwasserpumpwerken im Trennsystem.

7.2 Analyse des Einzugsgebietes

Nachdem mithilfe der Indizien ein mögliches Fremdwasserproblem festgestellt wurde, ist eine detaillierte Ursachen- und Problemanalyse erforderlich. Sofern sich erhöhte Fremdwasserzuflüsse als Problemursache herausstellen, ist eine detaillierte Fremdwasseruntersuchung für das betroffene Einzugsgebiet durchzuführen. Zu Beginn einer Fremdwasseruntersuchung ist dabei eine Analyse der vorliegenden Daten des hydrologisch wirksamen Einzugsgebietes vorzunehmen. Darüber hinaus liefert die Begehung des Einzugsgebietes wertvolle Hinweise.

Tabelle 4 gibt einen zusammenfassenden Überblick über wichtige Informationen zur Analyse des Einzugsgebietes in der Reihenfolge ihrer Relevanz bezüglich der Fremdwasserlokalisierung und -quantifizierung.

Auf Basis der durchgeführten Analyse des Einzugsgebietes ist zu entscheiden, ob die gesammelten Informationen für eine hinreichende Identifikation von Fremdwasserschwerpunkten ausreichen und damit direkt die Maßnahmenplanung zur Fremdwasserreduzierung erfolgen kann oder, ob weitergehende detaillierende Untersuchungen erforderlich sind. Für die Bearbeitung empfiehlt sich der Einsatz eines Geografischen Informationssystems (GIS). Mit diesem können Informationen gezielt selektiert, generiert und abgerufen werden.

Tabelle 4: Relevante Informationen zur Analyse des Einzugsgebietes

Rang	Daten und Kenngröße	Relevanz ^{*)}	
		zur Fremdwasserlokalisierung und -quantifizierung	für die Maßnahmenplanung
1	Vorhandene Unterlagen zur öffentlichen Kanalisation (Bestands- und Katasterpläne, Kanalbefahrungs- und Schadensberichte), Informationen zu durchgeführten Sanierungsmaßnahmen → Grundlage für alle weiteren Planungen der Abflussmessungen, Vor-Ort-Untersuchungen und Sanierungsmaßnahmen	+	+
2	Messwerte vorhandener Abflussmessungen, Kläranlagenzuläufe, Aufzeichnungen von Pumpwerken, Entlastungsdaten von Regenbecken, Niederschlagsdaten und Auswertung des Fremdwasserabflusses (siehe Abschnitt 8) → Liefert erste Indizien über Fremdwasserschwerpunktgebiete. Kann dazu dienen die künftigen Vor-Ort-Untersuchungen oder Messkampagnen zu fokussieren	+	0
3	Erste orientierende Begehung, ggf. verbunden mit Gesprächen mit Anliegern → Kenntnisse zur Struktur des Einzugsgebietes, Besonderheiten im Einzugsgebiet (Einschätzung der Abflüsse im Kanalnetz, Außengebiete, Gewässer, Vernässungsgebiete etc.)	+	0
4	Betriebserfahrungen des Kanal- und Kläranlagenbetriebspersonals zu Fremdwasseranfall und -herkunft sowie historischen Entwicklungen des Netzes → Liefert erste Indizien über Fremdwasserschwerpunktgebiete. Kann dazu dienen, die künftigen Vor-Ort-Untersuchungen oder Messkampagnen zu fokussieren. Gezielte Nachfrage bei identifizierten Schwerpunkten.	+	0
5	Einzugsgebietsdaten (Flächendaten, Einwohnerzahl, spezifischer Wasserverbrauch, betriebliche Schmutzwasserproduktion, aktuelles Kartenmaterial zur Topografie, Gewässer, Überschwemmungsgebiete) → Grundlage für die Auswertung der Messdaten zur Bestimmung des Fremdwasserabflusses	+	–
6	Angaben zu Grundwasserständen und -verläufen (jahreszeitliche Schwankungen), Geologie und Hydrogeologie, Aufzeichnungen zu Überflutungsflächen → Abschätzung des Risikos eines Grundwasseranstieges, Beweissicherung. Hinweise zu möglichen Eintrittspfaden von Oberflächenwasser in das Kanalnetz	0	+

Tabelle 4 (fortgesetzt)

Rang	Daten und Kenngröße	Relevanz ^{*)}	
		zur Fremdwas- serlokalisierung und -quantifizierung	für die Maßnahmen- planung
7	Historisches Kartenmaterial zum Untersuchungsgebiet, zu Topografie, Bebauung und Infrastruktur, Gewässern im Einzugsgebiet, Straßennamen mit Wasserbezug (z. B. In den Weiden, Bruch, Broich, Siefen, Seifen) → Auffindung von Fremdwasserquellen und Planung von Sanierungsmaßnahmen	0	+
8	Informationen zur Grundstücksentwässerung (Dichtheit, Dränagen, Brauchwassernutzungsanlagen, Brunnen, Versickerungsanlagen) → Auffindung von Fremdwasserquellen und Planung von Sanierungsmaßnahmen	0	+
9	Digitales Geländemodell (DGM) → Liefert ggf. Hinweise auf mögliche Eintrittspfade von Oberflächenwasser in Mulden und Senken im Bereich unbefestigter Flächen, hochauflösendes DGM (mind. 5 m x 5 m Raster) erforderlich	0	–
ANMERKUNGEN			
*) Relevanz: + wichtig 0 kann wichtig werden – weniger wichtig			

7.3 Weitergehende Untersuchungen

7.3.1 Allgemeines

Wenn die Analyse der vorliegenden Daten des Einzugsgebietes keine Festlegung von Schwerpunktgebieten ermöglicht, sind weitergehende Untersuchungen vorzunehmen.

Der Umfang weitergehender Untersuchungen ist im Wesentlichen abhängig von der Größe des Untersuchungsgebietes. Zur weitergehenden Lokalisierung von Fremdwasserquellen in kleinen Gebieten bietet sich die Durchführung einer optischen Inspektion an. Diese ist allerdings nur zielführend, wenn sie auch zu Zeiten mit hohem Fremdwasserabfluss durchgeführt wird. Dazu sollte die kurz-, mittel- und langfristige Schwankungsbreite des Fremdwasserabflusses grundsätzlich bekannt sein, um den Zeitpunkt der optischen Inspektion für aussagekräftige Ergebnisse richtig zu wählen.

In kleinen Netzteilen des Schmutzwasserkanalnetzes eines Trennsystems lassen sich darüber hinaus durch die Zugabe von Farbracern bzw. durch Benebelung meist auf relativ einfache Weise Regenwasserfehlanschlüsse orten.

Bei großen Gebieten scheiden die vorgenannten Methoden im ersten Bearbeitungsschritt meist aus Aufwands- und Kostengründen aus, sodass für weitergehende detaillierte Untersuchungen empfohlen wird, ein Messprogramm zur Fremdwasserbestimmung aufzulegen. Ziel des Messprogramms muss es sein, den tatsächlichen Fremdwasserabfluss aus dem Einzugsgebiet sowie seine kurz-, mittel- und langfristige Schwankungsbreite und seine örtliche Verteilung zu bestimmen bzw. abzuschätzen.

Dabei sollten auch einzelne Quellen mittels Handmessung oder Kamerabefahrung identifiziert und quantifiziert werden. Solche Fremdwassermesskampagnen sollten wegen ihres meist hohen Aufwandes als Stufenprogramme (sukzessiv vom Groben ins Feine) geplant werden.

7.3.2 Messprogramm zur Fremdwassererfassung

Zur detaillierenden Erfassung von Fremdwasser sind – insbesondere bei großen Gebieten – weitergehende Messungen des Abflusses im Kanalnetz und des Niederschlages im Einzugsgebiet erforderlich. Weiterhin können Füllstandsmessungen an Entlastungsbauwerken zur Erfassung des Einstau- und Entlastungsverhaltens sowie Messungen des Grundwasserstandes sinnvoll bzw. notwendig sein. Zu Messmethoden, Messtechnik und Messverfahren wird auf das Merkblatt DWA-M 181 verwiesen. Fremdwasser-Messprogramme werden dort in Abschnitt 4.4 nach der Messdauer in:

- Temporärmessung (Dauermessung, Langzeitmessung, Kurzzeitmessung) und
- Einzelmessung

unterschieden.

Unter einer **Dauermessstelle** wird, unabhängig von der Fremdwasser-Thematik, eine dauerhaft auf der Kläranlage oder im Kanalnetz vorhandene und betriebene Messeinrichtung verstanden. Die Lang- und Kurzzeitmessungen sind zeitlich begrenzt und dienen einem besonderen Zweck, z. B. der Feststellung der Fremdwassersituation. Einzelmessungen werden zum Aufspüren von Fremdwasserquellen von Fall zu Fall durchgeführt.

In der Regel wird auf größeren Kläranlagen der Zufluss kontinuierlich und in hoher zeitlicher Auflösung gemessen. Zur Messung des Zuflusses gibt es ein besonderes, hydraulisch gestaltetes Messbauwerk mit recht aufwendigen Messgeräten am Kläranlageneinlauf. Die Anlage wird vom Kläranlagenpersonal überwacht. Es handelt sich also um eine **Dauermessung**.

Die Zuflussdaten werden für den ordnungsgemäßen Betrieb und eine optimale Steuerung der Kläranlage benötigt. Die Daten der Zuflussmessung werden in der Regel statistisch aufbereitet und abrufbar gespeichert, z. B. als mittlerer stündlicher, täglicher, monatlicher und jährlicher Zufluss. Extremwerte wie nächtliche Minima und Maxima bei Regenwetter lassen sich bei geeigneter Datenarchivierung auch nachträglich aus dem Datenvorrat herausfiltern.

Die auf der Kläranlage vorhandenen Zuflussmessdaten sind im Allgemeinen von hoher Datendichte und Genauigkeit. Sie sind deshalb der wertvollste Datenvorrat für die Beurteilung der Fremdwasserproblematik des Gesamtsystems „Kanalnetz – Kläranlage“. Jede Fremdwasserstudie, die nach dem Ansprechen der Indizien gemäß Abschnitt 7.1 gestartet wird, sollte mit einer Langzeit-Analyse der vorhandenen Zuflussdaten der Kläranlage beginnen.

Zeigt die Analyse der Zuflussdaten der Kläranlage Hinweise auf vorhandene Fremdwasserprobleme, ist der zweite Schritt zu tun, nämlich herauszufinden, wann und woher das Fremdwasser kommt. Um an Messdaten aus dem Kanalnetz heranzukommen, sollte zuerst geprüft werden, ob dazu bereits vorhandene stationäre Einrichtungen mitbenutzt werden können, z. B. Messvorrichtungen an den Übergabepunkten von Teilgemeinden an Hauptsammlern von Sammelkläranlagen, an Regenbecken oder an Pumpwerken und sonstigen Sonderbauwerken. Weiterhin sind vorhandene Niederschlagsmesser, Gewässerpegel und Grundwasserpegel einzubeziehen.

Die **Dauermessstellen** werden über die gesamte Projektlaufzeit betrieben und ausgewertet. Um den Erfolg einer Fremdwasserreduzierung statistisch nachweisen zu können, müssen Messwerte von Zeiträumen von mehreren Jahren vor und nach der Sanierung gegenübergestellt werden. Diese Daten können nur zentrale Dauermessstellen liefern. Als Mindestnachweiszeit ist von einer Dauer von je drei Jahren vor und nach der Fremdwasserreduzierung auszugehen. Für einen beweiskräftigen Erfolgsnachweis wären sogar zehn oder mehr Messjahre erforderlich, siehe auch Abschnitt 10 (Erfolgskontrolle).

Finden sich nicht oder nicht im ausreichendem Umfang derartige, bereits existierende Messstellen, erfolgt die Planung der Einrichtung weiterer **temporärer Messstellen** an strategischen Punkten. Zur systematischen räumlichen Eingrenzung der Fremdwasserentstehung werden zunächst wichtige Knotenpunkte im Kanalnetz als Messstellen ausgewählt. Dazu bieten sich beispielsweise die Teileinzugsgebiete der Regentlastungen oder außerhalb des Haupteinzugsgebietes gelegene Teilorte an. In einem weiteren Schritt werden besonders fremdwassergefährdete Kanalabschnitte, wie z. B. Düker und Gewässerquerungen oder Kanalverläufe dicht und parallel neben Bächen und Flüssen und nahe an Ufern von Teichen und Seen untersucht. Zum Auffinden strategischer Punkte im Kanalnetz hat sich dabei die Befragung des Betriebspersonals als sehr wertvoll erwiesen.

Für die Auswahl der potenziellen weiteren temporären Messstellen ist eine Ortsbegehung zwingend erforderlich. Es sind die baulichen und betrieblichen Merkmale, z. B. gute Zugänglichkeit des Einstiegschachtes oder hydraulische Eignung zu beurteilen. Die Ortskenntnis ist auch wichtig für die Wahl des Messverfahrens. In der Regel wird man temporäre Messstellen mit mobilen Messgeräten ausstatten. Bei der Ortsbegehung sollte auch eine erste optische Einschätzung des Abwasserabflusses hinsichtlich seiner Quantität und seines Aussehens an der Messstelle erfolgen (z. B. viel klares Wasser).

Je nach Größe des Netzes können, jeweils stromaufwärts wandernd, weitere Detaillierungen notwendig werden. Da die Anzahl der potenziellen Fremdwasserquellen um

so mehr zunimmt, je näher man dem Außenrand des Einzugsgebietes kommt, aber gleichzeitig der absolute Fremdwasserabfluss abnimmt, ist es schwierig zu entscheiden, wie viele, wo und wann weitere temporäre Messstellen eingerichtet werden sollen. Der Messaufwand sollte eine gewisse Erfolgchance haben. Wegen dieser Einschränkungen können am Rande des Einzugsgebietes nur **Temporärmessungen** mit überschaubarer Messdauer sinnvoll sein.

Zur Quantifizierung des Fremdwasserabflusses von einzelnen Teileinzugsgebieten sollten **temporäre Langzeitmessungen** mit einer Dauer von mindestens drei Monaten, besser neun bis zwölf Monaten, durchgeführt werden, und es sollte unbedingt gleichzeitig eine repräsentative Dauermessstelle zur Einordnung der Messungen in das Abflussspektrum existieren. Für eine schlüssige Beurteilung der Fremdwassersituation sollten im Idealfall die Messungen an allen zu vergleichenden Messstellen im gleichen Zeitraum erfolgen. Es ist darauf zu achten, dass bei Mischwasserkanalisationen zur Ermittlung des grundwasserbedingten Fremdwasseranfalles einschließlich der Bach- und Quellwasserzuflüsse die Messungen in der vegetations- und verdunstungsarmen Jahreszeit bei Trockenwetter (Beachtung des Regennachlaufes) und möglichst hohen Grundwasserständen (Dezember bis April) erfolgen. Die Ermittlung des niederschlagsbedingten Fremdwasseranfalles im Schmutzwassernetz des Trennsystems sollte dagegen bei möglichst niedrigen Grundwasserständen (Juni bis Oktober) und mittleren Niederschlägen erfolgen. Bei Starkregenereignissen besteht die Gefahr der hydraulischen Überlastung des Schmutzwasserkanals mit evtl. Überläufen ins Regenwasserkanalnetz, Abschlagen ins Gewässer oder Rückstau, sodass der Niederschlagsabfluss dann nicht vollständig erfasst werden kann.

Zur Eingrenzung einzelner Fremdwasserquellen oder Fremdwasserschwerpunktgebiete können weitere, **temporäre Kurzzeitmessungen** sinnvoll sein. Die Dauer richtet sich nach den individuellen Randbedingungen und der jeweiligen Fragestellung. Um z. B. den Wochenrhythmus und das Nachtminimum erkennen zu können, sollten die dazu verwendeten Messgeräte mindestens eine Woche lang in Betrieb sein.

Grundvoraussetzungen für verwertbare Ergebnisse temporärer Durchflussmessungen sind ablagerungsfreie, saubere und – je nach Messmethode – nicht rückstaubeinflusste Messstellen. Auf die Einhaltung der Einbaubedingungen der Sensoren ist zu achten. Eine Kalibrierung der Messeinrichtung ist notwendig. Hier ist zu beachten, dass bei der Ermittlung des Fremdwasserabflusses im Regelfall das untere Abflussspektrum gesucht wird und die Kalibrierung damit nicht auf Basis der Spitzenabflüsse erfolgt. Andere Aufgabenstellungen können sich im Schmutzwasserkanal des Trennsystems ergeben, wenn Spitzenabflüsse infolge von Regenwasserfehlanschlüssen gesucht werden.

Als weitere Methode zur Eingrenzung einzelner Fremdwasserquellen haben sich in der Praxis auch **Einzelmessungen** bewährt. Hierbei sollte ausgehend von der Dauer- oder Temporärmessung das Netz stromaufwärts abgesprochen und der Abfluss an signifikanten Knotenpunkten gemessen werden. Sinnvoll ist eine Wiederholung der Einzelmessungen zu anderen Zeitpunkten.

An Kontrollpunkten, bei denen alle Indizien für Fremdwasser fehlen, kann auf den Einsatz von Messgeräten verzichtet werden. Es genügt sogar oft, den Abfluss zu schätzen, mit einem Zollstock den Kanaldurchmesser und die Abflusstiefe zu messen und ein Foto zu machen. Sinnvoll ist eine Nachprüfung dieser Kontrollpunkte in größeren Zeitabständen.

Zur Interpretation von Abflussmessungen im Kanalnetz sollte während der Messperiode auch immer der Füllstand sowie das Entlastungsverhalten oberhalb liegender Becken erfasst werden, da das Rückhalte- und Entlastungsverhalten von Becken den Abfluss im unterhalb liegenden Netz beeinflusst. Bei länger andauerndem Beckeneinstau oder länger andauernden Entlastungen aus dem Becken kann ansonsten die rechnerische Auswertung der unterhalb liegenden Abflussmessung zu einer Fehleinschätzung des Fremdwasserabflusses an dieser Messstelle führen.

Analog ist zu prüfen, ob an Pumpwerken eine ausreichende Dokumentation der Weiterleitungsmenge vorliegt. Gegebenenfalls ist während der Messperiode der Einbau ergänzender Messeinrichtungen zur Erfassung der Förderströme sinnvoll.

Da der Fremdwasseranfall häufig mit dem Grundwasserstand korreliert, sollte der Grundwasserstand immer parallel zu den Abflussmessungen ausgewertet werden. Gegebenenfalls kann hier auf amtliche Grundwasserpegelmessungen zurückgegriffen werden. Liegen solche Informationen nicht vor, kann eine zusätzliche Messung des Grundwasserpegels im Einzugsgebiet sinnvoll werden. Auch können in Auenlagen die Gewässerpegel als Indikator für den Stand des Grundwasserspiegels herangezogen werden.

Zur Feststellung der Zusammenhänge zwischen Niederschlagsgeschehen und Fremdwasseranfall wird parallel zur Abflussmessung im Kanal immer eine ortsnahe Niederschlagsmessung, ggf. ergänzt um eine Temperaturmessung (Differenzierung Regen, Schnee etc.), empfohlen. Bei größeren Einzugsgebieten oder bekannten, lokal stark unterschiedlichem Niederschlagsverhalten sind mehrere Niederschlagsmessungen erforderlich, um die regionale Verteilung zu berücksichtigen. Gegebenenfalls kann auch auf Radardaten zur Niederschlagsverteilung im Einzugsgebiet zurückgegriffen werden.

Die Auswertung der durch Dauer-, Temporär- oder Einzelmessung gewonnen Messdaten wird in Abschnitt 8 (Fremdwasserbestimmung) behandelt.

7.3.3 Lokalisierung der Fremdwasserquellen

7.3.3.1 Allgemeines

Nach Abschluss der Messungen sollten die Teileinzugsgebiete mit erhöhtem Fremdwasseranfall identifiziert worden sein. In den Schwerpunktgebieten sind nun weitere Untersuchungen zur Lokalisierung der Fremdwasserquellen sowie deren Zutrittspfade erforderlich. Durch die Auswertung der Abflussmessungen kann eine Ganglinienanalyse dabei erste Hinweise auf die potenziellen Fremdwasserquellen (grundwasserbedingt oder niederschlagswasserbedingt) geben.

Bei den weiteren Untersuchungen sind neben der öffentlichen Kanalisation die privaten Grundstücksentwässerungssysteme unbedingt mit einzubeziehen.

Im Rahmen von weiteren Begehungen sollten die Netzknotenpunkte in den Schwerpunktgebieten untersucht werden. In Abhängigkeit der Ganglinienanalyse erfolgt im Trennsystem die Begehung bei fehlangeschlossenen Flächen bei Niederschlag, bei grundwasserbedingtem Fremdwasser bei Trockenwetter und hohem Grundwasserstand (Winterhalbjahr). Im Mischsystem erfolgt die Begehung an Trockenwettertagen in Zeiten hoher Grundwasserstände.

Über die Ergebnisse der Lokalisierung ist eine aussagekräftige Dokumentation zu erstellen. Die gefundenen Fremdwasserquellen sind dabei zusammenzustellen und hinsichtlich ihrer „Bedeutung“ für den nachgewiesenen Fremdwasseranfall zu gewichten. Daraus kann eine Prioritätenliste für die notwendigen Sanierungsmaßnahmen abgeleitet werden.

7.3.3.2 Grundwasserbedingte Fremdwasserquellen im Misch- und Schmutzwasserkanal

Sofern Aussagen über die Grundwasserstände (Grundwassergleichen/-pegel) im Untersuchungsgebiet vorliegen, können durch eine Verschneidung mit der Tiefenlage des Kanalnetzes bereits im Vorfeld mögliche Schwerpunktgebiete lokalisiert werden.

Im Weiteren ist die TV-Inspektion (Kamerabefahrung) das wichtigste Hilfsmittel bei der Lokalisierung der Eintrittspfade für grundwasserbedingtes Fremdwasser einschließlich Bach- und Quellwassereinleitungen sowie von fehlangeschlossenen Dränagen. Die folgenden Hinweise sollten dabei beachtet werden:

- Die Untersuchung muss zu einem Zeitpunkt mit hohem Fremdwasserabfluss durchgeführt werden. Hierzu ist ein Abgleich mit den Messwerten der Daueremissionsstelle vorzunehmen. Dies erfordert oftmals ei-

nen mittel- bis kurzfristigen Kameraeinsatz, meist in den Winter- und Frühjahrsmonaten.

- Sowohl beim Mischsystem als auch beim Trennsystem ist die Untersuchung unbedingt bei Trockenwetter durchzuführen.
- Kanäle, Leitungen und Schächte, bei denen eine optische Inspektion zur Lokalisierung der Fremdwasserquellen nicht möglich ist (z. B. aufgrund baulicher Gegebenheiten oder wegen sehr kurzfristigen Fremdwasserschwankungen), können z. B. durch eine Druckprüfung auf Dichtheit untersucht und damit auf das mögliche Vorhandensein von potenziellen Fremdwasserquellen geprüft und eingegrenzt werden.

Können entlegene Bereiche der privaten Leitungen nicht mit einer Kamera erreicht werden, können auch Gespräche mit den Grundstückseigentümern bzw. eine Durchsicht der Hausakten sinnvolle Hinweise geben.

7.3.3.3 Niederschlagsbedingtes Fremdwasser im Schmutzwasserkanal der Trennkanalisation

Das Signalnebelverfahren (Benebelung) sowie der Einsatz von Tracern sind die wichtigsten Hilfsmittel bei der Lokalisierung von niederschlagsbedingtem Fremdwasser in der Schmutzwasserkanalisation. Die folgenden Hinweise sollten dabei beachtet werden:

- Beim **Signalnebelverfahren** wird die zu untersuchende Haltung mit einem geruchsneutralen Signalnebel beaufschlagt. An Fehllanschlüssen, wie z. B. Regenfallrohren, Bodeneinläufen, tritt der Nebel aus. Die Privatgrundstücke müssen hierzu in der Regel nicht betreten werden. Die Ergebnisse sind fotografisch und in einer Lageplanskizze (Grundlage z. B. DGK5 oder Kataster) zu dokumentieren. Bei vorhandenen Geruchsverschlüssen versagt diese Methode allerdings.
- Bei **Farbtraceruntersuchungen** wird fluoreszierendes Färbemittel (z. B. Uranin) in potenzielle Fremdwasserzutrittspunkte eingebracht. Im öffentlichen Kanalnetz wird der Eintritt beobachtet. Die Privatgrundstücke müssen hierzu allerdings betreten werden.

Neben den oben dargestellten Verfahren können folgende Auswertungen und Beobachtungen Hinweise auf niederschlagsbedingtes Fremdwasser geben:

- Durch **Begehung** des Untersuchungsgebietes bei Regenwetter können Fremdwasserzutritte über Schächte sowie die Abflusswirksamkeit von Außengebietseinzugsflächen ggf. visuell aufgrund der Oberflächenabflusswege lokalisiert werden.
- Die **Befragung** des Betriebspersonals sowie von Anliegern zum Entwässerungsverhalten bei Regenereig-

nissen (Pfüthenbildung, Wasserzulauf zu Schächten, Überstaubereiche, Vernässungen) kann wertvolle Hinweise geben.

- Durch **Auswertung** eines digitalen Geländemodells mit Bestimmung von Senken, Mulden und Fließwegen in unmittelbarer Nähe von Schachtstandorten können potenzielle Fremdwasserquellen identifiziert werden. Aufgrund der Datengenauigkeit beschränkt sich dies jedoch in der Regel auf Schächte außerhalb von Verkehrsflächen (z. B. Transportsammler).
- **Ergänzende Messungen** oder Beobachtungen des Abflussverhaltens an strategischen Knotenpunkten im Kanalnetz vervollständigen das Bild.

8 Fremdwasserbestimmung

8.1 Allgemeine Grundsätze

Eine Bestimmung des Fremdwasserabflusses in einem Entwässerungssystem ist grundsätzlich nur mit Verfahren möglich, die auf Abflussmessungen basieren. Eine direkte Messung des Fremdwasserabflusses ist nicht möglich, weil das Fremdwasser im Kanal stets zusammen mit den übrigen Abflusskomponenten (Schmutz- und Niederschlagswasser) vermischt auftritt.

Bei **deskriptiven Ansätzen** erfolgt die Fremdwasserbestimmung mittels einfacher Auswertemethoden ohne Berücksichtigung eines Ursachen-Wirkungs-Prinzips, bei denen auf Basis von Abflussmessungen des Gesamtabflusses Aussagen zum Fremdwasserabfluss abgeleitet werden (siehe Abschnitt 8.2). Die Problematik solcher deskriptiven Ansätze besteht vor allem darin, dass zunächst nur Aussagen über den betrachteten Untersuchungszeitraum gewonnen werden können, welche aufgrund der gewöhnlich hohen zeitlichen Variabilität der Fremdwasserabflüsse (vgl. Abschnitt 4.2) nur schwer auf andere Zeiträume übertragen werden können. Der Vergleich von Fremdwasserauswertungen unterschiedlicher Messzeiträume ist damit ohne Berücksichtigung der Randbedingungen, wie z. B. Niederschlagsgeschehen, Grundwasserstände, Vegetationsperiode etc., nicht möglich.

Unabhängig hiervon sind Dauer und Messzeitraum für aussagekräftige Ergebnisse bei den deskriptiven Ansätzen entscheidend. Der Messzeitraum ist dabei unter Beachtung der spezifischen Fremdwassercharakteristik des jeweiligen Einzugsgebietes möglichst so zu wählen, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit die relevanten Fremdwasserabflüsse erfasst werden können.

Die **deterministischen Ansätze** (siehe Abschnitt 8.3) basieren dagegen auf Ursachen-Wirkungs-Relationen. Durch eine spezifische Analyse der Abflussmessungen im Untersuchungszeitraum werden bei diesen Ansätzen

daher funktionale Abhängigkeiten des Fremdwasserabflusses, z. B. vom kurz- und mittelfristigen Niederschlagsgeschehen abgeleitet, die dann auch auf andere Zeiträume übertragen werden können. Ausschlaggebend hierfür ist ebenfalls die Länge und zeitliche Lage des Messzeitraumes. Der Messzeitraum ist dabei möglichst so zu wählen, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit die typische Bandbreite der Fremdwassercharakteristik erfasst wird.

Zur Plausibilitätsprüfung der Fremdwasserbestimmung ist unbedingt, unabhängig von der Auswertemethode, jeweils die Abflussbilanz an der Messstelle für den untersuchten Auswertzeitraum rechnerisch zu überprüfen um mögliche (systematische) Fehler auszuschließen:

$$\text{gemessener Gesamtabfluss} = \text{Schmutzwasserabfluss} + \text{Fremdwasserabfluss} + \text{Niederschlagsabfluss}$$

Darüber hinaus ist die Datenqualität der Eingangsdaten von sehr großer Bedeutung bei der Fremdwasserbestimmung. Vor der Anwendung einer Bestimmungsmethode für Fremdwasser ist diese im Rahmen der Datenaufbereitung durch entsprechende Plausibilitätsprüfungen unbedingt zu prüfen. Hinweise dazu sind im Merkblatt DWA-M 181 gegeben bzw. werden aktuell von der Arbeitsgruppe ES-1.9 „Messdaten in Entwässerungssystemen“ erarbeitet.

8.2 Deskriptive Ansätze

8.2.1 Allgemeines

Die nachfolgend aufgeführten Methoden zur Bestimmung von Fremdwasser führen alle zu unterschiedlichen Ergebnissen. Grundsätzlich spiegelt keine Methode den „richtigen“ Fremdwasseranfall wider, weshalb bei der Ermittlung von Fremdwasser die angewandte Methode benannt werden muss. Vergleiche von Einzugsgebieten oder Validierung von Fremdwasserreduzierungerfolgen müssen daher immer mit der gleichen Methode erfolgen.

8.2.2 Jahresschmutzwasser-Methode

Bei der Jahresschmutzwasser-Methode wird der jährliche Fremdwasserabfluss als Differenz aus der für ein Kläranlageneinzugsgebiet im Rahmen der Abwasserabgabeerklärung oder für ein Teilgebiet in Analogie dazu ermittelten Jahresschmutzwassermenge (JSM) und dem aus dem korrespondierenden Trinkwasserverbrauch unter Berücksichtigung evtl. Verluste abgeleiteten (jährlichen) Schmutzwasseranfall berechnet.

Die Jahresschmutzwassermenge ist per Definition das jährlich gereinigte Abwasservolumen ohne das Niederschlagswasser. Für mischkanalisierte Entwässerungssysteme wird sie aus der Hochrechnung des mittleren Tagesabflusses über alle Trockenwettertage eines Jahres ermittelt. Zur Festlegung der Trockenwettertage wird ein Wetterschlüssel verwendet, der in Abhängigkeit des Niederschlagsgeschehens zwischen Trockenwetter- und Regenwettertagen differenziert. In Nordrhein-Westfalen ist ein Trockenwettertag dabei beispielsweise wie folgt definiert (MUNLV 2001):

- Niederschlagshöhe $\leq 0,3$ mm/d am Tag und
- Niederschlagshöhe $\leq 0,3$ mm/d am Vortag (zur Berücksichtigung des nachlaufenden Niederschlagsabflusses).

In anderen Bundesländern kann es dazu abweichende Festlegungen geben.

Im Rahmen der Fremdwasserbestimmung im Sinne dieses Merkblattes muss die Vorgehensweise nicht auf den Zeitraum eines Jahres beschränkt werden, sondern kann auch auf längere oder kürzere Zeiträume angewendet werden. Dabei ist die Jahresschmutzwasser-Methode zunächst für die Fremdwasserbestimmung im Mischsystem geeignet. Für den Schmutzwasserkanal des Trennsystems wird auf die Ausführungen in Abschnitt 2.1.2 bzw. 2.1.3 verwiesen.

Um subjektive Beeinflussungen bei der Festlegung von Trockenwettertagen auszuschließen, wird die Auswertung von ortsnahe Niederschlagsmessstationen empfohlen. Insbesondere bei weitläufigen Einzugsgebieten ist es dennoch oftmals schwierig, repräsentative Aussagen zum Niederschlagsgeschehen im Einzugsgebiet zu erhalten, selbst wenn mehrere Niederschlagsmessstationen im Gebiet herangezogen werden.

8.2.3 Nachtminimum-Methode

Mit der Nachtminimum-Methode kann nur der augenblickliche (nächtliche) Fremdwasserabfluss im Mischsystem bzw. der mischsystem-äquivalente Fremdwasserabfluss im Trennsystem bestimmt werden. Mit dieser Methode kann eine Fremdwasserbestimmung nur an Trockenwettertagen durchgeführt werden.

Bei der Bestimmung des Fremdwassers mit der Nachtminimum-Methode werden die Abflüsse zum Zeitpunkt des absoluten Tagesminimums an Trockenwettertagen (i. d. R.: niedrigster Stundenwert im Zeitraum 0 Uhr bis 5 Uhr) ausgewertet. Dabei wird davon ausgegangen, dass zu diesem Zeitpunkt nur noch ein geringer Schmutzwasseranteil im Abfluss vorhanden ist und die Messergebnisse im Wesentlichen den Fremdwasserabfluss repräsentieren. Zur Bestimmung des Fremdwasserabflusses wurde bisher der gemessene, kleinste Nachtabfluss dazu um einen geschätzten Nacht-Schmutzwasserzufluss vermindert.

Die in der Literatur verschiedentlich genannten Werte zum nächtlichen Schmutzwasserabfluss (z. B. BUS 1984) sind aus heutiger Sicht jedoch unrealistisch, in der Regel zu hoch und für einen pauschalen Abzug nicht geeignet. Dies begründet sich in genaueren Informationen zum tatsächlichen Abfluss in Abwasserkanälen und seiner Schwankungsbreite. Der Abzug für den Nacht-Schmutzwasserabfluss zur Bestimmung des Fremdwasserabflusses ist daher, z. B. durch entsprechende Messungen/Untersuchungen des Trockenwetterabflusses und des Wasserverbrauchs über einen längeren Zeitraum, für jeden Einzelfall plausibel zu ermitteln bzw. zu begründen. Eventuelle Effekte durch Einleitungen aus Industrie und Gewerbe, Krankenhäusern, Alten- und Pflegeheimen etc. sind dabei zu berücksichtigen. Sofern für den konkreten Einzelfall keine spezifischen Erkenntnisse zum nächtlichen Schmutzwasserabfluss vorhanden sind oder ermittelt werden können, sollte bei der Nachtminimum-Methode kein Abzug für den Nacht-Schmutzwasserabfluss vorgenommen werden. Falls dennoch ein Abzug für den nächtlichen Schmutzwasserabfluss vorgenommen wird, ist dieser zu begründen und zu benennen.

Stehen Aufzeichnungen des Nachtabflusses, die zeitlich ausreichend hoch aufgelöst sind (Stundenwerte oder kürzere Messintervalle) über einen längeren Zeitraum zur Verfügung, so kann der Fremdwasserabfluss mit dieser Methode auch für einen längeren Zeitraum ermittelt werden und somit seine Schwankungsbreite im Auswertezeitraum festgestellt werden. Dabei sollten immer alle Trockenwettertage des Auswertezeitraumes in die Berechnung mittlerer Fremdwasserabflüsse eingehen. Ansonsten ist z. B. der jährliche Fremdwasserabfluss stark von der Wahl der Messtage beeinflusst und insgesamt wenig repräsentativ.

Für die Erhebung zur Abwasserabgabe hat sich die Nachtminimum-Methode z. B. in Bayern als eine landeseinheitliche Bestimmungsmethode bewährt.

8.2.4 Methoden mit gleitendem Minimum

Bei den Methoden mit gleitendem Minimum wird mittels phänomenologischer Ansätze versucht, aus gemessenen Tagesabflüssen ohne Hinzuziehung von zusätzlichen Niederschlagsinformationen Aussagen zum Trockenwetterabfluss zu erhalten. Dazu haben sich zwei grundsätzlich unterschiedliche Ansätze in der Vergangenheit etabliert.

Bei der Vorgehensweise entsprechend dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 198 wird für jeden Tag eines Auswertzeitraumes der geringste gemessene Tagesabfluss innerhalb eines Zeitraumes von 21 Tagen (10 Tage zurück und 10 Tage nach vorne) ermittelt. Die daraus resultierende Ganglinie des gleitenden Minimums wird anschließend pauschal um 20 Prozent erhöht. Alle unterhalb dieser erhöhten Ganglinie des gleitenden Minimums liegenden Tagesabflüsse werden anschließend als Trockenwettertage interpretiert, während die darüber liegenden Werte als durch Niederschlagsabflüsse beeinflusst eingestuft werden. Die weitere Vorgehensweise bei der Fremdwasserbestimmung entspricht derjenigen bei der Jahresschmutzwasser-Methode unter Verwendung der identifizierten Trockenwettertage. Das Verfahren des gleitenden Minimums dient dabei lediglich zur Identifizierung von vermeintlichen Trockenwettertagen aus der Grundgesamtheit aller Tagesabflüsse.

Der Grundgedanke des Ansatzes ist, dass kurzfristige Schwankungen in den Tagesabflüssen vor allem durch direkte Niederschlagsabflüsse hervorgerufen werden, während die Schwankung beim Fremdwasserabfluss eher relativ träge ist. Durch die pauschale Erhöhung der Ganglinie des gleitenden Minimums um 20 Prozent wird darüber hinaus versucht, die übliche Variabilität des Schmutzwasserabflusses (z. B. Wochengang) aufzufangen. Aufgrund dieser Ansätze wird diese Bestimmungsmethode, im Vergleich zur Jahresschmutzwasser-Methode, daher umso ungenauer, je mehr die realen Verhältnisse von den Grundannahmen abweichen. Insbesondere bei einer schnellen Fremdwasserdynamik sowie einer ausgeprägten Wochenganglinie bzw. aus anderen Gründen stark schwankender Schmutzwasserabflüsse (z. B. gewerbliche oder industrielle Einleitungen) führt diese Methode zu einer Unterschätzung der Fremdwassersituation. Sofern repräsentative Niederschlagsinformationen verfügbar sind, sollte diese Bestimmungsmethode daher möglichst nicht angewendet werden.

Bei der Methode des gleitenden Minimums, wie sie in **Baden-Württemberg** zur Anwendung kommt (FUCHS et al. 2003), wird für jeden Tag eines Auswertzeitraumes zunächst ein fiktiver Trockenwetterabfluss bestimmt. Dieser ist gleich dem kleinsten gemessenen Tagesabfluss aus dem zurückliegenden 21-Tage-Intervall (einschließlich dem aktuellen Auswertetag). Alle über diese so ermittelte fiktive Trockenwetterganglinie hinausgehenden Abflüsse werden als Niederschlagsabflüsse interpretiert. Die Bestimmung des Fremdwasserabflusses erfolgt nun dadurch, dass von den fiktiven Trockenwettertagesabflüssen der als konstant angenommene tägliche Schmutzwasserabfluss abgezogen wird. Auf diese Weise kann für jeden Tag des Auswertzeitraumes ein Fremdwasserabfluss berechnet werden, sodass mit dieser Methode eine kontinuierliche Fremdwasserganglinie ermittelt werden kann. Die Methode geht dabei grundsätzlich von der Annahme aus, dass Schwankungen beim Fremdwasserabfluss aus relativ langsamen Veränderungen des Grundwasserstandes resultieren und schnelle Abflussänderungen nur durch den Regenabfluss von Oberflächen hervorgerufen werden. Letztere sollen durch die gleitende Minimumbildung herausgefiltert werden. Weiterhin wird auch ein konstanter Schmutzwasserabfluss über den gesamten Auswertzeitraum vorausgesetzt. Ein evtl. Wochengang sowie Schwankungen zwischen einzelnen Tagen werden nicht berücksichtigt, sodass mit dieser Methode die Trockenwetterabflüsse systematisch unterschätzt werden. Der Grad der Unterschätzung ist dabei von der Dynamik der Schmutz- und Fremdwasserabflüsse im Einzugsgebiet abhängig, kann jedoch nach Auswertungen der DWA-Arbeitsgruppe ES-1.3 erhebliche Größenordnungen annehmen (vgl. Abschnitt 8.2.6). Unter ungünstigen Randbedingungen kann die Methode sogar zu einem negativen Fremdwasserabfluss führen ohne dass dieser durch eine Exfiltration begründet wäre (siehe Bild 15, Einzugsgebiet D). Es wird daher empfohlen, diese Bestimmungsmethode zur Ermittlung absoluter Fremdwasserabflüsse sowie von Fremdwasserzuschlägen bzw. -anteilen nicht zu verwenden.

Die Methode ist allerdings eine sehr einfache, anwendbare und praktikable Methode für ein ergänzendes Screening sowie zur qualitativen Identifikation der im Einzugsgebiet auftretenden Fremdwasserschwankungen (siehe Bild 14). Damit sind dann auch entsprechende Rückschlüsse auf die im Einzugsgebiet vorhandenen Fremdwasserquellen möglich. Zur Erhebung der Abwasserabgabe hat sich in Baden-Württemberg die Methode des gleitenden Minimums als eine landeseinheitliche und „manipulationsresistente“ Bestimmungsmethode bewährt.

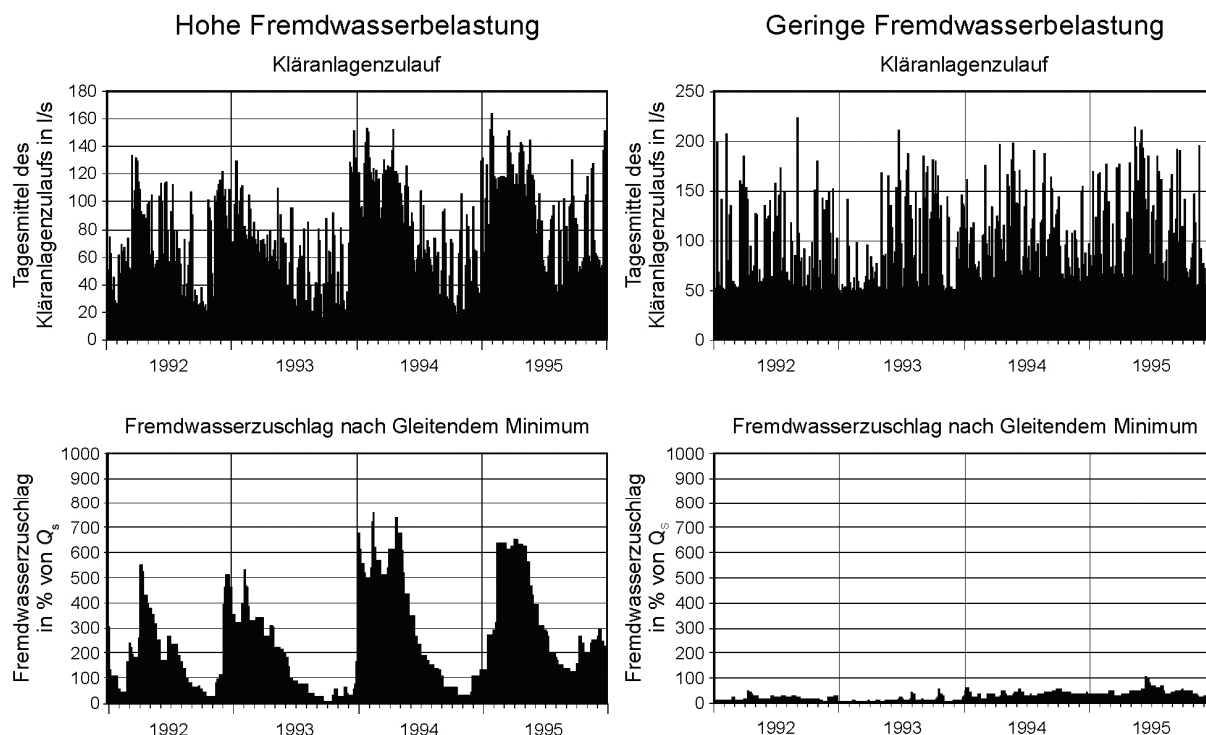


Bild 14: Ganglinien der mittleren Tageszuflüsse und der resultierenden täglichen Fremdwasserzuschläge von zwei Kläranlagen, links mit hoher, rechts mit geringer Fremdwasserbelastung (BROMBACH 2004)

8.2.5 Weitere Methoden

Chemische Methoden

Neben den oben genannten Methoden auf Basis von Abflussmessungen wurde in der Schweiz die sogenannte „Chemische Methode“ entwickelt, die auf der Verringerung der Schmutzstoffkonzentrationen des Abwassers aufgrund von Fremdwasser basiert (BUS 1984). Hierbei wird der Fremdwasserabfluss als das Verhältnis der mittleren Tageskonzentration eines Schmutzstoffparameters (z. B. CSB, Cl, $\text{NH}_4\text{-N}$) und seiner Konzentration zur Zeit des Nachtminimums bestimmt.

Neuere Untersuchungen nach DE BÉNÉDITTS & BERTRAND-KRAJEWSKI (2004b), CLARA et al. (2004), FENZ et al. (2004), KRACHT & GUJER (2005a) sowie KRACHT et al. (2005b) erlauben auch die Quantifizierung der Grundwasserinfiltration in Abwasserkanalnetze mithilfe der Isotopenzusammensetzung des Wassers als natürlichen Tracer („Isotopen-Methode“).

Die chemischen Methoden kommen derzeit nur in Sonderfällen zum Einsatz und werden an dieser Stelle deshalb nicht weiter ausgeführt.

Dreiecksmethode

Die Dreiecksmethode (LfU BW 2001) ist eine rein grafische Methode und wird hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt, da sie keine wirkliche praktische Bedeutung hat.

8.2.6 Vergleich der deskriptiven Ansätze

Bei der Fremdwasserbestimmung sind abhängig von den Einsatzrandbedingungen erhebliche Ergebnisabweichungen der Methoden untereinander möglich. Erfahrungsgemäß liefern die Jahresschmutzwasser-Methode und die Nachtminimum-Methode (wie oben beschrieben und bei Verwendung aller Trockenwettertage des Auswertzeitraumes) vergleichsweise den höchsten Fremdwaseranfall, während die Methoden des gleitenden Minimums zu geringeren Werten führen (FUCHS et al. 2003, eigene Untersuchungen der DWA-Arbeitsgruppe ES-1.3).

Gemeinsam ist allen Methoden, dass sie bei einer Beschränkung auf die Auswertung der Trockenwettertage den Fremdwassernachlauf aus Dränagen und Undichtigkeiten unmittelbar nach einem Regenereignis nicht ausreichend genau erfassen.

Die Methoden des gleitenden Minimums geben im Wesentlichen den durch langfristige Veränderungen hervorgerufenen Verlauf des grundwasserbedingten Fremdwassers wieder, während die Jahresschmutzwasser-Methode und die Nachtminimum-Methode an Trockenwettertage gebunden sind, prinzipiell aber besser auch Nachlaufereignisse nach Niederschlägen erfassen.

Welche Methode nun letztendlich am besten angewendet werden sollte, lässt sich pauschal nicht beantworten. Vielmehr ist die Grundwasser- und Niederschlagswassercharakteristik eines Einzugsgebietes für die Auswahl entscheidend bzw. die Ergebnisse aller Methoden sollten vergleichend gegenübergestellt werden. Für ein Screening des qualitativen Verlaufes des Basisfremdwasserabflusses sind dabei die Methoden des gleitenden Minimums gut geeignet, da sie relativ einfach anzuwen-

den sind und keine Informationen zum Niederschlagsgeschehen benötigen. Sofern jedoch die Kenntnis kurzfristiger Fremdwasserschwankungen für den Planungsprozess erforderlich sind, sind die Jahresschmutzwasser-Methode oder die Nachtminimum-Methode für eine qualitative Beurteilung besser geeignet.

In Tabelle 5 sind die gebräuchlichen Fremdwasserbestimmungsmethoden noch einmal gegenübergestellt.

Tabelle 5: Übersicht über die verschiedenen deskriptiven Methoden zur Fremdwasserbestimmung

Methoden	Ergebnis	Stärken	Hinweise zur Anwendung
Jahresschmutzwasser-methode	mittlerer jährlicher Fremdwasserabfluss sowie Fremdwasserabfluss an Trockenwettertagen	+ einfache Auswertung mittels Tabellenkalkulation möglich + hohe Genauigkeit des ermittelten Fremdwasserabflusses an Trockenwettertagen + saisonale Auswertung möglich	– Bei Fehlen einer konkreten Definition des Trockenwetterschlüssels bzw. bei individueller Interpretation der Repräsentativität der herangezogenen Niederschlagsreihe für das Einzugsgebiet werden Trockenwettertage mit hohem Fremdwasserabfluss oftmals (individuell) als Regennachlauftage eingestuft und bei der Fremdwasserbestimmung ausgeklammert. Dies führt dann zu einer Unterschätzung des tatsächlichen Fremdwasserabflusses.
Nachtminimummethode	aktueller Fremdwasserabfluss an Trockenwettertagen	+ prinzipiell sehr einfache und praxisgerechte Ermittlung + keine kontinuierliche Abflussmessung erforderlich + saisonale Auswertung möglich	– Pauschale Abzüge für den nächtlichen Schmutzwasserabfluss (z. B. Literaturwerte) sollten nicht verwendet werden, da diese i. d. R. zu einer Unterschätzung des Fremdwasserabflusses führen. – Die Ermittlung eines repräsentativen nächtlichen Schmutzwasserabflusses ist aufwendig und bedarf einer längeren Messperiode.
Methode mit gleitendem Minimum nach Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 198	mittlerer jährlicher Fremdwasserabfluss sowie Fremdwasserabfluss an vermeintlichen Trockenwettertagen	+ einfache Auswertung mittels Tabellenkalkulation möglich + saisonale Auswertung möglich + keine Informationen zum Niederschlagsgeschehen erforderlich	– Die Methode identifiziert bei einem ausgeprägten Schmutzwasserwochengang (z. B. Industrie) oder bei relativ schnellen Fremdwasserschwankungen systematisch eine zu geringe Anzahl von Trockenwettertagen, sodass dann der tatsächliche Fremdwasserabfluss unterschätzt wird.
Methode mit gleitendem Minimum entsprechend Baden-Württemberg	Ganglinie des grundwasserbedingten Fremdwasserbasisabflusses	+ einfache Auswertung mittels Tabellenkalkulation möglich + lückenlose Fremdwasserganglinie für den Auswertungszeitraum + keine Informationen zum Niederschlagsgeschehen erforderlich	– Die Methode führt bei einem ausgeprägten Schmutzwasserwochengang (z. B. Industrie) oder bei relativ schnellen Fremdwasserschwankungen zu einer Unterschätzung des tatsächlichen Fremdwasserabflusses.

Die Ergebnisgenauigkeit der einzelnen Methoden wird insbesondere dann deutlich, wenn man versucht aufgrund der erzielten Ergebnisse für das jeweilige Einzugsgebiet eine schlüssige Abflussbilanz aufzustellen (gemessener Abfluss = Schmutzwasserabfluss + Fremdwasserabfluss + Niederschlagsabfluss). Gerade bei stärker fremdwasserbelasteten Netzen, also solchen bei denen die Aussage zur Fremdwassersituation von besonderem Interesse ist, zeigt sich häufig eine deutliche Unterschätzung der tatsächlichen Fremdwasserhältnisse (PECHER & KAHRS 2008). Dabei wird auch die sich zunehmend durchsetzende Methode des gleitenden Minimums als sehr kritisch eingeschätzt, da hier die systematische Tendenz besteht, Fremdwasserabflüsse den Niederschlagswasserabflüssen zuzurechnen. Für die Schlüssigkeit der Ergebnisse müssten dann aber die abflusswirksamen Flächen deutlich größer sein als in der Realität vorhanden.

Die methodenabhängigen Ergebnisunterschiede bei der Fremdwasserbestimmung werden an der in Bild 15 dargestellten Auswertung für 11 Kläranlagen eines nordrhein-westfälischen Abwasserverbandes deutlich. Hierbei wurde jeweils ein Auswertezeitraum von acht Jahren herangezogen und die Ergebnisse der untersuchten

deskriptiven Methoden mit den Ergebnissen einer detaillierten Abflussbilanzierung verglichen. Dabei zeigt sich je nach Auswertemethode und Einzugsgebiet eine zum Teil signifikante Unterschätzung des Fremdwasserabflusses, sodass in jedem Fall eine kritische Auseinandersetzung mit den Ergebnissen inklusive Plausibilitätsprüfung vor der Weiterverwendung der Ergebnisse für wasserwirtschaftliche Planungsaufgaben etc. erforderlich ist.

Bei der Anwendung der deskriptiven Methoden ist darüber hinaus zu beachten, dass der Fremdwasserabfluss in einem Entwässerungssystem in der Realität immer mehr oder weniger starken zeitlichen Schwankungen unterliegt, sodass die Aussagen zum Fremdwasserabfluss – unabhängig von den sonstigen Schwächen der einzelnen Bestimmungsmethoden – immer vom Beobachtungszeitpunkt bzw. Beobachtungszeitraum beeinflusst werden (siehe Abschnitt 8.1). Eine Reproduzierbarkeit des festgestellten Fremdwasserabflusses für einen anderen Auswertzeitraum ist daher bei den deskriptiven Ansätzen grundsätzlich nicht gegeben. Lediglich bei sehr langen Auswertzeiträumen mit weitgehender Erfassung der Bandbreite der möglichen Fremdwasserschwankungen kann ggf. eine vergleichende Betrachtung möglich sein.

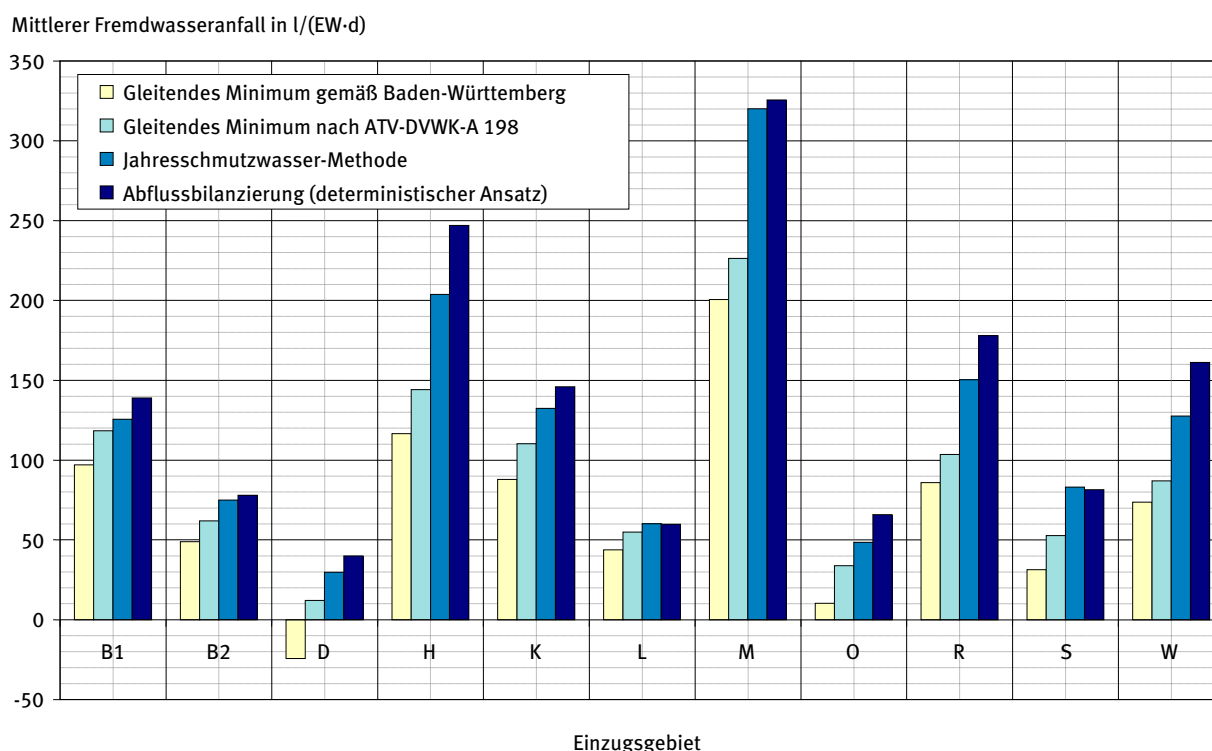


Bild 15: Ergebnisvergleich der verschiedenen Auswertemethoden für 11 beispielhafte Einzugsgebiete und einem Auswertezeitraum von jeweils 8 Jahren (PECHER 2009)

8.3 Deterministische Ansätze

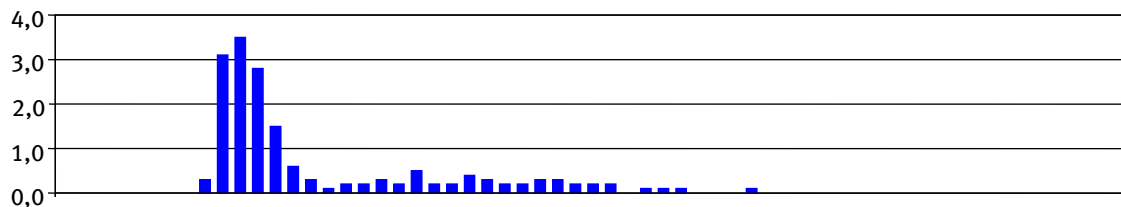
8.3.1 Direkter Niederschlagsabfluss im Schmutzwasserkanal

Vereinfachend kann angenommen werden, dass an Regenwettertagen der Abfluss in einem Kanal dem Abfluss der davor liegenden bzw. nachfolgenden Trockenwettertage zuzüglich dem Niederschlagsabfluss von an das Entwässerungssystem angeschlossenen abflusswirksamen Flächen entspricht. Während bei Mischsystemen dieser zusätzliche Abfluss infolge Niederschlag planmäßig in die Kanalisation eingeleitet wird, gilt er im Schmutzwasserkanalnetz von Trennsystemen als Fremdwasser.

Dieser niederschlagsbedingte Fremdwasserabfluss im Schmutzwasserkanal kann durch das Auswerten von gemessenen Abflüssen bei Niederschlagsereignissen unter Berücksichtigung statistisch abgesicherter Trockenwetterdaten (davor liegende bzw. nachfolgende Trockenwetterperiode) über eine Abflussbilanzierung ($\text{Niederschlagsabfluss} = \text{Gesamtabfluss} - \text{Trockenwetterabfluss}$) direkt ermittelt werden.

Bei Vorhandensein von entsprechenden Messdaten (z. B. Ganglinien) sind beispielsweise Aussagen zum abgeflossenen Niederschlagsvolumen und dem maximalen Niederschlagsabfluss in Abhängigkeit des Niederschlagsgeschehens möglich (vgl. Bild 16). Daraus kann im Idealfall auch die an das Schmutzwasserkanalnetz fehlangeschlossene abflusswirksame Fläche ermittelt werden. Dabei sollten aus Gründen einer höheren statistischen Genauigkeit möglichst mehrere Niederschlagsereignisse ausgewertet werden. Da die Abflussbereitschaft der Flächen von zahlreichen Faktoren abhängig ist (Niederschlagshöhe, -intensität, Länge der Trockenperiode, Durchlässigkeit der Flächen, Jahreszeit etc.), ist die Aussagekraft des Verfahrens, insbesondere bei der Auswertung von nur wenigen Ereignissen, jedoch begrenzt. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass im Schmutzwasserkanalnetz allein schon die Kanalquerschnitte den Niederschlagsabfluss im Kanalnetz drosseln und damit das Auswertergebnis beeinflussen können.

Niederschlagshöhe in Millimeter pro 5 Minuten



Abfluss in l/s

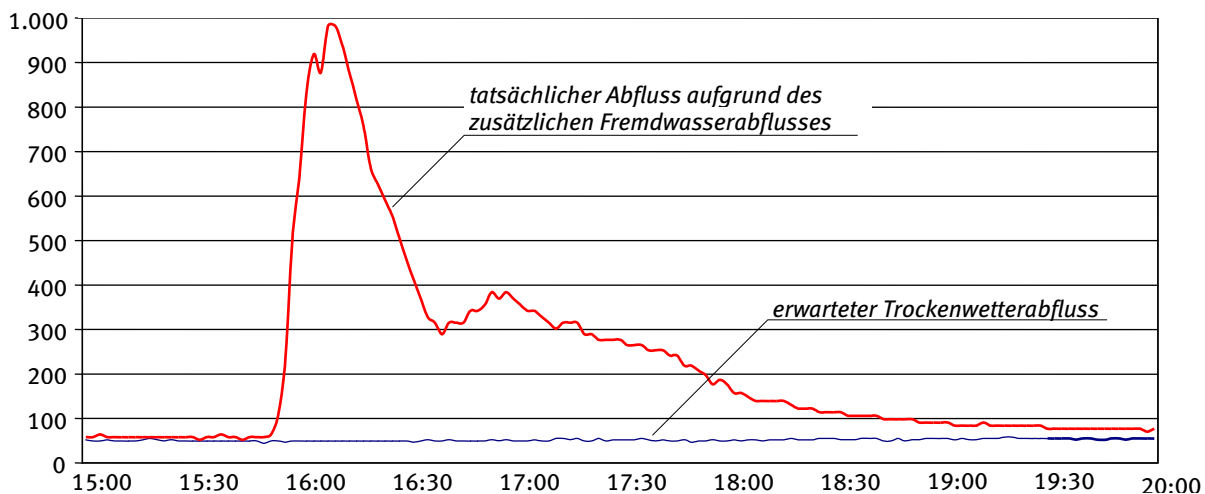


Bild 16: Abflussganglinie in einem Schmutzwasserkanal während eines Starkregenereignisses und Vergleich mit der typischen Trockenwetterganglinie (PECHER 1998)

Beispielhaft dargestellt ist in Bild 16 das Abflussgeschehen in einen Schmutzwasserkanal einer deutschen Großstadt während eines sommerlichen Niederschlagsereignisses mit einer Niederschlagshöhe von 16,7 mm zwischen 15:00 und 20:00 Uhr. Während dieser Tageszeit wurde an den davor und danach liegenden Tagen ein mittlerer Trockenwetterabfluss von rd. 50 l/s gemessen. Für den ausgewählten 5-Stunden-Zeitraum war daher mit einem Abflussvolumen von insgesamt rd. 900 m³ zu rechnen. Tatsächlich abgefließen sind in diesem Zeitraum jedoch rd. 4.000 m³. Der niederschlagsbedingte Mehrabfluss (Fremdwasser) betrug also rd. 3.100 m³

Aufgrund der unterschiedlichen Niederschlagsverteilung innerhalb eines Einzugsgebietes, die durch die Niederschlagsmessstelle nicht unbedingt repräsentativ erfasst werden muss – insbesondere bei stärkeren sommerlichen Ereignissen – kann aus einer solchen einmaligen Abflussbilanzierung allerdings noch keine belastbare Aussage zur fehlangeschlossenen abflusswirksamen Fläche abgeleitet werden. Dazu sollte eine größere Anzahl an Ereignissen analysiert und ausgewertet werden bis ein abgesichertes und plausibles Ergebnis erzielt wird. In Bild 17 ist für die oben genannten Messstelle die Korrelation zwischen Niederschlagshöhe und dem gemessenen Niederschlagsabfluss im Kanal für eine Reihe von Ereignissen aufgetragen. Unter Berücksichtigung der bei jedem Niederschlagsereignis stattfindenden Anfangsverluste kann aus der Steigung der Regressionsgeraden die angeschlossene abflusswirksame Fläche ermittelt werden. Im konkreten Fall führt dabei nach der Benet-

zungsphase zu Niederschlagsbeginn jeder zusätzliche Millimeter Niederschlag im Mittel zu einem zusätzlichen Abfluss in Höhe von rd. 275 m³. Dies entspricht einer fehlangeschlossenen abflusswirksamen Fläche von rd. 27,5 ha.

8.3.2 Hydrologischer Modellansatz

Bei den Überlegungen für eine reproduzierbare Beschreibung der Fremdwassersituation eines Einzugsgebietes bietet es sich an, Parallelen zum Niederschlagsabfluss von befestigten Flächen zu ziehen. Neuere Lösungsansätze basieren sämtlich auf einer Niederschlags-Abfluss-Modellierung unter Ansatz einer konkreten Niederschlagsbelastung und einer einzugsgebietsspezifischen abflusswirksamen Fläche unter Berücksichtigung der Abflussbildungs- und -transportprozesse.

Die Belastungssituation eines Entwässerungssystems wird dabei im Wesentlichen durch das Niederschlagsgeschehen sowie die an das Kanalnetz angeschlossene abflusswirksame Fläche beschrieben. Je nach Niederschlagsbelastung resultieren bei unveränderter Anschlusssituation (gleiche angeschlossene Fläche) unterschiedliche Niederschlagsabflüsse, wobei jedoch ein eindeutiger funktionaler Zusammenhang zwischen Niederschlagsgeschehen und Niederschlagsabfluss gegeben ist. Die angeschlossene abflusswirksame Fläche ist hier die Größe zur ereignisunabhängigen Beschreibung der Niederschlagswasserbelastung eines Entwässerungssystems.

Niederschlagsabflussvolumen in m³

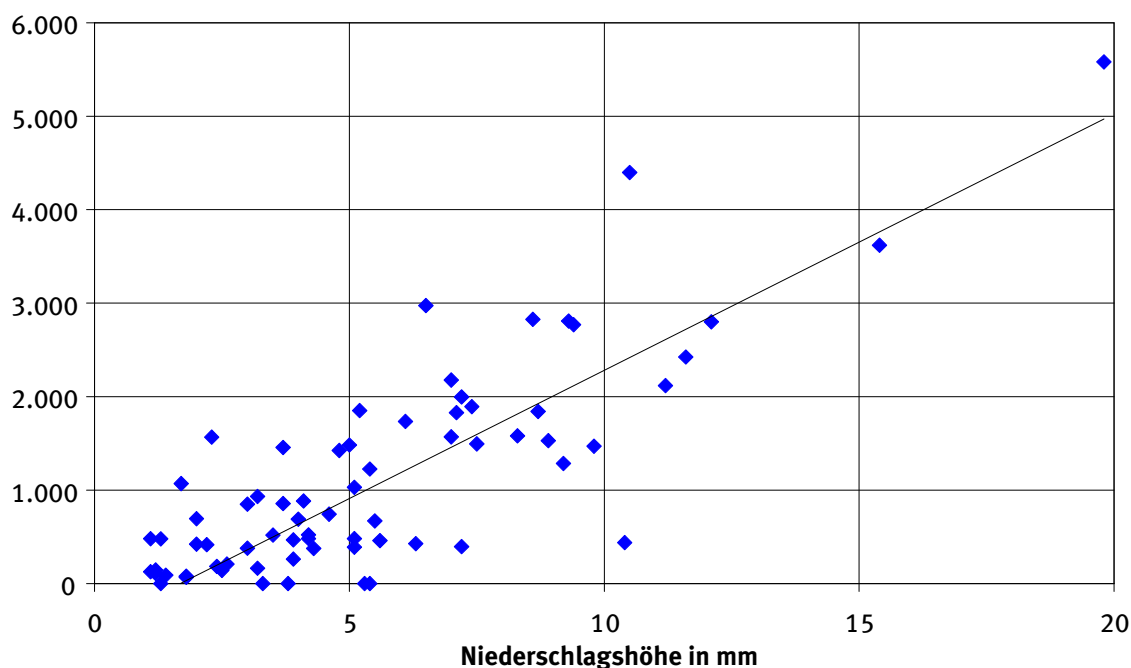


Bild 17: Beispielhafte Korrelation zwischen Niederschlagshöhe und Niederschlagsabflussvolumen in einem Schmutzwasserkanal (nach PECHER 1998)

Eine Übertragung dieses Ansatzes auch auf den Fremdwasserabfluss in einem Kanalnetz erscheint prinzipiell möglich und sinnvoll. Hintergrund dabei ist, dass auch der „verzögerte“ Fremdwasserabfluss (ohne den „direkten“ Niederschlagsabfluss von fehlangeschlossenen bebauten oder befestigten Flächen im Schmutzwasserkanalnetz) letztlich aus dem Niederschlagsgeschehen resultiert, welcher auf eine Fläche fällt und von dort mehr oder weniger stark verzögert über die Oberfläche (z. B. unbefestigte Außengebiete) oder den Untergrund (z. B. Dränagen oder undichte Kanäle, Leitungen und Schächte) dem Kanalnetz als Fremdwasser zufließt (PECHER & KAHRS 2008).

Dieser Effekt wird besonders bei der Auswertung von Abflussmessungen in einem fremdwasserbelasteten Schmutzwasserkanalnetz ohne bedeutsame Fehlanlüsse von bebauten oder befestigten Flächen deutlich. Hier wird nämlich regelmäßig zu beobachten sein, dass der Abfluss im Schmutzwasserkanalnetz nach intensiven Niederschlagsperioden jeweils deutlich ansteigt und in der darauffolgenden Trockenwetterperiode dann langsam wieder zurückgeht. Beispielhaft dazu ist in Bild 18

die Abflussganglinie eines trennkanalisierten Einzugsgebietes in Norddeutschland dargestellt. Die prinzipielle Charakteristik wird aufgrund der vorhandenen relativ hohen Trägheit der Fremdwasserdynamik hier besonders deutlich. Gleiches gilt grundsätzlich auch für den Abfluss in mischkanalisierten Entwässerungssystemen, jedoch wird hier die Abflussganglinie durch die in der Regel relativ großen Abflussspitzen aufgrund der angeschlossenen befestigten Flächen dominiert, sodass der Fremdwassereffekt augenscheinlich nicht so deutlich heraustritt (PECHER & KAHRS 2008).

Im Unterschied zur Niederschlagswasserbelastung von bebauten oder befestigten Flächen ist allerdings keine direkte Bestimmung der „fremdwasserabflusswirksamen“ Flächen, z. B. durch Ortsbegehungen oder Überfliegungen des Einzugsgebietes möglich. Eine Quantifizierung der relevanten Flächengrößen ist nur indirekt und iterativ durch einen Vergleich von real beobachteten Abflüssen und den Ergebnissen einer entsprechenden Fremdwassermodellierung möglich (Modellkalibrierung).

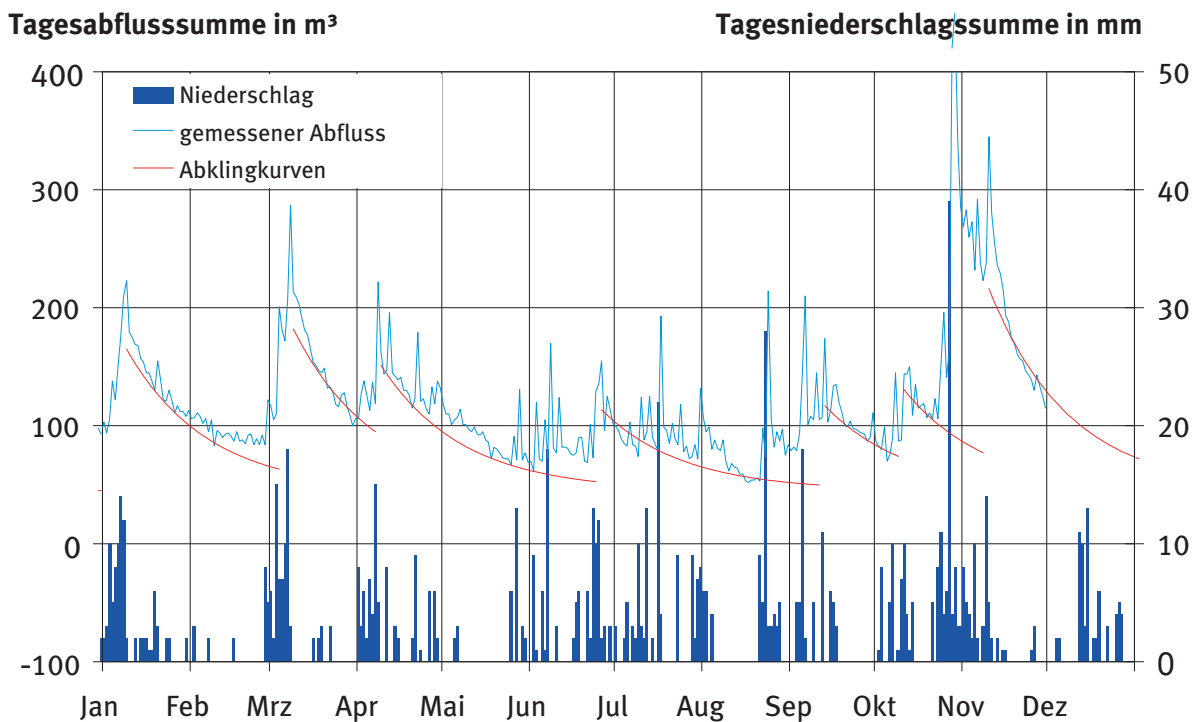


Bild 18: Gemessener Abfluss in einem Schmutzwasserkanalnetz ohne nennenswerte Fehlanlüsse von befestigten Flächen und Gegenüberstellung mit den beobachteten Niederschlägen im Einzugsgebiet (PECHER & KAHRS 2008)

Die Richtigkeit dieses deterministischen Ansatzes zur Beschreibung der Fremdwassersituation eines Einzugsgebietes konnte mittlerweile an zahlreichen Einzugsgebieten bestätigt werden (PECHER 2008). Dazu wurde zunächst ein relativ einfacher hydrologischer Modellansatz, bei dem der „verzögerte“ Fremdwasserabfluss über eine fiktive Fläche mit nachgeschaltetem linearen Einzelspeicher bzw. einer Speicherkaskade modelliert wurde, realisiert und die Simulationsergebnisse mit den Abflussmessungen verglichen. Als Ergebnis dieser Untersuchungen ist festzustellen, dass bei einer Berücksichtigung der Prozesse:

- Niederschlag auf die Oberfläche (N),
- Evapotranspiration von der Oberfläche (ET_O),
- Infiltration in den Boden- und Grundwasserspeicher (I_{BG}),
- Evapotranspiration aus dem Boden- und Grundwasserspeicher (ET_{BG}),
- Fremdwasserabfluss aus dem Boden- und Grundwasserspeicher in das Entwässerungssystem ($Q_{F,BG}$) sowie
- Regenabfluss auf der Oberfläche (Q_R)

eine zuverlässige und für verschiedene Kalibrierungszeiträume reproduzierbare Fremdwassersimulation eines Einzugsgebietes aufgestellt werden kann (siehe Bild 19). Als beschreibende Kennzahl für die Fremdwassersituation kann dabei eine auch anschaulich begreifbare „fremdwas-

serabflusswirksame (dränierende) Fläche ($A_{Drän}$)“ eines Einzugsgebietes herangezogen werden, welche direkt aus dem Kalibrierungsprozess resultiert. Der bisher bei der messdatenbasierten Fremdwasserauswertung immer vorhandene Witterungseinfluss auf die Ergebnisse wird so beseitigt. Gegenüber rein deskriptiven Ansätzen erlaubt der neuartige deterministische Ansatz insbesondere:

- Eine objektive, weil witterungsunabhängige Beschreibung der Fremdwassersituation eines Einzugsgebietes (durch eine definierte Flächengröße);
- Die detaillierte Modellierung der Fremdwassereffekte im Rahmen von siedlungswasserwirtschaftlichen Planungen/Analysen;
- Die Quantifizierung der erforderlichen Fremdwasserreduzierung zur Erreichung des gewünschten Betriebszustandes anhand von Modellszenarien;
- Die Definition von quantifizierbaren und überprüfbaren Sanierungszielen anhand eines witterungsunabhängigen Kennwertes;
- Die kontinuierliche Erfolgskontrolle durch einen regelmäßigen Soll-Ist-Vergleich;
- Die Prognose von Fremdwasserabflüssen in Abhängigkeit des erwarteten Witterungsgeschehens (z. B. als Unterstützung bei der Einsatzplanung zur Fremdwasserquellensuche im Netz).

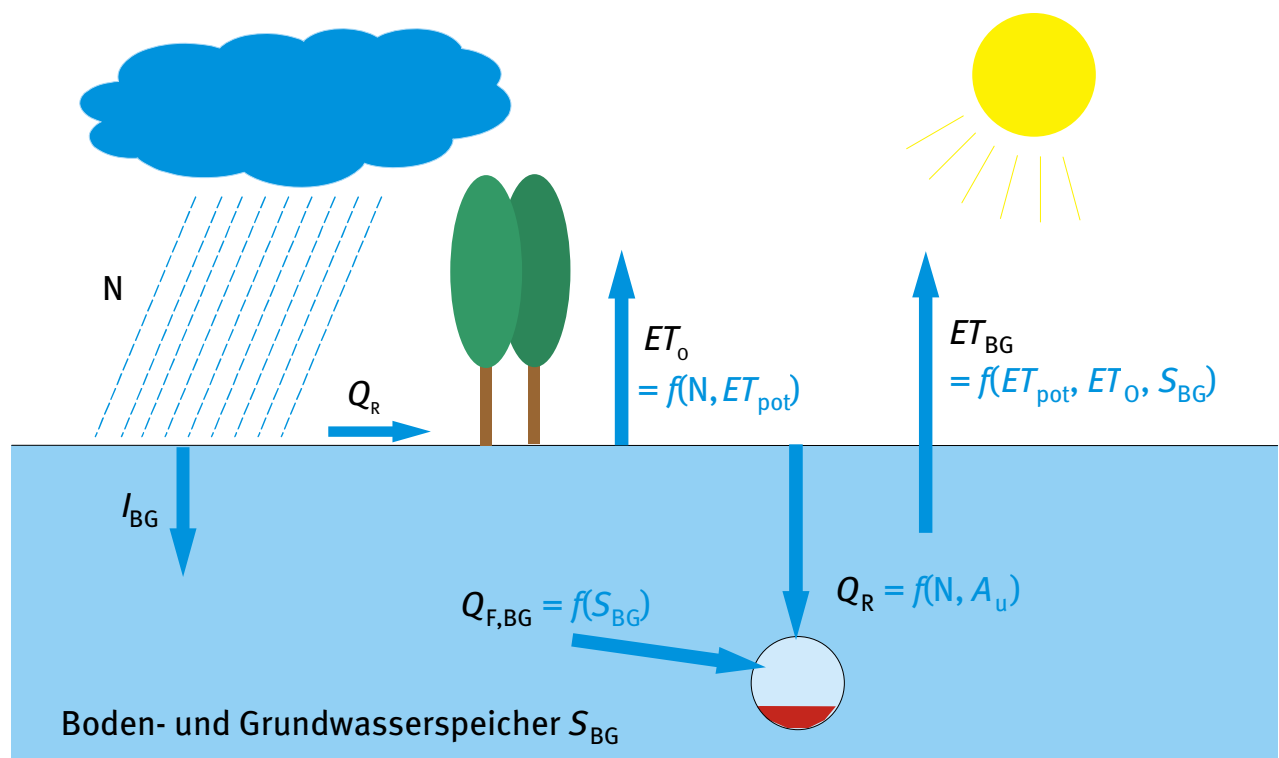


Bild 19: Prinzip des verwendeten hydrologischen Fremdwassermodells (PECHER 2005)

Aufgrund dieser Vorteile gegenüber den unter Abschnitt 8.2 beschriebenen empirischen Ansätzen ist der deterministische Ansatz bei einer systematischen Auseinandersetzung mit dem Fremdwasseranfall in einem Einzugsgebiet, insbesondere bei vorhandenen wasserwirtschaftlichen Problemen, sinnvoll. Der damit verbundene größere Aufwand bei der Fremdwasserermittlung wird durch die Vorteile dieses Ansatzes gerechtfertigt. Die Modelldetailierung ist dabei in Abhängigkeit der spezifischen Verhältnisse entsprechend zu wählen. Zudem wird erwartet, dass durch eine weitere Entwicklung dieses Ansatzes zukünftig ein relativ einfach handhabbares Werkzeug zur Bestimmung der dränierenden Fläche oberhalb eines Messpunktes zur Verfügung steht, das die Anwendung dieser Bestimmungsmethode auch modellunkundigen Nutzern ermöglicht.

8.3.3 Grundwassermodell

Der Einsatz eines Grundwassermodells ist für belastbare Prognosen der Auswirkungen einer Kanalsanierung auf die Grundwasserstände unter den nachfolgend beschriebenen Bedingungen sinnvoll (REICHEL & GETTA 2008). Der Vorteil liegt in einer ganzheitlichen Betrachtung von Grundwasser und Kanalnetz. Neben der Lokalisierung und Bilanzierung grundwasserbedingter Fremdwassermengen können mit dem Modell auch grundstücksscharfe Prognosen zu Grundwasseranstiegen erstellt und Sanierungsmaßnahmen dimensioniert werden. Bei folgenden Rahmenbedingungen ist der Einsatz von Grundwassermodellen sinnvoll:

- Die grundwasserbedingten Anteile am Fremdwasseraufkommen sind bedeutsam;
- Durch den Grundwasseranstieg kann die Flächennutzung beeinträchtigt werden (z. B. Gebäudeschäden in Poldergebieten);
- Wechselwirkungen mit anderen wasserwirtschaftlich relevanten Eingriffen (z. B. Gewässerumbau, Versickerungsmaßnahmen, vorhandene Dränage);
- Prognosen zur Wirksamkeit und Dimensionierung von Ersatzsystemen (z. B. Dränagen) zur Grundwasserbewirtschaftung sind notwendig.

Voraussetzung für die entsprechenden Prognoserechnungen ist, dass die Kanalnetze und ihre hydraulische Wechselwirkung mit dem Grundwasser in dem Modell integriert sind. Für eine konzeptionelle Bearbeitung bei überwiegend horizontaler Strömungskomponente des Grundwassers reichen in der Regel ein zweidimensionaler Modellaufbau und eine stationäre Kalibrierung aus. Das Kanalnetz wird idealisiert über die Schächte als Netzknoten in den Aufbau des Modellnetzes integriert.

Die derzeit verfügbare Datenbasis ermöglicht häufig keine differenzierte Betrachtung der Einzelsysteme, sodass die Bezeichnung „dränierendes Kanalisationssystem“ immer als Kombination von öffentlichem Kanalisationsnetz und privaten Grundstücksentwässerungsanlagen einschließlich daran angeschlossener Dränagen zu verstehen ist.

Die Lokalisierung der Dränagewirkung der Kanalisation erfolgt im Zuge der Kalibrierung des Grundwassermodells, indem sich anhand der Differenz zwischen gemessenem und berechnetem Grundwasserstand sowie unter Berücksichtigung von Kanalzustandsdaten deutliche Hinweise auf das Vorhandensein einer grundwasserabsenkenden Wirkung der Kanalisation ergeben.

Die Bilanzierung der grundwasserbedingten Fremdwassermenge kann für beliebig abgrenzbare Bilanzgebiete erfolgen. Innerhalb der Bilanzgebiete werden dabei die Grundwassermengen aufsummiert, die den im Grundwasser liegenden Netzknoten zufließen (siehe Bild 20).

Die mit dem Grundwassermodell berechneten Zuflüsse basieren bei stationärer Kalibrierung auf einem Zustand mittlerer Grundwasserstände und sind somit als mittlere Zustrommengen zu verstehen. Das grundwasserbedingte Fremdwasser stellt jedoch keinen konstanten Wert dar, sondern unterliegt sowohl großen jahreszeitlichen als auch langjährigen Schwankungen, sodass es sich nur als Bandbreite beschreiben lässt.

Die Bilanzierung der Grundwasserzuflüsse mithilfe des Grundwassermodells ist theoretisch auch ohne Fremdwassermessungen möglich. Dennoch ist es sinnvoll, ergänzende Fremdwassermessungen zur Validierung der Modellergebnisse durchzuführen. Dabei ist zu beachten, dass neben dem grundwasserbedingten Fremdwasser auch weitere Fremdwasserzuflüsse, wie z. B. niederschlagsbedingte Sickerwasserzuflüsse und/oder Bachwassereinleitungen ins Kanalnetz, existieren.

Durch die Sanierung von Kanalnetzen mit Abdichten der Leckagen und Abklemmen von Fehllanschlüssen wird dem bisher im Kanalnetz abgeleiteten grundwasserbedingten Fremdwasser die Vorflut entzogen. Werden hier keine alternativen Fassungs- und Ableitungsmöglichkeiten bereitgestellt, so kann es bei Kanalnetzen, die im Einflussbereich des Grundwassers liegen, zu einem großräumigen Anstieg des Grundwasserspiegels kommen.

Mithilfe der Grundwassermodellierung ist es möglich:

- die Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel zu ermitteln,
- im Kanalnetz anfallende grundwasserbedingte Fremdwassermengen zu quantifizieren,
- die Lage und Dimensionierung notwendiger Ersatzsysteme abzuschätzen.

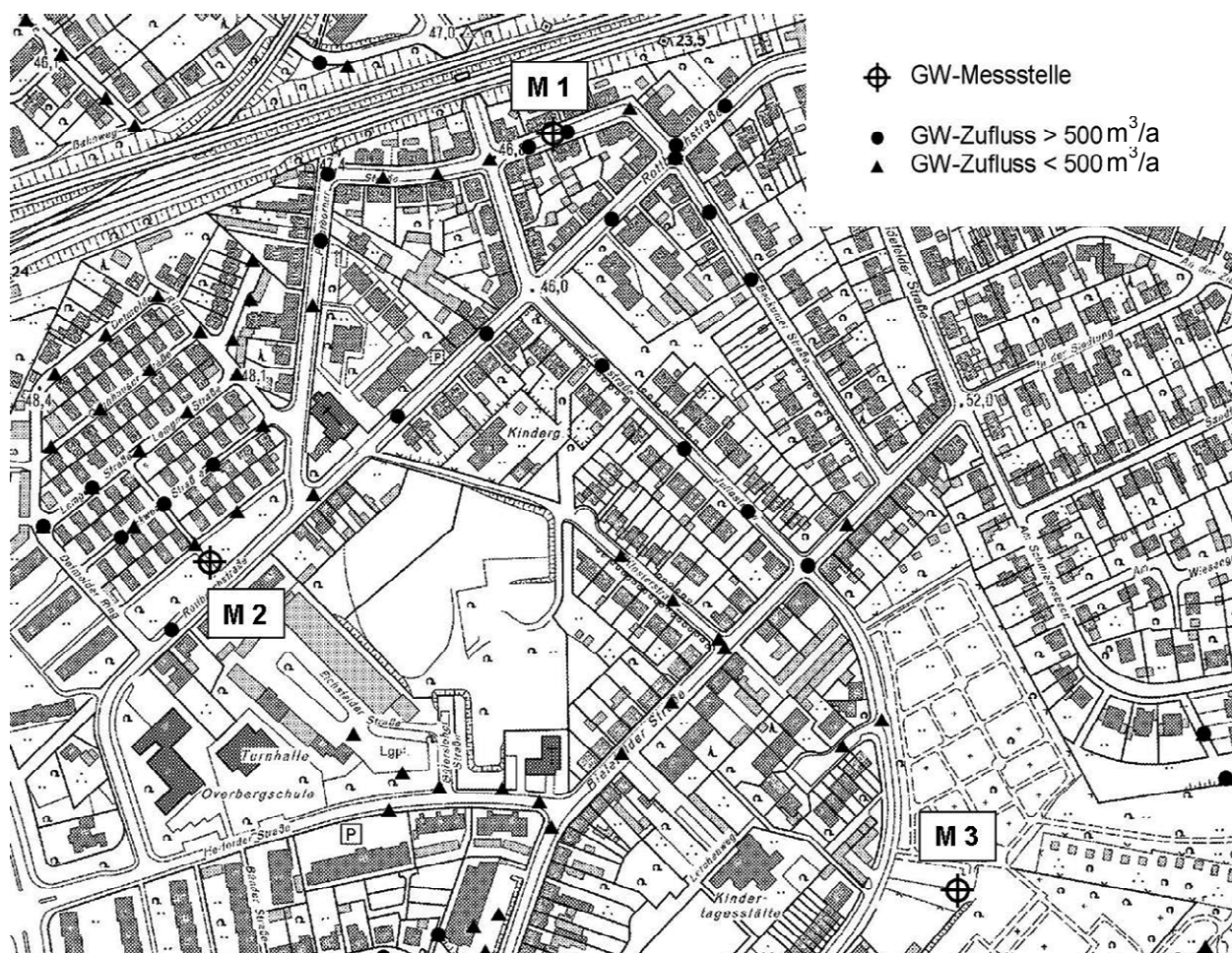


Bild 20: Beispiel eines Einzugsgebietes mit Grundwasserzustrom zum Kanalnetz

8.3.4 Vergleich der deterministischen Ansätze

Die oben beschriebenen deterministischen Ansätze basieren auf Ursachen-Wirkungs-Relationen, sodass mit ihnen nur indirekte Aussagen zum Fremdwasserabfluss abgeleitet werden können. Gegenüber den deskriptiven Ansätzen können damit jedoch die kurz-, mittel- und langfristigen Effekte des Witterungsgeschehens eliminiert werden, sodass sie insbesondere als Instrumente für eine strategisch orientierte wasserwirtschaftliche Planung geeignet sind. Die einzelnen Ansätze haben dabei unterschiedliche Einsatzbereiche und sind daher nicht alternativ sondern einander ergänzend zu sehen. Für eine wirksame Erfolgskontrolle (siehe Abschnitt 10), die bei einer strategischen Vorgehensweise ein elementarer Bestandteil ist, sind die deterministischen Ansätze unverzichtbar.

Eine Zusammenfassung der methodischen Unterschiede ist in Tabelle 6 gegenübergestellt.

Tabelle 6: Übersicht über die deterministischen Ansätze

Ansatz	Ergebnis	Stärken	Hinweise zur Anwendung
Direkter Niederschlagsabfluss im Schmutzwasserkanal	an das Kanalnetz fehlangeschlossene abflusswirksame Fläche (A_u)	+ Der Ansatz liefert einen Flächenwert, der unabhängig vom Witterungsgeschehen im Rahmen der statistischen Genauigkeit reproduzierbar ist. + Der Ansatz erlaubt eine konkrete Zieldefinition für die geplante Fremdwasserreduzierung (Flächenabkopplung) sowie die Erfolgskontrolle für durchgeführte Maßnahmen.	– Aufgrund der örtlichen Schwankung des Niederschlagsgeschehens und weiterer Einflussfaktoren auf das Niederschlagsabflussgeschehen sind für eine ausreichende statistische Absicherung des Ergebnisses immer mehrere Niederschlagsereignisse auszuwerten. – Für weitläufige Einzugsgebiete ist der Ansatz weniger geeignet.
Hydrologischer Modellansatz	an das Kanalnetz angeschlossene fremdwasserabflusswirksame (dränierende) Fläche ($A_{\text{Drän}}$)	+ Der Ansatz liefert einen Flächenwert, der unabhängig vom Witterungsgeschehen im Rahmen der statistischen Genauigkeit reproduzierbar ist. + Der Ansatz erlaubt eine konkrete Zieldefinition für die geplante Fremdwasserreduzierung (Flächenabkopplung) sowie die Erfolgskontrolle für durchgeführte Maßnahmen.	– Aufgrund der Schwankungen des Witterungsgeschehens und der Fremdwasserabflüsse ist für eine ausreichende statistische Absicherung des Ergebnisses ein möglichst langer Auswertungszeitraum sinnvoll. Empfehlenswert ist dabei ein Zeitraum von einem Jahr. Bei kürzeren Zeiträumen empfiehlt sich eine Vergleichsbetrachtung mit einer naheliegenden „Langzeitmessstelle“. Ein Auswertungszeitraum von drei Monaten sollte aber auch dann nicht unterschritten werden. – Einfaches allgemein anwendbares Tool ist zur Zeit noch nicht verfügbar, sodass Modelle angewendet werden, die vertieftes Fachwissen erfordern.
Grundwassermodell	Lokalisierung infiltrierender Kanalhaltungen inkl. Bilanzierung der GW-Zuströmmungen Ermittlung kanalsanierungsbedingter Grundwasseranstiege Dimensionierung notwendiger Ersatzsysteme zur GW-Bewirtschaftung	+ Der Ansatz erlaubt eine grundstücks-scharfe Auflösung sowie eine ganzheitliche Betrachtung der Auswirkungen von Kanalnetzabdichtungen bzw. Fremdwasserreduzierungen	– Der Ansatz ist relativ aufwendig und erfordert vertieftes Fachwissen. Der höhere Aufwand rentiert sich insbesondere bei großräumigen Betrachtungen in Gebieten mit bedeutenden grundwasserbedingten Fremdwasseranteilen bzw. in Gebieten, in denen große Netzteile durch Infiltrationen geprägt sind. – Bei schwierigen geologischen Verhältnissen (z. B. Klüfte, Schichtenwasserabflüsse) evtl. nur eingeschränkt anwendbar.

9 Fremdwasserreduzierung und flankierende Maßnahmen

9.1 Aufstellung eines Maßnahmenplanes

9.1.1 Festlegung von Zielen und Zeitplänen

Wenn die erforderlichen Grundlagen vorliegen, sind überprüfbare Ziele der angestrebten Fremdwasserreduzierung festzulegen. Nur wenn konkrete Ziele mit einer Zeitplanung bis zu ihrer Erreichung vorliegen, kann die Eignung einzelner Maßnahmen zur Fremdwasserreduzierung beurteilt werden. In der Praxis findet man bisher leider selten solch eine zielorientierte Vorgehensweise.

Bei der Festlegung von Zielen dürfte im Regelfall die Einhaltung wasserrechtlicher Anforderungen unbestritten sein. Neben den allgemein gültigen Grundsätzen, dass eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit nicht erfolgen darf (§ 55 (1) WHG) und dass Abwasseranlagen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu betreiben und zu unterhalten sind (§ 60 (1) WHG), können insbesondere auf die örtlichen Verhältnisse abgestimmte Anforderungen der Aufsichtsbehörden zum Tragen kommen (z. B. erforderliche Fremdwasserreduzierung zur Verringerung bestimmter Frachteinträge in Gewässer). Ebenfalls bei der Zieldefinition zu berücksichtigen sind bauliche und betriebliche Belange des Betreibers, die durch Fremdwasser beeinflusst werden, wie z. B. Pumpkosten oder die Leistungsfähigkeit der Kläranlage.

9.1.2 Erstellung eines Maßnahmenkataloges

Eine Reduzierung des Fremdwasserabflusses kann durch technische Maßnahmen erfolgen, indem der Zufluss von Grund- und Niederschlagswasser ins Kanalnetz an der Quelle verhindert wird. Neben der Beseitigung von Undichtheiten können Fehleinleitungen von Niederschlags- und Grundwasser über Dränagen, Schachtdeckelöffnungen, Brunnenüberläufe und Regenwasserleitungen abgestellt werden. Des Weiteren können eine Unterbindung des Grundwasserzuflusses zum kanalisiertem Einzugsgebiet oder eine gesonderte Fassung und Ableitung der Regenabflüsse aus Außengebieten wirksam sein. Die technischen Maßnahmen und dabei zu beachtende planerische Gesichtspunkte sind im nachfolgenden Abschnitt 10 beschrieben (siehe auch HENNERKES 2006). Dabei müssen die auszuwählenden Maßnahmen zur Fremdwasserreduzierung grundsätzlich zu einer ganzheitlichen Sanierung der Kanalisation, d. h. unter Einbeziehung der öffentlichen und privaten Kanäle, beitragen.

Für eine systematische Bearbeitung wird hierzu für jedes Schwerpunktgebiet ein Maßnahmenkatalog erstellt. Dieser beinhaltet:

- Mögliche Einzelmaßnahmen zur Fremdwasserreduzierung (z. B. Sanierung einzelner Kanäle, Abkopplung von punktuellen Fremdwassereinleitungen, Abdichtung privater Grundstücksentwässerungssysteme etc.);
- Eine Abschätzung der Risiken der angedachten Einzelmaßnahmen (z. B. Grundwasseranstieg) und erforderliche Ersatzmaßnahmen (z. B. alternative Ableitungssysteme);
- Eine Kostenschätzung für die Einzelmaßnahmen im privaten und öffentlichen Bereich inkl. zugehöriger Ersatzmaßnahmen;
- Eine Abschätzung des Sanierungserfolges (Reduzierung des Fremdwasserabflusses im Netz, Verbleib des Fremdwassers);
- Die Einflussfaktoren auf die zeitliche Umsetzung der Einzelmaßnahmen (z. B. städtebauliche Maßnahmen, Akzeptanz bei Politik und Bevölkerung, Einbeziehung privater Grundstückseigentümer, rechtliche Hemmnisse, Lage in Wasserschutzgebieten etc.).

Ergänzend ist auch die Umsetzung von Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Reduzierung der fremdwassererursachten (wasserwirtschaftlichen) Missständen denkbar. Solche flankierende Maßnahmen (vgl. Abschnitt 9.4) entbinden den Betreiber jedoch grundsätzlich nicht von der Aufgabe, den Fremdwasserabfluss entsprechend den wasserrechtlichen Vorschriften zu reduzieren und sein Kanalnetz entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu betreiben und zu unterhalten.

9.1.3 Prioritätenbildung und Aufstellung eines Maßnahmenplanes

Aus technischen, finanziellen und personellen Gründen werden in der Regel nie alle möglichen Maßnahmen gleichzeitig zum Einsatz kommen. Daher ist eine Auswahl von Maßnahmen, verbunden mit einer Priorisierung zu treffen. Dazu ist es zweckmäßig, die in Frage kommenden Maßnahmen unter verschiedenen Aspekten zu bewerten.

Eine Möglichkeit der Maßnahmenbewertung unter Berücksichtigung verschiedener Aspekte ist die Erstellung einer Entscheidungsmatrix, in der alle geeigneten Maßnahmen und die relevanten Bewertungskriterien übersichtlich zusammengestellt werden. So können die Maßnahmen für jedes Kriterium bewertet werden. Ein wesentliches Bewertungskriterium für die angedachten Maßnahmen sind die Kosten, bei der alle zu erwartenden Kosten einer Maßnahme (Bau-, Sanierungs-, Betriebskosten) mit dem jeweils erwarteten Wirkungs- oder Zielerreichungsgrad gegenüberzustellen sind. Nach Aufsummierung der Einzelbewertungen ergibt sich eine Reihen- oder Rangfolge der Maßnahmen, die insbesondere durch eine Gewichtung der Kriterien maßgebend bestimmt wird. Dabei ist auch die Möglichkeit oder gar die Notwendigkeit zur gemeinsamen Durchführung von Sanierungsmaßnahmen mit anderen Baumaßnahmen (z. B. Straßenerneuerungen) in die Überlegungen zur zeitlichen Abfolge von Maßnahmen mit einzubeziehen.

Ergebnis des iterativen Prozesses ist ein konkreter Plan mit kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen einschließlich Zeitvorgaben für die Umsetzung zur Erreichung der vorab definierten Ziele für die Fremdwasserreduzierung.

Schließlich verbleibt die Aufgabe, fachlich für wichtig und dringlich eingestufte Maßnahmen unter Einbeziehung aller für die Zielerreichung relevanten Fremdwasserquellen im öffentlichen und privaten Entwässerungssystem tatsächlich umzusetzen. Dazu bedarf es nicht nur technischen Fachwissens, sondern auch der notwendigen Durchsetzungsfähigkeit und nicht zuletzt angemessener finanzieller Mittel. Spätestens wenn es um die Bereitstellung finanzieller Mittel zu einem bestimmten Zeitpunkt oder über einen gewissen Zeitraum geht, gilt es strategische Überlegungen einzubeziehen. So könnte beispielsweise ein Unternehmensträger versuchen, alle effizienten Maßnahmen möglichst kurzfristig innerhalb weniger Jahre zu verwirklichen und damit voraussichtlich zunächst einen hohen Mittelbedarf mit entsprechenden Auswirkungen auf Beiträge oder Gebühren erzeugen. Ein anderer Ansatz könnte sein, ein jährlich weitgehend gleichbleibendes Budget über einen längeren Zeitraum so zweckmäßig wie möglich einzusetzen. Welche Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen wann zu verwirklichen sein werden, wird abschließend in der Regel in Abstimmung mit kommunalpolitischen Entscheidungsträgern festzulegen sein.

Auch kann – in der Praxis leider immer wieder anzutreffen – aus fachlicher Sicht ein „Weg des geringsten Widerstandes“, bei dem vor allem Maßnahmen bevorzugt umgesetzt werden, die leicht zu verwirklichen sind, nicht empfohlen werden. Wenn der Nutzen einer solchen Maßnahme im Sinne der Zielerreichung als gering eingestuft wurde, ist davon auszugehen, dass sich trotz jahrelanger Sanierungen auch nur geringe Erfolge einstellen werden. Beispielsweise wäre eine intensive Sanierung des öffentlichen Netzes unter Vernachlässigung der privaten Abwasseranlagen, die dann unverändert große Mengen Dränagewasser ins Kanalnetz einleiten würden, weitgehend erfolglos. In diesem Zusammenhang hat eine ganzheitliche Vorgehensweise mit Verknüpfung zum Abwasser- und Niederschlagswasserbeseitigungskonzept unter Berücksichtigung aller Fremdwasserquellen eine hohe Bedeutung.

Die Erstellung eines ganzheitlichen Sanierungskonzeptes, welches die öffentliche Kanalisation und die privaten Abwasserleitungen berücksichtigt, ist ein iterativer Prozess, der eine enge, zielorientierte Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten erfordert. Aufbauend auf diesem Gesamtkonzept können anschließend für jedes Grundstück individuelle Maßnahmen festgelegt werden.

9.2 Technische Maßnahmen zur Reduzierung von Fremdwasser

9.2.1 Beseitigung von Undichtheiten

Undichtheiten in Entwässerungssystemen tragen durch infiltrierendes Grund- und Schichtenwasser zum Fremdwasserabfluss bei. Ein Abdichten dieser Undichtheiten mit Verfahren der Kanalsanierung stellt eine übliche Maßnahme zur Fremdwasserreduzierung dar.

Die Kanalsanierung umfasst nach DIN EN 752 Verfahren der Reparatur, Renovierung und Erneuerung. Die kurzlebigen Reparaturverfahren zur Behebung örtlich begrenzter Schäden umfassen Ausbesserungs-, Injektions- oder Abdichtungsverfahren. Renovierungsverfahren nutzen die ursprüngliche Substanz der Kanäle in Verbindung mit Beschichtungs- oder Auskleidungsverfahren. Sie grenzen sich von einer Erneuerung in offener oder geschlossener Bauweise ab. Entscheidungshilfen für die sachgerechte Wahl eines geeigneten Sanierungsverfahrens geben u. a. die Merkblattreihe DWA-M 143, DIN EN 752, STEIN (1998), MUNLV NRW (1999), und MUNLV NRW (2002a).

Kanäle mit fremdwasserrelevanten Schäden liegen entweder zeitweise oder dauerhaft im Grundwasser. Bei hohen Grundwasserinfiltrationen durch Undichtheiten gestaltet sich eine Sanierung oftmals schwierig, da der Grundwasserspiegel während der Sanierungsmaßnahme nur selten abgesenkt wird. Die Auswahl der dann noch anwendbaren Sanierungsverfahren wird hierdurch stark eingeschränkt.

So besteht bei hohen Grundwasserdrücken, z. B. bei den Reparaturverfahren der partiellen Injektion und dem Flutungsverfahren, die Gefahr einer Verdünnung oder Auswaschung der Injektionen bzw. bei Zweikomponenten-Gelen die Gefahr einer Entmischung. Eine Kontrolle des Sanierungserfolges ist bei Injektionsverfahren schwer möglich. Bei Renovierungsverfahren lässt sich ein Lining mit Ringraum (Rohrstranglining, Kurzrohr- bzw. Langrohr- und Noppenbahnlining) zur Abdichtung von Infiltrationen gut anwenden, allerdings ist mit einem Querschnittsverlust zu rechnen, und eine nachträgliche Ringraumverfüllung wird erforderlich. Beim Schlauchlining, einem Liningverfahren ohne Ringraum, wird bei einem hohen Grundwasserdruck eine Vorabdichtung über Injektionen erforderlich, um die Bildung von Beulen zu verhindern. Möglicherweise reicht aber auch ein entsprechender Innendruck während der Aushärtedauer aus. Für Erneuerungsverfahren in offener Bauweise muss während der Bauzeit eine Grundwasserabsenkung durchgeführt werden.

Bei privaten Entwässerungsleitungen obliegt die Beauftragung und Übernahme der Kosten einer Sanierung den Grundstückseigentümern. Problematisch wird dabei die Sanierung von undichten Abwasserleitungen unterhalb eines Gebäudes, da die Leitungen meist unzugänglich und oftmals auch verzweigt sind. Beispiele für Sanierungsmaßnahmen auf Privatgrundstücken finden sich bei FIEDLER (2000), BOSSELER et al. (2003), PINNEKAMP et al. (2007b), DWA (2009a), DWA (2009b).

Die für eine Kanalsanierung beschriebenen Verfahren und Einsatzgrenzen gelten im übertragenen Sinne auch für Undichtheiten in Schächten. Grundwasser kann z. B. im Bereich der Ausgleichsringe, Steigeisen und Einbindungen der Kanäle eindringen. Auch sind undichte Fugen bei gemauerten Schächten oder defekte Dichtungen bei Schächten aus Fertigteilen möglich. Als erste Möglichkeit der Sanierung sollte geprüft werden, ob Schächte aufgegeben werden können (vgl. auch Abschnitt 9.2.2.2). Die Reparatur einer Undichtheit lässt sich mithilfe von Injektionsverfahren ausführen, die auch bei gleichzeitig eindringendem Grundwasser wirksam sind. Zur Sanierung bieten sich neben der Reparatur einzelner undichter Stellen vor allem Renovierungsverfahren, wie z. B. Auskleidungsverfahren mit GFK-Segmenten oder Beschichtungsverfahren mit Kunststofflaminaten an (STEIN 1998).

9.2.2 Beseitigung von Fehllanschlüssen

9.2.2.1 Dränagen

Eine wesentliche Fremdwasserquelle stellen fehlangeschlossene Gebäudedränagen zum Schutz vor Sickerwasser oder Schichtenwasser bei Anschnitt wasserführender Bodenschichten dar. Aber auch Dränagen zur Entwässerung von Baugruben, landwirtschaftlichen Flächen, Leitungszonen von Abwasserkanälen und des Straßenunterbaus führen zu nennenswerten Fremdwassereinträgen.

Bei Gebäudedränagen ist der Ort der Vermischung von Dränagewasser und Abwasser von der Art der Dränage und den Gefälleverhältnissen abhängig. Dränagen werden üblicherweise als Ringdränage um ein Gebäude herum verlegt. Eine Ringdränage entwässert im Regelfall im Freigefälle und ist durch Aufgraben außerhalb des Gebäudes zugänglich. Seltener erfolgt eine Ausführung als Flächendränage unterhalb einer Bodenplatte, wenn tief gegründete oder großflächige Gebäude vor Grundwasser geschützt werden sollen. Flächendränagen verlaufen meist unzugänglich und münden je nach Gefälleverhältnissen bei Fehllanschluss oft in einen Schmutzwasserpumpensumpf innerhalb des Gebäudes, von wo das Abwasser auf Höhe des Kanals gehoben wird. Ist der Fehllanschluss einer Dränage an eine Abwasserleitung geortet, kann dieser beseitigt werden. Die Folgen eines möglichen Anstieges des Grundwasserspiegels werden im Abschnitt 9.3 beschrieben.

9.2.2.2 Regenwasser- und Gewässereinleitungen

Die Beseitigung der Fehleinleitungen von Niederschlagswasser in Schmutzwasserkanäle stellt einen weiteren Ansatz zur Fremdwasserreduzierung dar. Nach einer Lokalisierung der fehlangeschlossenen Flächen können diese Leitungen in der Regel problemlos abgekoppelt werden, wenn eine entsprechende alternative Vorflut für das Regenwasser vorhanden ist. Beispiele hierfür sind vorhandene Regenwasserkanäle, Wege-seitengraben oder Gewässer. Darüber hinaus lässt sich Regenwasser zentral oder dezentral versickern sowie als Brauchwasser nutzen.

Zur Reduzierung der Zuflüsse von Niederschlagswasser über Schachtdeckelöffnungen in Schmutzwasserkanäle können wasserdicht konstruierte Schachtdeckel eingesetzt werden. Einfacher gestaltet sich ein provisorischer Verschluss der Lüftungsöffnungen mit Stopfen und der Einlegetaschen mit Bitumenband. Eine beinahe vollständige Abdichtung der Öffnungen der Schachtdeckel führt jedoch zu Problemen bei der Belüftung und ggf. zur Entstehung von biogener Schwefelsäurekorrosion. Aus diesem Grund ist eine ausreichende Belüftung sicherzu-

stellen, indem die Schachtdeckel mindestens an den Endpunkten einer Kanalstrecke ausreichend belüftet werden. Sind Schachtdeckel unter dem Niveau der Fahrbahnoberfläche eingebaut, ist eine Anhebung mit Ausgleichsrinnen sinnvoll, um den Zufluss von Oberflächenwasser zu erschweren. Bei einer anstehenden Erneuerung der Straßendecke kann im Einzelfall durch eine entsprechende Profilierung der Wasserzufluss zu den Schachtdeckeln ebenfalls verringert werden.

Ergänzend zu den bisher geschilderten Maßnahmen zur Fremdwasserreduzierung können auch in die Kanalisation fehleingeleitete Gewässer, wie z. B. Brunnen- und Quellenüberläufe, Oberflächengewässer sowie Gräben, abgekoppelt werden. Besonders wichtig in diesem Zusammenhang ist die Frage nach einer alternativen und unschädlichen Ableitungsmöglichkeit. Insbesondere bei Bächen sind mögliche Überflutungen bei Starkregenereignissen in der Planung zu berücksichtigen.

Eine Zusammenfassung der sich mit der Beseitigung von Fehleinleitungen ergebenden bautechnischen Fragen findet sich bei HENNERKES (2006).

9.2.3 Weitere Ansatzpunkte zur Fremdwasserreduzierung

Unabhängig von den bisher geschilderten Maßnahmen lässt sich Fremdwasser bei entsprechender Geologie durch eine gezielte Absenkung des Grundwasserspiegels oder Umleitung des Grundwassers reduzieren, indem es von möglichen Eintrittsstellen in Kanalisationen wie Undichtheiten oder Dränagen ferngehalten wird. Das entnommene Grundwasser kann oberirdisch in Gewässer abgeleitet oder an geeigneter Stelle wieder versickert werden. Hierfür ist in jedem Fall eine wasserrechtliche Genehmigung erforderlich.

Ergänzend zu den bisher genannten, eher konventionellen Maßnahmen zur Fremdwasserreduzierung, wurden z. B. in einem Forschungsvorhaben (DOHMANN et al. 2004, PINNEKAMP et al. 2007a) durch eine flächenhafte und ganzheitliche Betrachtung der Fremdwasserproblematik einer Kommune weitere Ansätze zur Fremdwasserreduzierung entwickelt. Durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Ingenieuren, Juristen, Genehmigungsbehörden und Geologen wurden die vorgeschlagenen Maßnahmen technisch und rechtlich abgesichert. Baulich umgesetzt wurden dabei insbesondere folgende Maßnahmen:

- Anlage von Hangdränagen, um das aus oberhalb der Bebauung gelegenen Außengebieten abfließende Schichtenwasser von der Ortschaft fernzuhalten.
- Anlage eines durchgängigen Wegeseitengrabennetzes. Dieses Netz soll sowohl das Wasser der Hangdränage als auch der Hausdränagen aufnehmen und in das nächstgelegene Gewässer ableiten.

- Einbringen von Dichtungsschleiern in der Leitungszone der Kanäle und im Bereich des Straßenoberbaues zur Unterbindung der Dränagewirkung der rolligen Verbaustoffe. Das dabei abgefangene dränierte Wasser wird in Wegeseitengräben abgeleitet.

9.3 Folgen der Herausnahme von grundwasserbedingtem Fremdwasser aus Kanalnetzen

Die Abdichtung von Entwässerungssystemen sowie die Herausnahme von Dränagen und sonstigen Fehlschlüssen zur Sanierung von grundwasserbedingtem Fremdwasser geht üblicherweise einher mit einem Grundwasseranstieg, soweit keine alternativen Ableitungsmöglichkeiten geschaffen werden (REICHEL & GETTA 2000). Dieses kann zu neuerlichen Fremdwasserzuflüssen von bisher nicht im Grundwasser liegenden Schadstellen führen. Darüber hinaus kann die Verringerung der Grundwasserflurabstände zu Nutzungskonflikten wie beispielsweise der Vernässung von Kellern führen (BWK-Statusbericht 2003, GETTA et al. 2004), wodurch es zu erheblichen Sach- und Vermögensschäden kommen kann.

Weiterhin können durch die Sanierung von Kanalisationsnetzen Altlasten, Friedhöfe etc. durch einen Grundwasseranstieg in den Schwankungsbereich des Grundwassers geraten oder auch ständig durchströmt werden. Das Eintauchen in den Grundwasserkörper kann dann zu einer Mobilisierung von Schadstoffen führen (siehe Bild 21). Ob und in welchem Maße letztlich ein Gefährdungspotenzial von einer grundwasserbeeinflussten Altlast für das Grundwasser selbst ausgeht und über welche Pfade eine Mobilisierung von dort vorhandenen Schadstoffen erfolgen kann, ist abhängig von der Lage der Altlast, der hydrogeologischen Situation sowie den Mobilitätseigenschaften der Schadstoffe und ist deshalb im Einzelfall zu untersuchen.

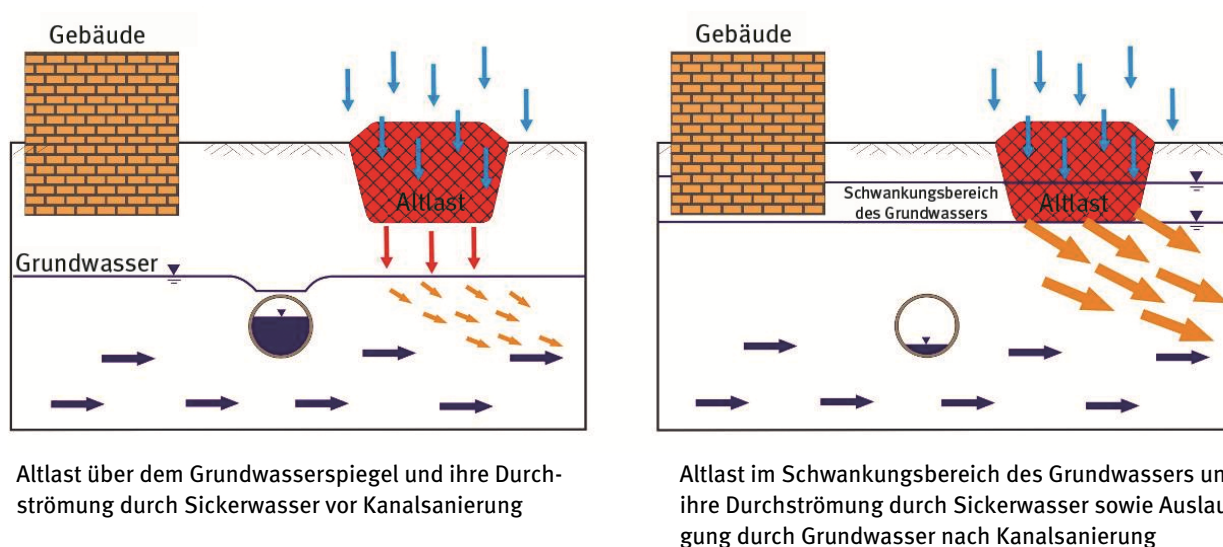


Bild 21: Mobilisierung von Altlasten infolge eines Grundwasseranstieges

Im Vorfeld einer flächendeckenden Kanalnetzsanierung sollten deshalb die Auswirkungen einer Kanalnetzabdichtung auf den Grundwasserkörper abgeschätzt werden. In der Sanierungsplanung muss die Drainagewirkung eines stark durch Fremdwasser beeinflussten Kanalnetzes berücksichtigt werden, um evtl. schädliche Auswirkungen einer Sanierung zu vermeiden. Gegebenenfalls werden geeignete Ersatzsysteme für die dränierenden Abwasserkanäle erforderlich, um unschädliche Flurabstände zu schaffen und möglicherweise belastetes Grundwasser abzuleiten oder zu reinigen (CZURDA 1992, BARKOWSKI et al. 1993, DVWK-Schriften 98/1996, GETTA et al. 2004). Der gezielte Betrieb von Drainageleitungen zur dauerhaften Grundwasserabsenkung ist mit der zuständigen Wasserbehörde abzustimmen und von ihr wasserrechtlich genehmigen zu lassen. Alternativ denkbar ist auch die Weiternutzung des bisherigen Ableitungssystems zur Drainage und die Herausnahme des Schmutzwassers durch den Bau eines neuen Schmutzwasserkanalnetzes.

Typische orientierende Anhaltswerte für Grenzflurabstände nach einer Kanalsanierung, bei denen erfahrungsgemäß nicht mit den oben genannten Nutzungskonflikten zu rechnen ist, können gemäß „Arbeitshilfe Fremdwassersanierungskonzept“ (MUNLV NRW 2010) abgeschätzt werden mit z. B.:

- Gebäude: 0,5 m unter der Kellersohle
- Landwirtschaftliche Flächen: 0,8 m unter Geländeoberkante
- Friedhöfe: 0,7 m unter der Grabsohle

Der Umfang und die Art weiterer Detailuntersuchungen zur Abschätzung eines Grundwasseranstieges richten sich nach den hydrogeologischen Verhältnissen. Tabelle 7 gibt einen Überblick über Verwendungszweck und Untersuchungsmethoden. Die erforderlichen Daten können ggf. durch folgende Institutionen bereitgestellt werden:

- Hydrogeologische und geologische Dienste der Länder,
- Wasserverbände und Wasserversorger,
- Kommunen,
- Wasserbehörden.

Tabelle 7: Überblick über Ziele und Untersuchungsmethoden zur Erfassung der hydrogeologischen Verhältnisse
(Quelle: EMSCHERGENOSSENSCHAFT 2009)

Nr.	Untersuchungsschritt	Verwendungszweck
1	Zusammenstellen der vorhandenen Unterlagen	Bewertung Ist-Zustand, Planung des ergänzenden Untersuchungsprogramms
2	Grundwassermessstellen (ggf. Planung und Bau, ggf. in Kombination mit sonstigen Baumaßnahmen)	Stichtagsmessung, Monitoring, hydrochemische Probennahme
	Stichtagsmessung	Erstellung Grundwassergleichen
	Grundwassergleichen	Grundlage zur Erstellung von Flurabstandskarten, Ermittlung der Lage der Kanäle unter der Grundwasseroberfläche (potenzielle Drainagefunktion)
	Flurabstandskarten	Abgrenzung Risikobereiche (Bereiche mit Unterschreitung Mindestflurabstände)
	Zeitreihen der Grundwasserstände	max/min-Grundwasserstände, Einordnung der Stichtagsmessung, Beweissicherung
	Grundwasserqualität	Chemische Analysen zur Bewertung der möglichen Einleitung
3	Vorflutsituation, Gewässer (Poldergebiete)	Vorflut (Kanal, Gewässer) muss gepumpt werden. Gegebenenfalls müssen Übergabepunkte für Grundwasserableitungen abgestimmt werden.
4	Grundwasserentnahmen/Wasserhaltungen Bilanzierungen (Grundwasserneubildung, Abfluss über Kanalnetze und Oberflächengewässer)	Eingangsdaten für die Grundwassermodelle (bei Bedarf) Abgrenzung der Schwerpunkte des Anfalls an grundwasserbedingtem Fremdwasser
5	Aufbau von Grundwassermodellen (bei Bedarf) siehe auch Abschnitt 8.3.3 (Grundwassermodelle)	Die Grundwassermodelle ermöglichen: • Ist-Zustand Grundwasserstand und Grundwasserströmung • Identifikation von dränierenden Kanälen • Bilanzierung der grundwasserbedingten Abflüsse über das Kanalnetz (Grundlage für den Abgleich mit Fremdwassermessungen) • Auswirkungsprognose bei einer schrittweisen und vollständigen Sanierung (Abdichtung) der Kanalnetze • Bemessung von Maßnahmen zur Regulierung des Grundwasserstandes
6	Derzeitige Auswirkungen/Wirkungszusammenhänge mit Nutzungen	Beweissicherung

9.4 Technische Maßnahmen zum Umgang mit Fremdwasser

9.4.1 Allgemeines

Im Rahmen einer einzugsgebietsbezogenen Untersuchung können parallel oder alternativ zur Fremdwasserreduzierung beispielsweise die nachfolgend aufgezeigten Maßnahmen einzeln oder in Kombination betrachtet werden. Sie sind Vorschläge zu einem pragmatischen Umgang mit Fremdwasser mit der Zielrichtung, die Gewässerbelastung kurzfristig zu reduzieren bzw. im Falle von Überlastungen der Kanalisation den Entwässerungskomfort spürbar zu verbessern. Sie entbinden den Betreiber jedoch nicht von der Aufgabe, den Fremdwasserabfluss durch Sanierung zu reduzieren.

9.4.2 Maßnahmen im Einzugsgebiet

Durch eine Abkopplung versiegelter Flächen vom Mischwasserkanal wird der Regenwasserabfluss im Kanal reduziert, sodass hierdurch auch das vorhandene Regenbeckenvolumen effektiver ausgenutzt wird. Jedoch sind Entsiegelungsmaßnahmen oft weniger effizient als direkte Abdichtungsmaßnahmen am Kanalnetz. Im Zuge der Schmutzfrachtberechnung lässt sich dies für das betreffende Einzugsgebiet individuell prüfen, wobei aber darauf zu achten ist, dass der tatsächliche Fremdwasserabfluss realistisch und in seiner vollen Schwankungsbreite abgebildet wird.

In der Schmutzwasserkanalisation führt niederschlagsbedingtes Fremdwasser oftmals zum Überstau der Kanalisation und zu unzulässigen Entlastungen von Schmutzwasser in Gewässer. Ist die Beseitigung der Fehlanschlüsse nur längerfristig möglich, sollte die zusätzliche Anordnung von abschlagsfreien Rückhalteräumen in der Schmutzwasserkanalisation geprüft werden, womit abfließende Niederschlagsmengen zwischengespeichert und Abflussspitzen gedämpft werden können. Die Dimensionierung des Rückhalteraaumes kann mit einer Modellrechnung in Anlehnung an Arbeitsblatt DWA-A 117 mit den dort genannten Verfahren erfolgen.

9.4.3 Maßnahmen an Regenwasserbehandlungsanlagen

Zeigen die Auswertungen von Einstau- und Entlastungscharakteristik in einem Verbund von Regenbecken fremdwasserbedingt ungleichmäßige Auslastungen, so ist eine Optimierung des Systems zu untersuchen.

Durch Abstimmung der Drosselabflüsse vorhandener Regenüberlaufbecken im Mischsystem untereinander und mit dem eventuell neu festgelegten Ausbauabfluss zur Kläranlage können die Gesamtemissionen im System minimiert werden. Bei verstellbaren Drosseln kann in diesen Fällen auch eine jahreszeitlich unterschiedliche Einstellung untersucht werden.

Weiterhin gibt es oft die Möglichkeit, zusätzliches Kanalvolumen zum Mischwasserrückhalt zu aktivieren, von der Umwidmung größerer Sammler zu Stauraumkanälen bis hin zu einer gezielten Kanalnetzbewirtschaftung.

Aus den Berechnungen nach Arbeitsblatt ATV-A 128 resultiert bei Ansatz einer höheren Fremdwasserabflussspende ein größeres Speichervolumen. Für den Fall, dass Regenbeckenvolumen ohnehin in einem System gebaut werden muss, bietet es sich an, das erforderliche Volumen mit relativ geringen Mehrkosten zu vergrößern. Damit wird anstatt oder in Kombination mit einer Fremdwasserreduzierung durch Speicherung die Gesamtemission verringert. Eine übermäßige Vergrößerung des Regenbeckenvolumens über ein spezifisches Volumen von $V_s = 35 \text{ m}^3/\text{ha}$ bis $40 \text{ m}^3/\text{ha}$ hinaus ist wasserwirtschaftlich allerdings meist nicht sinnvoll.

Entlasten Regenbecken bei Trockenwetter über einen längeren Zeitraum (einige Wochen oder Monate) und sind die oben vorgeschlagenen Maßnahmen nicht zielführend, bleibt nur eine weitere Reduzierung des Fremdwasserabflusses.

9.4.4 Maßnahmen auf der Kläranlage

Wirkungsvoll ist eine genehmigungsfähige Erhöhung des Ausbauabflusses der Kläranlage. Sie ist insbesondere dann in Betracht zu ziehen, wenn die Kläranlage Reserven aufweist, die ohne großen Aufwand genutzt werden können oder ohnehin Sanierungsbedarf aus betrieblichen Gründen oder wegen Schwierigkeiten bei der Einhaltung der Ablaufwerte besteht.

Es können auch Überlegungen zu eventuellen Verfahrensumstellungen (z. B. Flockungsmittelzugabe, Bypassstrategien, Einsatz von Schrägklärern etc.) zur temporären oder dauerhaften Erhöhung der Behandlungskapazität durchgeführt werden. Die Arbeitsgruppe KA-6.9 erarbeitet hierzu aktuell eine entsprechende Veröffentlichung.

10 Erfolgskontrolle

10.1 Allgemeines

Nach der Umsetzung sind die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen grundsätzlich hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und Zielerreichung zu bewerten. Da Fremdwassersanierungsprogramme für größere Entwässerungssysteme in der Regel langfristig angelegt sind, sollten auch bereits während der Umsetzungsphase entsprechende Erfolgskontrollen durchgeführt werden, um die abschließende Zielerreichung durch die geplanten Maßnahmen sicherzustellen bzw. bei festgestellten Abweichungen die geplante Sanierung zielorientiert anpassen zu können. Für die Erfolgskontrolle ist in der Regel der gleiche Messumfang im Sanierungsgebiet erforderlich wie bei der Fremdwasserbestimmung. Parallele Messungen in lokalisierten Fremdwassergebieten, in denen noch keine Sanierungen vorgenommen wurden, lassen dabei eine vergleichende Plausibilitätsprüfung zu.

Bei den Messungen ist dabei darauf zu achten, dass die Messstellenstandorte analog zur Fremdwasserbestimmung gewählt werden und Veränderungen im Einzugsgebiet und des Schmutzwasseranfalls rechnerisch berücksichtigt werden. Bei der Auswahl der Ereignisse sollten gleiche oder ähnliche Randbedingungen hinsichtlich Hydrologie und Hydrogeologie vorherrschen wie bei der Fremdwasserbestimmung.

10.2 Direkter Niederschlagsabfluss im Schmutzwasserkanal

Die Wirkung der Abkoppelung fehlangeschlossener, direkt abflusswirksamer Flächen vom Schmutzwasserkanal eines Trennsystems kann durch erneute Messung des Niederschlags und des Abflusses im Schmutzwasserkanal geprüft werden. Regenschreiber und Durchflussmessstelle sollten in ihrer Lage aufeinander abgestimmt sein. Problematisch dabei sind jedoch die stark schwankenden Einflüsse wie Abflussfähigkeit der Oberfläche und Regencharakteristik sowie die daraus resultierende große Schwankungsbreite des Fremdwasserabflusses. Auch spielen Bodensättigung und Vegetationsphase entscheidende Rollen, da oftmals im Rahmen einer Separation der Abflusskurven nicht zwischen direkt abflusswirksamen befestigten oder unbefestigten Flächen (z. B. Siefen oder Außengebieten) unterschieden werden kann. Die Auswertung der Messdaten erfolgt gemäß Abschnitt 8.3.1. Durch einen Vergleich der Steigungen beider Regressionsgeraden (Korrelation von Niederschlagshöhe und Niederschlagsabfluss vor und nach der Sanierung) kann auf die vom Schmutzwasserkanal abgekoppelte Fläche rückgeschlossen werden.

Die Erfolgskontrolle bei fehlangeschlossenen Flächen kann auch mit den im nachfolgenden Abschnitt 10.3 beschriebenen Methoden erfolgen. Dabei werden die oben genannten Einflüsse der Gebietscharakteristik und diejenigen der Regencharakteristik berücksichtigt.

10.3 Grundwasserbedingtes Fremdwasser

Grundwasserbedingtes Fremdwasser weist eine starke Abhängigkeit von dem zurückliegenden Wettergeschehen und den Bodenparametern im Untersuchungsgebiet auf. Die deskriptiven Ansätze, wie sie unter Abschnitt 8.2 beschrieben sind, können dieses oft nicht hinreichend berücksichtigen. Sofern bereits bei der Fremdwasserbestimmung ein hydrologischer Modellansatz oder ein Grundwassermodell (Abschnitt 8.3.2 oder 8.3.3) gewählt wurden, kann dieses auch zur Erfolgskontrolle genutzt werden. Hierbei wird der Einfluss unterschiedlicher Witterungen (Ursache) sowie deren zeitlicher Verlauf auf die Wasserbilanz im Untersuchungsgebiet und damit den Fremdwasserabfluss (Wirkung) berücksichtigt. Zur Erfolgskontrolle wird das bereits zur Fremdwasserbestimmung aufgestellte Modell mit unveränderten Grundparametern genutzt. Änderungen im Einzugsgebiet (Schmutzwasseranfall, versiegelte Flächen im Mischsystem) sind zu aktualisieren.

Im Rahmen einer erneuten Kalibrierung sind je nach verwendetem Modell die fremdwasserrelevanten Parameter, wie z. B. versiegelte Fläche im Trennsystem, Bodenspeichermodul (hydrologischer Ansatz) oder Leckagefaktor (Grundwassermodell), solange anzupassen, bis sie die nach Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen gemessenen Abflussverhältnisse wiedergeben. Ein Vergleich mit den Modellgrößen und Abflussvolumina vor der Sanierung quantifizieren den Sanierungserfolg.

11 Präventivmaßnahmen zur Vermeidung von Fremdwasser

11.1 Entwässerungssysteme mit Dränagewasserableitung

Vor dem Hintergrund, dass heutige Entwässerungssysteme nicht selten auch der Ableitung von Grund- und Dränagewasser dienen, stellt sich schnell die Frage, wie ein zukunftsfähiges Entwässerungssystem generell konzipiert sein müsste bzw. wie die heute vorhandenen Entwässerungssysteme (Trenn- oder Mischsystem) dahingehend strategisch optimiert werden könnten, wenn keine anderen Ableitungsmöglichkeiten für Grund- und Dränagewasser bestehen.

Ohne Abminderung des heutigen Entwässerungskomforts muss dabei jedes System für folgende Abflüsse eine umweltgerechte, wirtschaftliche und praxistaugliche Lösung bieten:

- Schmutzwasser,
- verschmutztes und damit behandlungspflichtiges Regenwasser,
- unverschmutztes Regenwasser,
- (unverschmutztes) Dränagewasser.

Aus Gründen der Praxistauglichkeit und der Wirtschaftlichkeit hat sich weiterhin gezeigt, dass dabei generell möglichst einfache Systeme zu bevorzugen sind. Dies bedeutet, dass möglichst wenige Entwässerungspfade vorgehalten werden sollten, um auf der einen Seite mögliche Fehlanlüsse weitestgehend zu vermeiden und auf der anderen Seite die Umweltauswirkungen von nicht bedachten (aber unvermeidbaren) Fehlanlässen möglichst zu minimieren. Die Problematik wird bereits beim relativ einfachen Trennsystem deutlich. So existiert z. B. ein in der Theorie angenommener regenwasserfreier Schmutzwasserkanal in der Realität nicht, sondern es treten immer niederschlagsbedingte Abflussspitzen auf, die häufig zu unerlaubten und ggf. auch unerkannten Abschlüssen aus dem Schmutzwassernetz führen, was theoretisch eigentlich nicht vorkommen dürfte. Mit noch komplexeren Systemen und einer weiteren Differenzierung nach verschiedenen Abflusskomponenten dürfte diese Fehlerquelle weiter ansteigen und damit die Effizienz der Systeme, zumindest gegenüber der theoretisch möglichen Leistungsfähigkeit, abnehmen. Zudem ist aus ganz praktischen Gründen (Enge des verfügbaren Straßenraumes, Problematik sich kreuzender Leitungen) sowie aufgrund der wirtschaftlichen Zwänge davon auszugehen, dass Entwässerungssysteme mit mehr als zwei Entwässerungspfaden auch in Zukunft eher die Ausnahme bleiben werden.

Problematisch ist auch die Ableitung von verschmutztem Niederschlagswasser und unverschmutztem (dauerhaft abfließenden) Fremdwasser. Klassische Niederschlagswasserbehandlungsanlagen mit besonders hohem Wirkungsgrad, z. B. Retentionsbodenfilter oder Regenklärbecken mit Drosselabfluss zur Kläranlage, sind hierfür grundsätzlich keine Lösung. Für einen wasserwirtschaftlich sinnvollen Umgang mit den behandlungspflichtigen Flächen erscheint es daher erforderlich, diese möglichst separat zu fassen und möglichst fremdwasserfrei einer Regenwasserbehandlungsanlage zuzuführen. Hierzu sind in Abhängigkeit der Gebietsstruktur zentrale oder dezentrale Anlagen vor der Zusammenführung mit den Abflüssen von den nicht behandlungsbedürftigen Flächen (und dem Fremdwasserabfluss) denkbar. In jedem Fall ist es aber sinnvoll, dauerhafte Fremdwasserabflüsse aus dem Einzugsgebiet separat abzuleiten und an der Behandlungsanlage vorbeizuführen. Ein solcher, dann erforderlicher Dränagewasserkanal könnte gleichzeitig für den Anschluss von nicht behandlungsbedürftigen Flächen genutzt werden. Insgesamt ist ein solches System aber fehleranfällig und nur wenig flexibel im Hinblick auf veränderte Gebietsnutzungen.

Aufgrund der bislang unterschätzten Fremdwasserproblematik ist die gemeinsame Abwasserableitung aller Teilströme in einem Mischwasserkanal mit der heutigen Reinigungstechnologie aber ebenfalls häufig keine Lösung sofern die existierenden Anforderungen an die Schmutzwasserreinigung und Regenwasserbehandlung eingehalten werden sollen. Auch hier ist es sinnvoll oder sogar notwendig, den dauerhaften Dränagewasserabfluss aus dem Einzugsgebiet separat abzuleiten und an der Regenwasserbehandlungsanlage sowie der Kläranlage vorbeizuführen. Ein dann dafür erforderlicher Fremdwasser- oder Dränagewasserkanal könnte gleichzeitig für den Anschluss von nicht behandlungsbedürftigen Flächen genutzt werden.

Als zukunftsfähige Lösungen erscheinen daher im Wesentlichen nur die in Bild 22 dargestellten Ansätze für die Siedlungsentwässerung:

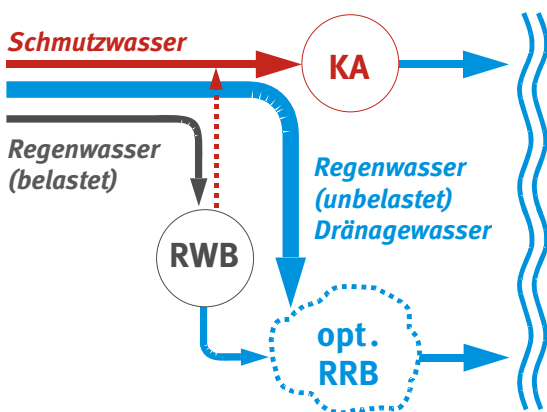
- Beim klassischen **Trennsystem** wird das Dränagewasser (zukünftig) im Regenwasserkanal abgeleitet. Die Niederschlagsabflüsse von belasteten Oberflächen werden vor dem Zufluss zum Regenwasserkanalnetz behandelt. Dazu sind beispielsweise dezentrale Lösungen denkbar. Alternativ ist das Netz um einen dritten Kanal, z. B. für das belastete Regenwasser, zu erweitern.
- Das klassische **Mischsystem** wird um einen „Dränagewasserkanal“ für das Fremdwasser erweitert. An diesem Kanal könnten mittel- bis langfristig auch die unbelasteten Oberflächen angeschlossen werden, sodass im Mischwasserkanal zukünftig nur noch die Oberflächenabflüsse von belasteten Flächen abgeleitet werden.

Neben diesen beiden Hauptformen existieren natürlich weitere Mischformen und Detailvarianten, auf die an dieser Stelle jedoch nicht weiter eingegangen wird.

Hinsichtlich der Betriebssicherheit ist dabei das erweiterte Mischsystem insgesamt positiver zu beurteilen, da beim Trennsystem nach wie vor keine Lösung für die **immer vorhandenen**, wenn auch durch entsprechende Betriebsüberwachung minimierbaren Regenabflussspitzen im Schmutzwasserkanal gegeben ist. Diese Problematik könnte letztlich nur durch die Schaffung von Speicherräumen vor der Kläranlage gelöst werden, die aber bei besonders starken Niederschlagsereignissen naturgemäß immer noch zu einem Notüberlauf führen können. Die Zulässigkeit eines Notüberlaufs ist im behördlichen Genehmigungsprozess festzulegen.

Durch die mögliche Flächenabkopplung im Mischsystem (Anschluss von unbelasteten Flächen an den „Dränagewasserkanal“) würden sich die Entlastungsraten der vorhandenen Mischwasserbehandlungsanlagen (Regenüberlaufbecken) schließlich reduzieren. Die Wirksamkeit der Regenwasserbehandlung nähme zu, und die Gewässer würden gegenüber dem heutigen Zustand entlastet. Würde der bisherige Mischwasserkanal als zukünftiger „Dränagewasserkanal“ genutzt, ließe sich durch den Neubau eines neuen Ableitungssystems für das Schmutzwasser und das behandlungspflichtige Niederschlagswasser auch ohne die extrem aufwendige Suche der Fremdwasserzuflüsse eine praktikable und erfolgversprechende Fremdwassersanierung eines vorhandenen Mischwasserkanalnetzes durchführen. Die Wirtschaftlichkeit dieses Ansatzes ist aber für die spezifischen Randbedingungen im Einzelfall zu untersuchen.

Trennsystem



KA	Kläranlage
RWB	Regenwasserbehandlungsanlage
RÜB	Regenüberlaufbecken
opt. RRB	optionales Regenrückhaltebecken

Mischsystem

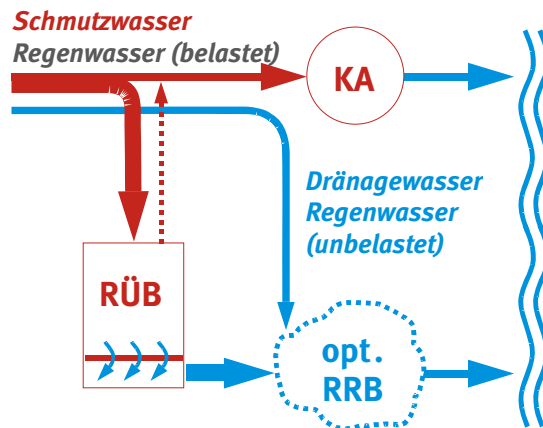


Bild 22: Zukünftige Ansätze für die Siedlungsentwässerung (nach PECHER 2008)

11.2 Empfehlungen zur Fremdwasservermeidung

Zur Fremdwasservermeidung können Maßnahmen bei der Sanierung vorhandener bzw. der Erschließung von neuen Siedlungsgebieten und der Bebauung von Grundstücken durchgeführt werden. Sie haben das Ziel, Grundwasser und nicht behandlungsbedürftiges Niederschlagswasser möglichst vollständig von der Kanalisation fernzuhalten. Hierzu zählen eine durchdachte Bauausführung bei der Errichtung von Gebäuden sowie eine grundwasserunempfindliche und somit fremdwasserarme Entwässerungskonzeption (HENNERKES 2006). Eventuell sind dazu auch entsprechende Hinweise im Bebauungsplan sinnvoll (siehe Abschnitt 12).

Bei einem Neubau kann bereits im Vorfeld durch verschiedene Maßnahmen die Entstehung von Fremdwasser weitestgehend vermieden werden. Die Wahl der Vorsorgemaßnahmen sollte in Abhängigkeit von den möglichen Ursachen eines potenziellen Fremdwasserproblems getroffen werden. Letztendlich gehört die Gewährleistung von Standsicherheit und Nutzbarkeit eines Gebäudes zu den Verantwortungsbereichen des Architekten bzw. Bauherrn. Dieser ist verpflichtet, die Grundwasserstände der letzten Jahrzehnte zu recherchieren und die Abdichtung des Gebäudes auf den höchsten gemessenen bzw. zu erwartenden Grundwasserstand auszulegen. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass sich ein Grundwasserstand unabhängig von den natürlichen Schwankungen im Verlauf eines wasserwirtschaftlichen Jahres, z. B. durch Grundwasserentnahmen zur Wassergewinnung oder durch Veränderungen der Abbauplanung im Bereich von Tagebau und Bergwerken, jederzeit ändern kann (HENNERKES 2006).

Fremdwasser durch Undichtheiten

Bereits in der Planungsphase kann durch eine entsprechende Beratung der Architekten und Bauherren über die Ausführung der Grundstücksentwässerungsanlagen und der Werkstoffwahl späteren Undichtheiten von Kanälen und Leitungen sowie Schächten vorgebeugt werden.

Da erfahrungsgemäß die Bauausführung den größten Einfluss auf die Dichtheit der Kanäle, Schächte und Grundstücksentwässerungsanlagen hat, ist besonders in dieser Phase eine konsequente Überwachung wichtig. Daher ist bei Kanalbaumaßnahmen in offener Bauweise die Ausführung nach dem Verfüllen der Gräben zu prüfen, auch wenn dies in der Praxis häufig nicht praktiziert wird. Aus organisatorisch-finanziellen Gesichtspunkten kann zusätzlich eine Prüfung vor dem Verfüllen der Gräben sinnvoll sein. Auf eine normgerechte Verfüllung und Verdichtung der Baugruben ist zu achten. Grundsätzlich sind Dichtheitsprüfungen gemäß DIN EN 1610 in Verbindung mit dem Arbeitsblatt DWA-A 139 bzw. DIN 1986-30 durchzuführen. Zur Erleichterung zukünftiger Kontrollen sind Schächte nahe der Grundstücksgrenze sinnvoll. Dies kann in den Entwässerungssatzungen geregelt werden.

Alternativ zu einer Entwässerungskonzeption im Misch- oder Trennsystem bieten sich eine Druck- oder Unterdruckentwässerung an, um Fremdwasser durch Undichtheiten langfristig zu vermeiden. Die Netze der Druck- und Unterdruckentwässerung liegen in einer geringeren Tiefe als die Freispiegelentwässerung, da sie unabhängiger vom Gefälle sind. Einziges Kriterium ist eine frostfreie Verlegung. Hierdurch liegen sie in der Regel oberhalb des Grundwasserspiegels. Ergänzend kommt hinzu, dass die Kosten der Entwässerung von Außengebieten im Misch- oder Trennsystem deutlich höher sind als bei einer Druck- bzw. Unterdruckentwässerung. Für die Ableitung von Regenwasser müssten separate Systeme angelegt werden, an die auch Gebäudedrängen angeschlossen werden können. Hingegen wird eine Druckentwässerung besonders in Wasserschutzgebieten als kritisch wegen einer möglichen Exfiltration von Abwasser angesehen. In solchen Fällen wird die Unterdruckentwässerung bevorzugt (HENNERKES 2006).

Fremdwasser durch Fehllanschlüsse

Der Anschluss von privaten Entwässerungsleitungen an eine öffentliche Kanalisation wurde bisher oft von den Grundstückseigentümern selbst oder zum Teil auch unsachgemäß von einer beauftragten Baufirma durchgeführt. Dies hat in der Vergangenheit häufig zu Fehllanschlüssen im Trennsystem oder undichten Stutzen geführt. Um derartige Fehler künftig zu vermeiden, sollte der entwässerungstechnische Anschluss eines Grundstückes nur von der Kommune selbst oder von der Kommune ausdrücklich zugelassenen Baufirmen vorgenommen werden dürfen. Eine solche Festlegung kann in der Entwässerungssatzung entsprechend geregelt werden.

Zur Vermeidung von Fehllanschlüssen ist eine gezielte Sensibilisierung der Planer (Architekten) für den Umgang mit Entwässerungstechniken notwendig. Insbesondere bei Trennkanalisationen ist die Bauausführung und die Anschlusssituation vor dem Verfüllen der Baugrube zu kontrollieren, da sich nur in diesem Zustand die Richtigkeit der Anschlüsse visuell einfach prüfen lässt. Zusätzlich sollten immer Bestandspläne der Grundstücksentwässerung gefordert werden, um Kontrollen zu einem späteren Zeitpunkt zu erleichtern.

Da es sich bei den an die Kanalisation angeschlossenen Drängen vielfach um früher geduldete Fehllanschlüsse handelt bzw. Drängen von Grundstückseigentümern, die oftmals wider besseren Wissens an die Kanalisation angeschlossen werden, um feuchten Kellern und Grundstücksvernässungen vorzubeugen, ist es zweckmäßig, ggf. alternative Ableitungssysteme für das anfallende Fremdwasser zu betreiben. So kann für die Entwässerung von Dränageleitungen beispielsweise ein Dränagesammler, ein separater Reinwasserkanal oder die ortsnahe Einleitung in einen Graben genutzt werden.

Gegebenenfalls ist auch ein kombiniertes Regenwasser-/Dränagewasserkanalnetz ein sinnvoller Lösungsansatz. Zur präventiven Vermeidung von Fehlschlüssen von Dränagen an den Schmutzwasserkanal kann es dabei sinnvoll sein, den Schmutzwasserkanal höhenmäßig über dem Regenwasser-/Dränagekanal anzuordnen.

Anlagen der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung sind so zu bemessen, dass kein Überlauf aus der Versickerungsanlage in die Kanalisation erforderlich wird. Ein Überlauf in den Schmutzwasserkanal ist generell unzulässig.

Fremdwasser durch Schächte

Bei Trennsystemen kann dem Zufluss von Niederschlagswasser über die Öffnungen der Schachtdeckel in die Schmutzwasserkanalisation mit planerischen Maßnahmen vorgebeugt werden. Schächte sollten so geplant werden, dass ihnen von der Geländeoberfläche kein oder möglichst wenig Niederschlagswasser zuströmt. Die Anordnung von ausreichendem Längs- und Quergefälle an der Oberfläche kann das unerwünschte Zuströmen von Niederschlagswasser über Kanaldeckel ins Kanalnetz vermindern (vgl. Bild 23). Alternativ kann durch die Wahl der Lage der Kanalisation im Bereich der Straße Einfluss genommen werden. Weiterhin sollten die Schachtdeckel mindestens plangleich, ggf. auch leicht erhöht eingebaut werden. In überflutungsgefährdeten Bereichen ist auf besondere Sorgfalt bei der Bauausführung der Schächte zu achten. Idealerweise sollten in solchen Gebieten jedoch keine Schmutz- und Mischwasserkanäle verlegt werden.

Gerade nach starken Niederschlägen und im Frühjahr während der Schneeschmelze lassen sich besonders in ländlichen Regionen erhebliche Zuflüsse von Oberflächenwasser über befestigte oder unbefestigte Flächen zur Kanalisation beobachten. Zur Vermeidung eines solchen Fremdwasserzuflusses im Trennsystem ist die Ableitung von Oberflächenwasser bei der Entwässerungskonzeption von Siedlungsgebieten besonders sorgfältig zu planen, indem ein Zufluss dieses Wassers in die Kanalisation über Schachtdeckelöffnungen, Dränagen oder fehlangeschlossene befestigte Flächen verhindert wird. Hierbei ist auch das oberflächennah abfließende Sickerwasser einzubeziehen.

11.3 Einflüsse durch demografischen Wandel und Klimaveränderungen

Die Prognosen zur demografischen Entwicklung Deutschlands zeigen, dass bis zum Jahr 2050 die Gesamtbevölkerung derzeit rd. 82 Mio. Einwohner (2010) auf 69 Mio. bis 74 Mio. Einwohner abnimmt (StBA 2011). Mit der demografischen Entwicklung verbunden ist insbesondere der Rückgang des Wasserverbrauchs (WRICKE & KORTH 2007). Mit dem sinkenden Wasserverbrauch nimmt parallel die Abwassermenge ab. Damit ist zu erwarten, dass der Fremdwasseranteil kontinuierlich zunimmt, da der Fremdwasserabfluss in den nicht sanierten Netzen wohl unverändert bestehen bleibt.

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor sind die möglichen Auswirkungen des Klimawandels. Die Prognosen weisen dabei im Vergleich mit der demografischen Entwicklung eine sehr große Variabilität der Ergebnisse auf. Für steigende Fremdwasserabflüsse ist dabei insbesondere die regionale Zunahme der Niederschlagsmenge im Winter von Bedeutung, die zur Erhöhung der Grundwasserneubildung führen kann. In diesen Fall ist zu erwarten, dass der Fremdwasseranteil kontinuierlich zunimmt, da die Fremdwassermenge in nicht sanierten Netzen durch zufließendes Grundwasser ansteigt. Aber auch Fehlschlüsse in Trennsystemen können dabei zu steigenden Fremdwassermengen führen. Aufgrund der großen regionalen Variabilität der klimabedingten Grundwasserneubildungsentwicklung können jedoch auch Neubildungsdefizite entstehen, die zu sinkenden Fremdwassermengen führen. Eine detaillierte Darstellung der möglichen Auswirkungen sind auch im DWA-Themenband „Klimawandel – Herausforderungen und Lösungsansätze für die deutsche Wasserwirtschaft“ (DWA 2010) enthalten.

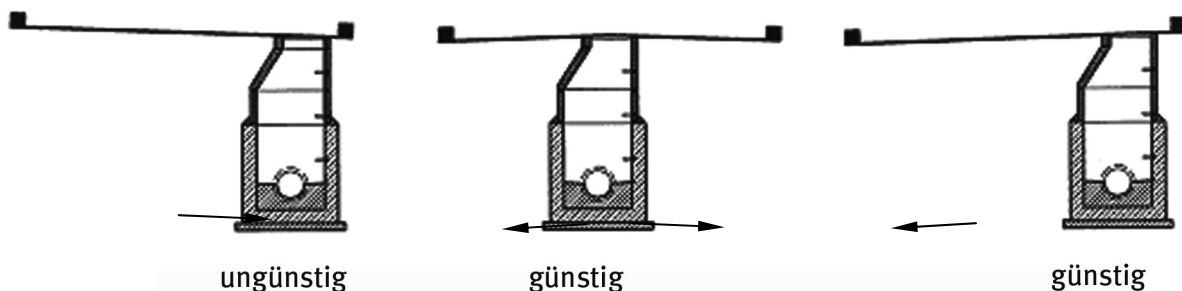


Bild 23: Beispiele für die Anordnung von Schachtbauwerken des Schmutzwassersystems im Bereich von Straßen

12 Rechtliche Aspekte

12.1 Allgemeines

Bei der Fremdwassersanierung ergeben sich oftmals auch rechtliche Fragestellungen, welche die Umsetzung von technischen Lösungen verzögern, erschweren oder in Frage stellen können. Nachfolgend sind häufig auftauchende rechtliche Fragestellungen zusammengestellt und kommentiert. Dabei können keine abschließenden und allgemeingültigen, rechtssicheren Antworten gegeben werden. Ziel ist es, die jeweilige Thematik für die ingenieurtechnische Arbeit aufzubereiten und mögliche Problemfelder darzustellen.

12.2 Gibt es eine rechtliche Definition von Fremdwasser?

Der Begriff „Fremdwasser“ ist sowohl in Gesetzesnormen des Bundes als auch der Länder nicht enthalten. Es gibt daher keine rechtliche Definition von Fremdwasser. Eine ausführliche technische Definition ist in Abschnitt 2.1.1 dieses Merkblattes gegeben.

12.3 Ist Fremdwasser Abwasser im rechtlichen Sinne?

Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) enthält in seiner Neufassung, die ab dem 01.03.2010 gilt, in § 54 folgende Definition für Abwasser, Abwasserbeseitigung:

„(1) Abwasser ist

1. das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte Wasser und das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser (Schmutzwasser) sowie
2. das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser (Niederschlagswasser).

Als Schmutzwasser gelten auch die aus Anlagen zum Behandeln, Lagern und Ablagern von Abfällen austretenden und gesammelten Flüssigkeiten.“

Nach der Definition des Begriffes „Fremdwasser“ in diesem Merkblatt ist dieses kein Wasser, dass durch Gebrauch in seinen Eigenschaften verändert ist, wohl aber in Abwasseranlagen gemeinsam mit diesen Abwasserbestandteilen zusammen abfließen kann, wie z. B. Grund- oder Quellwasser im Schmutz- oder Mischwasserkanal. Durch das Hineingelangen von Fremdwasser in eine Abwasseranlage ist aber grundsätzlich immer davon auszugehen, dass durch die Vermischung mit anderem Abwasser, das sich in der Abwasseranlage befindet,

dieses verunreinigt oder sonst in seinen Eigenschaften verändert wird. Damit ist aus wasserrechtlicher Sicht Fremdwasser in einer Abwasseranlage Abwasser.

12.4 Existieren rechtliche Vorschriften, die den zulässigen Fremdwasserabfluss definieren?

Nach § 60 Wasserhaushaltsgesetz (WHG – § 18b WHG a. F.) sind Abwasseranlagen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik (a. a. R. d. T.) zu errichten, zu betreiben und zu unterhalten. Die a. a. R. d. T. werden beispielsweise in DIN EN- sowie DIN-Normen und DWA-Arbeitsblättern abgebildet. Hier werden zwar keine konkreten Grenzwerte für Fremdwasser genannt, sehr wohl aber Anforderungen an den Bau und an den Betrieb von Abwasseranlagen, wie z. B. die Dichtheit eines Kanalnetzes.

Nach § 57 WHG (§ 7a Abs. (1) WHG a.F.) legt die Bundesregierung durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates Anforderungen an das Einleiten von Abwasser fest, die dem Stand der Technik entsprechen. In der Abwasserverordnung (AbwV) wird in § 3 Abs. (3) ausgeführt, dass die in den Anhängen als Konzentrationswerte festgelegten Anforderungen nicht entgegen dem Stand der Technik durch „Verdünnung“ erreicht werden dürfen.

Es gibt jedoch keine einheitliche bundesweite Regelung, ab wann eine Verdünnung entgegen dem Stand der Technik vorliegt. Einzelne Bundesländer haben aber zum Teil konkrete Bestimmungen in landesrechtlichen Vorschriften wie beispielsweise in ihren Wasser- und Abwasserabgabengesetzen zu dem Begriff „Verdünnung“ im Sinne vom § 3 Abs. (3) AbwV festgelegt. Die bestehenden Regelungen sind mit Stand Dezember 2002 im 1. Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-1.3 „Fremdwasser“ „Fremdwassersituation in Deutschland“ (KA – Abwasser, Abfall 2003 (50) Nr. 1, Seite 71 ff.) zusammengefasst.

12.5 Wann ist der Netzbetreiber aus rechtlicher Sicht gezwungen, das Fremdwasser zu reduzieren?

Für den Bau und den Betrieb von Abwasseranlagen sowie für das Einleiten von Abwasser aus Abwasseranlagen in Gewässer gelten die Ausführungen zu Abschnitt 12.4. Das bedeutet unter anderem, dass Kanalnetze dicht sein müssen, gemäß den Regeln der Technik betrieben werden und Anforderungen in Form von Konzentrationswerten nicht entgegen dem Stand der Technik durch Verdünnung erreicht werden dürfen.

Kann der Betreiber der Abwasseranlage diesen Anforderungen aufgrund einer vorhandenen Fremdwasserproblematik nicht gerecht werden, so erfordert dies eine Reduzierung des Fremdwasseraufkommens. Entsprechende Auflagen zur Fremdwasserreduzierung können auch in wasserrechtlichen (Sanierungs-)Bescheiden enthalten sein.

12.6 Welche rechtlichen Möglichkeiten haben Aufsichtsbehörden bzw. der Netzbetreiber, die Einleitung von Fremdwasser zu unterbinden?

Seitens der Aufsichtsbehörden bzw. des Kanalnetzbetreibers existieren verschiedene Handlungsmöglichkeiten, die Einleitung von Fremdwasser zu unterbinden.

Handlungsmöglichkeit über das Satzungsrecht (Entwässerungssatzung)

Gelangt Fremdwasser von einer privaten Grundstücksentwässerungsanlage in die öffentliche Entwässerungsanlage, weil die privaten Leitungen z. B. undicht bzw. sanierungsbedürftig sind und wird so die Funktionsfähigkeit der öffentlichen Abwasseranlage beeinträchtigt, kann der Kanalnetzbetreiber über die Entwässerungssatzung Untersagungsverfügungen oder Sanierungsverfügungen aussprechen. Bei Erlass einer Verfügung ist eine hinreichende Konkretisierung erforderlich. Das heißt, der Adressat muss aus der Verfügung ablesen können, welche Handlungen vorzunehmen oder zu unterlassen sind. Bei einer Verfügung gelten die Maßgaben der Verhältnismäßigkeit. Ist das Ableitungsverbot unverhältnismäßig, kann im Einzelfall eine Ausnahmegenehmigung erteilt werden.

Handlungsmöglichkeit über das Baurecht bzw. Wasserrecht

Bau, Betrieb und Wartung des öffentlichen Kanalnetzes unterliegen bundeseinheitlich dem Wasserrecht. Für private Entwässerungssysteme sind länderspezifisch unterschiedliche Zuordnungen in das Baurecht oder Wasserrecht möglich. Unabhängig davon, ob es sich um öffentliche oder private Abwasserleitungen handelt, sind diese im Sinne des § 60 WHG (§ 18b WHG a. F.) jedoch immer Abwasseranlagen und unterliegen damit auch der Aufsicht der Wasserbehörden. Zusätzlich unterliegen private Leitungen als bauliche Anlagen auch den baurechtlichen Bestimmungen (CZYCHOWSKI & REINHARDT, Kommentar zum WHG, 10. Aufl. 2010, § 60b, Randziffer 4, 27).

Somit können über wasserrechtliche Verfügungen sowohl im öffentlichen als auch im privaten Kanalnetz fremdwasserreduzierende Maßnahmen angeordnet werden. Darüber hinaus kann auch das Baurecht die Möglichkeit eröffnen, Sanierungsverfügungen im privaten Bereich auszusprechen.

12.7 Können bisher langjährig geduldete oder genehmigte Fremdwassereinleitungen zurückgenommen werden?

Im Gegensatz zum Baurecht kennt das Wasserrecht keinen Bestandsschutz. Vielmehr unterliegen das Wasserrecht und die darauf aufbauenden satzungsrechtlichen Regelungen der ständigen Anpassung an die aktuellen Verhältnisse und die allgemein anerkannten Regeln der Technik (§ 60 WHG – § 18b WHG a. F.).

So ist es der Kommune gestattet, durch Satzungsänderung Eingriffe in bestehende Verhältnisse vorzunehmen, weil das Vertrauen des Einzelnen in den unveränderten Fortbestand der Satzung nicht schutzwürdig ist. Ein ausdrückliches Verbot der Einleitung von Grund- und Dränagewasser kann somit ohne Weiteres auch nachträglich in die Entwässerungssatzung aufgenommen werden.

Die ungenehmigte Einleitung von Grund-, Dränage- und Quellwasser war jedoch auch vor einer ausdrücklichen satzungsrechtlichen Untersagung zu keiner Zeit rechtmäßig. Dennoch hat die Kommune bei Erlass einer entsprechenden Untersagungsverfügung ihr Ermessen auszuüben und insbesondere den Grundsatz der Verhältnismäßigkeit zu beachten. Eine Untersagungsverfügung kann aber unproblematisch erlassen werden, soweit nicht ganz erhebliche Bedenken gegen die Verhältnismäßigkeit bestehen. Verhältnismäßig handelt sie, wenn es keine andere, gleichermaßen geeignete Möglichkeit gibt, den Fremdwassereintrag zu verhindern, als auf dem Untersagungswege, und wenn die mit dem Einleitungsverbot verbundenen Folgen für den betroffenen Bürger nicht außer Verhältnis zum Erfolg stehen. Die Belange der Allgemeinheit in Form einer funktionstüchtigen und kostengünstigen Abwasseranlage gehen in diesen Grenzen grundsätzlich vor.

Bei einer vormals genehmigten oder stillschweigend geduldeten Grund-, Dränage- und Quellwassereinleitung verändert sich lediglich die Gewichtung der Einzelfallumstände im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsprüfung.

Der Widerruf einer Genehmigung bzw. die Beendigung einer Duldung darf auch nicht willkürlich sein. Die Gemeinde handelt nicht willkürlich, wenn sie ihre Maßnahmen z. B. im Rahmen eines sinnvollen Konzeptes zur Fremdwasserreduzierung trifft.

12.8 Können die fremdwasserverursachten Kosten bei der Ableitung im bestehenden Entwässerungssystem gebührenrechtlich berücksichtigt werden? Wie können alternative Entwässerungssysteme zur Ableitung von Fremdwasser finanziert werden?

Die pauschale Einrechnung der fremdwasserverursachten Kosten in die allgemeine Abwassergebühr ist grundsätzlich problematisch zu sehen, wenn die Kosten einen nicht nur unwesentlichen Anteil ausmachen. Ähnlich wie bei einer für Schmutz- und Niederschlagswasser getrennten Abwassergebühr könnte daraus die Notwendigkeit einer separaten Fremdwassergebühr entstehen. Die rechtlichen Möglichkeiten zur Erhebung einer solchen Gebühr sind grundsätzlich vorhanden. In der praktischen Umsetzung existieren allerdings erhebliche Probleme, vor allem wegen der Frage eines sinnvollen und gerechten Gebührenmaßstabes.

Beim Bau von alternativen Entwässerungssystemen, speziell für die Fremdwasserbeseitigung (z. B. Dränagewasserkanal), stellt sich unabhängig vom jeweiligen Kostenanteil in Bezug auf die Gesamtkosten der Abwasserentsorgung die Frage der Finanzierungsmöglichkeit. Mangels „Abwassereigenschaft“ des Fremdwassers wären solche Systeme nämlich nicht als Anlagen der Abwasserentsorgung einzustufen und könnten damit grundsätzlich nicht über die Abwassergebühr finanziert werden. Davon abweichend enthält z. B. das LWG NRW seit 31.12.2007 die Regelung, dass zu den ansatzfähigen Kosten der Abwassergebühr auch die Kosten zur Ableitung und Behandlung von Grund- und Dränagewasser über öffentliche Abwasser- oder Fremdwasseranlagen gehören.

Denkbar sind jedoch eigenständige Benutzungsgebühren aufgrund einer gesonderten Satzung.

12.9 Haben Grundstückseigentümer einen Anspruch auf kostenlose Beseitigung von Dränagewasser? Ist die Kommune für Folgeschäden bei Nichtannahme von Dränagewasser haftbar?

Da es sich bei Dränagewasser, bevor es in die Kanalisation gelangt, nicht um Abwasser handelt, besteht kein Anspruch eines Grundstückseigentümers auf die Beseitigung des Dränagewassers in der kommunalen Entwässerungsanlage. Das gilt umso mehr für die Kostenfreiheit der Abnahme.

Demnach kann, insbesondere bei einer Verweigerung von Neuanschlüssen, die Kommune nicht für eventuelle Folgeschäden verantwortlich sein (siehe auch Abschnitt 12.11). Aber auch im Falle der Untersagung einer in der Vergangenheit erfolgten Einleitung von Dränagewasser kann der Grundstückseigentümer dem Bescheid regelmäßig nicht entgegenhalten, dass durch die Nichtableitung dieses Fremdwassers ggf. Vernässungsschäden auftreten können und schlimmstenfalls sogar die Standicherheit seines Gebäudes gefährdet sein kann. Ist die Untersagungsverfügung nach den oben dargestellten Maßgaben rechtmäßig, muss die Kommune gewöhnlich auch nicht für folgende Vernässungsschäden haften. Gerade in den Fällen, in denen die Einleitung des Fremdwassers nie genehmigt bzw. geduldet war, treten die privaten Belange des einzelnen Grundstückseigentümers hinter das öffentliche Interesse der Kommune an dem Schutz der öffentlichen Abwassereinrichtung zurück. Wurde die Einleitung hingegen in der Vergangenheit genehmigt bzw. geduldet, begrenzt das den Ermessensspielraum des öffentlichen Kanalnetzbetreibers. Eine Untersagung der ehemals legitimierten Einleitung kann insbesondere dann unverhältnismäßig sein, wenn dem Grundstückseigentümer nicht oder nur unter unzumutbarem Aufwand der anderweitige Schutz seines Grundstückes und der baulichen Anlagen vor Vernässungsschäden möglich ist.

12.10 Wer ist für die Beseitigung von unerlaubt angeschlossenen Dränagen verantwortlich? Wer trägt die Kosten für das Umklemmen von Dränagen?

Der Grundstückseigentümer ist für die Beseitigung von unerlaubt angeschlossenen Dränagen verantwortlich.

Der Anschluss eines Grundstückes an einen möglicherweise vorhandenen Dränagewasserkanal kann auf freiwilliger Basis im Sonderinteresse des Grundstückseigentümers erfolgen. In diesem Fall hat der Eigentümer auch die Kosten des Anschlusses zu tragen. Hintergrund ist, dass für den Anschluss an einen Dränagewasserkanal in der Regel kein Anschluss- und Benutzungszwang angeordnet und durchgesetzt werden kann.

12.11 Wer haftet für Vermögensschäden durch einen infolge Kanalsanierung hervorgerufenen Grundwasseranstieg? Dürfen grundwasserabsenkende Maßnahmen durchgeführt werden? Wer trägt die Kosten?

Fremdwasserreduzierende Maßnahmen greifen in den Wasserhaushalt ein und können bei Unterbindung des Grundwasserzuflusses in die Kanalisation einen Anstieg des Grundwasserspiegels verursachen. Gewöhnlich steigt der Grundwasserspiegel dann auf ein Höhnenniveau an, das vergleichbar mit einem Bauzustand ohne dränierende Elemente im Boden ist.

Bei der Errichtung eines Gebäudes ist der Bauherr bzw. der von ihm eingeschaltete Planer für einen entsprechenden Schutz des Gebäudes gegen Grundwasser verantwortlich. Er hat dabei den höchsten jemals gemessenen bzw. zu erwartenden Grundwasserstand bei der Planung des Gebäudes zu berücksichtigen. Zwar hat eine Kommune bzw. die zuständige Genehmigungsbehörde die Baupläne in der Regel zu genehmigen, jedoch kann hieraus kein unmittelbarer Haftungsanspruch seitens des Bauherrn gefolgert werden.

Mit der Sanierung ihrer öffentlichen Kanalisation (und der damit einhergehenden Abdichtung der vorhandenen Abwasseranlagen) handelt eine Kommune auch pflichtgemäß entsprechend den rechtlichen Anforderungen. Ein Anspruch auf Undichtheit der öffentlichen Abwasseranlage besteht in keinem Fall. Gleiches gilt bei privaten Abwasserleitungen. Ebenfalls besteht kein Anspruch auf den Anschluss einer Dränage an die öffentliche Abwasseranlage und das Fortbestehen eines bereits vorhandenen Anschlusses.

Aus fachlicher Sicht sind die möglichen Auswirkungen einer Kanalsanierung jedoch durch die verantwortlich handelnden sachkundigen Personen abzuschätzen. Die Anwohner sollten über gefährdete Gebiete, die z. B. auf der Basis von Grundwassermodellen ermittelt wurden, informiert werden. Gegebenenfalls sind auch Maßnahmen zur Sicherung der Vermögenswerte zu ergreifen. Grundwasserabsenkende Systeme sind dabei erlaubnispflichtig, im privaten Bereich jedoch grundsätzlich nicht erlaubnisfähig, sofern das Wohl der Allgemeinheit solche Systeme nicht ausdrücklich erforderlich macht. Drohen allerdings flächenhafte Vernässungen mit einer großräumigen Schädigung von Bebauung und Infrastruktur, können im Einzelfall grundwassersenkende Ersatzsysteme wasserrechtlich genehmigt, installiert und betrieben werden. Zur Umlageproblematik der Kosten für den Bau und vor allem auch den Betrieb solcher Systeme siehe Abschnitt 12.8.

Einen Sonderfall infolge eines Grundwasseranstieges durch Fremdwassersanierungsmaßnahmen stellen Altlasten dar, wenn dadurch der Grundwasserschwankungsbereich in den Sohlbereich der Altlast oder höher zu liegen kommt. Dadurch können ggf. Schadstoffe remobilisiert werden, die zu Umwelt- und Vermögensschäden führen können. Die mit diesem Sonderfall verbundenen Rechtsfragen sind sehr komplex, sodass an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen wird.

12.12 Welche Vorgaben können im Bebauungsplan zur Vermeidung von Fremdwasserabflüssen bei Neubaumaßnahmen gemacht werden?

Der zulässige Inhalt eines Bebauungsplanes bestimmt sich nach § 9 BauGB. Dort sind die Festsetzungsmöglichkeiten abschließend aufgeführt. Ein „Festsetzungsfindungsrecht“, also ein Recht, Festsetzungen zu treffen, die nach Art und Zielsetzung über den Katalog des § 9 BauGB hinausgehen, steht der Gemeinde nicht zu.

Eine Festsetzung, wonach Gebäude grundsätzlich ohne Unterkellerung herzustellen sind oder mit einer wasserdichten Wanne unterbaut sein müssen, ist rechtlich nicht zulässig.

Auch die Festsetzung der maximalen Einbindetiefe in den Untergrund, z. B. Begrenzung auf 1 m Tiefe – wodurch faktisch kein Keller gebaut werden könnte –, ist normalerweise unzulässig. Die Festsetzung einer Einbindetiefe von Bauwerken in den Untergrund ist allenfalls bei großen Eingriffen (z. B. doppelstöckigen Tiefgaragen) zum Schutz des Grundwassers vor übermäßigem Anstieg bzw. übermäßiger Absenkung denkbar und oft notwendig. Hierfür ist allerdings ein Nachweis in Form eines hydrogeologischen Gutachtens erforderlich, aus dem hervorgeht, dass andernfalls die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Grundwasserhaushaltes erheblich beeinträchtigt wird. Nach sachgerechter Abwägung können dann in Einzelfällen entsprechende Festsetzungen nach § 9 Abs. 1a BauGB in den Bebauungsplan aufgenommen werden. Es stellt sich jedoch die Frage, ob solche Flächen nicht ohnehin als Baugebiete ungeeignet sind. In jedem Fall kann es sich bei dieser Vorgehensweise nur um stark eingeschränkte Ausnahmefälle besonderer Grundwasserverhältnisse handeln. Eine allgemeingültige Lösungsmöglichkeit liegt hierin nicht.

Eine geeignete Maßnahme zum Schutz der Interessen sowohl der Grundstücksbesitzer als auch der Kommune ist dagegen eine Kennzeichnung der von einem hohen Grundwasserstand betroffenen Flächen im Bebauungsplan gemäß § 9 Abs. 5 Nr. 1 BauGB. Als erforderliche besondere Vorkehrungen gegen äußere Einwirkungen könnte dann aufgrund der konkreten Grundwassersituation in dem jeweiligen Baugebiet beispielhaft der Bau einer wasserdichten Wanne genannt werden. Es obliegt jedoch dem Grundstückseigentümer als Bauherren, sich gegen drückendes Grundwasser durch entsprechende Bauweise und Isolierung zu schützen bzw. im Rahmen der Planung eines Kellergeschosses untersuchen zu lassen, ob eine Grundwassergefährdung besteht.

Aufgrund der praktischen Erfahrungen ist es aus Sicht der DWA-Arbeitsgruppe sinnvoll, zusätzliche Festsetzungsmöglichkeiten im Baugesetzbuch zu schaffen, z. B. Forderung von wasserdichten Kellern bei Errichtung von Gebäuden, um die Notwendigkeit von Bauwerksdrainagen von vornherein nicht entstehen zu lassen. In jedem Fall scheint es sinnvoll, dass sich die Verantwortlichen für eine Baugebietsausweisung mit der Grundwassersituation im Gebiet auseinandersetzen und entsprechende Empfehlungen als Hinweis für Bauherren und Architekten aussprechen.

EG-Recht, Bundes- und Landesrecht

AbwAG – Abwasserabgabengesetz: Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer vom 18. Januar 2005, BGBl. I S. 114. Stand: zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 11. August 2010, BGBl. I S. 1163

AbwV – Abwasserverordnung: Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer vom 17. Juni 2004, BGBl. I S. 1108, 2625. Stand: zuletzt geändert durch Artikel 20 des Gesetzes vom 31. Juli 2009, BGBl. I S. 2585

BauGB – Baugesetzbuch: Baugesetzbuch vom 23. September 2004, BGBl. I S. 2414. Stand: zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 31. Juli 2009, BGBl. I S. 2585

LWG NRW: Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen vom 25. Juni 1995, GV. NRW. S. 926 / SGV. NRW. 77. Stand 16.03.2010, GV. NRW. S. 185

MUNLV (2001): Verwaltungsvorschrift zur Ermittlung der Jahresschmutzwassermenge bei Einleitung von mit Niederschlagswasser vermischtem Schmutzwasser. RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft -IV B 6 – 031 003 0101/IV B 5 – 676/5-28728 v. 4.2.1991. Stand 12.11.2001, MBl. NRW. S. 1627

WHG – Wasserhaushaltsgesetz: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts vom 31. Juli 2009, BGBl. I S. 2585. Stand: zuletzt geändert durch Artikel 12 des Gesetzes vom 11. August 2010, BGBl. I S. 1163

Technische Regeln

DIN-Normen

DIN 1986-30 (Februar 2003): Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 30: Instandhaltung

DIN EN 1610 (Oktober 1997): Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen; Deutsche Fassung EN 1610:1997

DIN EN 752 (April 2008): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden; Deutsche Fassung EN 752:2008

DWA-Regelwerk

ATV-A 128 (April 1992): Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen

ATV-DVWK-A 198 (April 2003): Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen

DWA-A 139 (Dezember 2009): Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen

DWA-A 400 (Januar 2008): Grundsätze für die Erarbeitung des DWA-Regelwerkes

- DWA-A 100 (Dezember 2006): Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung (ISiE)
- DWA-A 117 (April 2006): Bemessung von Regenrückhalteräumen
- DWA-A 118 (März 2006): Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen
- ATV-DVWK-M 177 (Juni 2001): Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen – Erläuterungen und Beispiele
- DWA-M 143: Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden. Merkblattreihe, Teile 1-20
- DWA-M 181 (September 2011): Messung von Wasserstand und Durchfluss in Abwasseranlagen
- DWA-M 151: Messdatenmanagementsysteme in Entwässerungssystemen (Arbeitstitel). (Entwurf: in Vorbereitung 2012)

Literatur

- ATV-DVWK-Arbeitsgruppe ES-1.3 (2003): Fremdwassersituation in Deutschland. 1. Arbeitsbericht der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe 1.3. In: KA – Abwasser, Abfall (50), Nr. 1, S. 70–81
- ATV-DVWK (2004): Auswirkungen von Fremdwasser und Hinweise zum Erkennen kritischer Fremdwasserhältnisse. 2. Arbeitsbericht der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe 1.3. In: KA – Abwasser, Abfall (51), Nr. 6, S. 664–667
- BARKOWSKI, D. et al. (1993): Altlasten – Handbuch zur Ermittlung und Abwehr von Gefahren durch kontaminierte Standorte. Verlag Müller, Karlsruhe
- BERGER, C.; FALK, C. (2011): Zustand der Kanalisation, Ergebnisse der DWA Umfrage 2009. In: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2011 (58), Nr. 1, S. 24–39
- BORCHARDT, D. (2000): Bewertung von Regen- und Mischwassereinleitungen in Gewässer; ATV-Fortbildungskurs K/1 „Entwässerungskonzepte“, März 2000 in Kassel
- BOSSELER, B.; PUHL, R.; BIRKNER, T. (2003): Koordination von Planungs- und Baumaßnahmen zur Fremdwasserverminderung im öffentlichen und privaten Bereich. Endbericht im Auftrag der Stadt Rheine, IKT, Gelsenkirchen
- BROMBACH, H. (2004): Auswirkungen von Fremdwasser und Hinweise zum Erkennen kritischer Fremdwasserhältnisse. Band 47 „Niederschlagswasserbehandlung“. Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum
- BUS (1984): Fremdwasser; Methoden zur Bestimmung der Fremdwassermenge in Kanalisationen und Kläranlagen, Resultate einer Expertenstudie im Auftrag des BUS. Schriftenreihe Umweltschutz, Nr. 23, Bundesamt für Umweltschutz (Hrsg.), Bern
- BWK-STATUSBERICHT (2003): Nutzungskonflikte bei hohen Grundwasserständen – Lösungsansätze. ISBN 3-936015-15-5
- CLARA, M.; STRENN, B.; KREUZINGER, N. (2004): Carbamazepine as a possible anthropogenic marker in the aquatic environment: investigations in the behaviour of Carbamazepine in

wastewater treatment and during groundwater infiltration. Water Research Nr. 38

- CZURDA, K. A. (1992): Deponie und Altlasten – Sickerwasser- und Grundwassersanierung. Verlag EF für Energie- und Umwelttechnik, Berlin
- CZYCHOWSKI, M.; REINHARDT, M. (2010): Kommentar zum WHG. 10. Aufl. 2010
- DE BÉNÉDITTIS J.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J.-L. (2004): Measurement of infiltration rates in urban sewer systems by use of oxygen isotopes. 4th International conference on „Sewer Processes and Networks“ proceedings, 22.-24.11.2004, Madeira, Portugal
- DECKER, J. (1998): Auswirkungen von Fremdwasser auf Abwasseranlagen und Gewässer. Dissertation am Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, GWA-Band 168, Aachen
- DOHMANN, M.; HENNERKES, J. (2003): Untersuchung des Einflusses undichter Abwasserkanäle auf die Standsicherheit des umgebenden Bodenkörpers. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben im Auftrag des MUNLV NRW, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, Aachen
- DOHMANN, M.; HENNERKES, J.; SISTEMICH, S. (2004): Entwicklung einer systematischen Vorgehensweise zur Fremdwasser-Vermeidung und -reduzierung im ländlichen Raum, Teilprojekt 1. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben im Auftrag des MUNLV NRW, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, Aachen
- DVWK-Schriften 98 (1996): Sanierungsverfahren für Grundwasserschadensfälle und Altlasten – Anwendbarkeit und Beurteilung. Verlag Paul Parey Hamburg, Berlin
- DWA (2002): Fremdwassersituation in Deutschland. 1. Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-1.3 „Fremdwasser“. In: KA – Abwasser, Abfall 2003 (50), Nr. 1, S. 71 ff.
- DWA (2007): Rechtliche Aspekte der Fremdwasserthematik. 4. Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-1.3. In: KA – Abwasser, Abfall 2007 (54), Nr. 5, S. 488–492
- DWA (2009a): Und was macht Ihr Hausanschluss? DWA-Information, Hennef
- DWA (2009b): Leitfaden für die Zustandserfassung, -beurteilung und Sanierung von Grundstücksentwässerungsanlagen, Hennef
- DWA (2010): Klimawandel – Herausforderungen und Lösungsansätze für die deutsche Wasserwirtschaft. DWA-Themenband, Hennef
- DWA (2005): Konzepte und Maßnahmen zur Lösung von Fremdwasserproblemen. 3. Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-1.3. Veröffentlicht im Internetportal der DWA
- EMSCHERGENOSESCHAFT (2009): eigene Auswertungen
- EPA (2003): Regional infiltration/inflow control program, King County – Department of natural resources and parks, US Environmental Protection Agency, Washington, USA. Online unter: <<http://dnr.metrokc.gov/WTd/i-i>> (08.09.2003)

- FENZ, R.; BLASCHKE, A. P.; CLARA, M.; KROISS, H.; MASCHER, D.; ZESSNER, M. (2004): Monitoring of carbamazepine concentrations in waste water and groundwater to quantify sewer leakage. 6th International Conference on Urban Drainage Modelling proceedings, 15.-17.9.2004, Dresden
- FIEDLER, M. (2000): Umsetzung und Optimierung von Sanierungskonzepten. TAH-Seminar „Kanalsanierungsplanung unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit“, 14.09.2000, Hannover
- FRECHEN, F.-B.; KÖSTER, W. (2003): Geruch – Messung, Bewertung und Abhilfe. ATV-DVWK-Seminar 1018/03 „Fremdwasser im Kanal/Geruchsbelästigung“ am 12.11.2003, Kassel
- FUCHS, S.; LUCAS, S.; BROMBACH, H.; WEIß, G.; HALLER, B. (2003): Fremdwasserprobleme erkennen – methodische Ansätze. In: KA – Abwasser, Abfall (2003), Nr. 1, S. 28–32
- GETTA, M.; HOLTE, A.; PECHER, K. H. (2004): Lösungsansätze zur Vermeidung von Nachteilen bei der Abdichtung von Kanalnetzen. In: KA – Abwasser, Abfall 2004 (51), Nr. 10, S. 1115–1120
- HAHN, H. H. (1994): Neuere Untersuchungen zur Verschmutzung des Regen- und Mischwasserabflusses. Manuskripte ATV-Kurs zur Abwasser- und Abfalltechnik H/1, ATV, Hennef
- HALLER, B. (2001): Fremdwasserprobleme – Erkennen – Bewerten – Lösen. In Tagungsband zur ATV-DVWK-Bundes- und Landesverbandstagung 2001 in Freiburg i. B., S. 328–346
- HENNERKES, J. (2003): Auswirkungen von Fremdwasser, ATV-DVWK-Seminar „Fremdwasser im Kanal/Geruchsbelästigung“. Kurs Nr. 1018/03 am 12.11.2003, Kassel
- HENNERKES, J. (2006): Reduzierung von Fremdwasser bei der Abwasserentsorgung. Dissertation, Aachener Schriften zur Stadtentwässerung, Band 10, Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen, Aachen
- JARDIN, N. (2007): Herkunft eines erhöhten Fremdwasseranfalls und Auswirkungen. In: Fremdwasser, Betrachtungen und Untersuchungen eines erhöhten Fremdwasseraufkommens und daraus resultierende Erfahrungen, Handlungsempfehlungen und Strategien für eine effiziente Sanierung. Nisipeanu & Maus (Hrsg.), 2008, Becker Druck Arnsberg, 1. Aufl., ISBN 978-3-930264-60-5
- KING COUNTY (2004): Regional infiltration and inflow control program, Pilot Project Report. King County Department of Natural Resources and Parks, King County, Washington, USA
- KRACHT, O.; GRESCH, M.; GUJER, W. (2005b): Innovative tracer methods for infiltration monitoring. 10th International conference on urban drainage, 21.-26.8.2005, Kopenhagen, Dänemark
- KRACHT, O.; GUJER, W. (2005a): Neue Wege in der Fremdwasserbestimmung. Verbandsbericht Nr. 562, VSA – Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Zürich, Schweiz
- KROISS, H.; PRENDL, L. (1996): Einfluss von Fremdwasser auf Abwasserreinigungsanlagen. Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Band 140, S. 71–90, Stuttgart
- LfU BW (2001): Regenwasserbehandlung und Kläranlagen, Leistungsreserven erkennen und nutzen. Reihe Siedlungswasserwirtschaft, Heft 16, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- LfU BAY (2009): eigene Ermittlungen des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU)
- LUBW (2007): Fremdwasser in kommunalen Kläranlagen – Erkennen, bewerten und vermeiden. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Siedlungswasserwirtschaft, Band 21, ISBN 978-3-88251-320-2
- MICHALSKA, A.; PECHER, K. H. (2000): Betriebliche und kostenmäßige Auswirkung des Fremdwassers auf die Abwasseranlagen. GWA-Band 177, Aachen
- MUNLV NRW (1999): Praxisorientierter Leitfaden für die Sanierung von Kanalisationen im ländlichen Raum. Ministerium für Umwelt, Raumordnung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf
- MUNLV NRW (2002a): Sanierung von Kanalisationen innerhalb von Staats- und Landesliegenschaften, Planungshilfe Kanalsanierung. Ministerium für Umwelt, Raumordnung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf. ISBN 3-9807642-9-X
- MUNLV NRW (2002b): Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung NRW. 9. Aufl., Ministerium für Umwelt, Raumordnung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf
- MUNLV NRW (2003): Retentionsbodenfilter, Handbuch für Planung, Bau und Betrieb. 1. Aufl., Ministerium für Umwelt, Raumordnung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf. ISBN 3-9808617-1-6
- MUNLV NRW (2004): Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen. 10. Aufl., Ministerium für Umwelt, Raumordnung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf
- MUNLV NRW (2005): Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen. 11. Aufl., Ministerium für Umwelt, Raumordnung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf
- MUNLV NRW (2010): Arbeitshilfe Fremdwassersanierungskonzept, Ministerium für Umwelt, Raumordnung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf
- NRC (2003): Infiltration/inflow control/reduction for wastewater collection systems – A best practice by the national guide to sustainable municipal infrastructure. Federation of Canadian Municipalities. Online unter: <www.infraguide.gc.ca> (05.06.2003)
- PAULSEN, O. (1986): Die Verschmutzung des Regenwassers in der Trennentwässerung. In: GWF Wasser/Abwasser (127), Nr. 8, S. 385–390
- PECHER, K. H. (2005): Erfahrungen bei der Umsetzung der Fremdwassersanierung. In: Schriftenreihe Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, Bd. 198, Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen e. V., Aachen, 2005, S. 41/1–41/15

PECHER, K. H. (2001): Methodik und Ergebnisse einer Analyse des Fremdwasseranfalls. Tagungsband, 2. Saarländische Abwasser- und Abfalltage

PECHER, K. H. (2008): Sanierung der öffentlichen Mischkanalisation bei erforderlicher Dränagewasserableitung. In: Schriftenreihe Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, Bd. 211, Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen e. V., Aachen, 2008, S. 40/1–40/12

PECHER, K. H. (2009): eigene Auswertungen

PECHER, K. H.; KAHRS, D. (2008): Vorschlag für eine Methode zur objektiven Beurteilung der Fremdwassersituation eines Einzugsgebietes. In: KA – Korrespondenz Abwasser, Abfall 2008 (55), Nr. 1, S. 33–38

PECHER, R. (1998): Fremdwasseranfall im Kanalnetz – ein wasserwirtschaftliches Problem? In: Korrespondenz Abwasser 45 (1998), S. 2250–2258

PINNEKAMP, J.; STAUFER, P.; HENNERKES, J.; HAUSMANN, R.; SISTEMICH, S.; SCHRÖDER, M.; THÖNNESSEN, R. (2007a): Entwicklung einer systematischen Vorgehensweise zur Fremdwassermeidung und -reduzierung im ländlichen Raum, Teilprojekt II: Umsetzung von Maßnahmen, ISA RWTH Aachen, Schlussbericht zum Forschungsvorhaben im Auftrag des MUNLV NRW

PINNEKAMP, J.; STEPKE, H.; HAUSMANN, R.; MÜLLER, K.; STAUFER, P.; KÜNNEMANN, R.; DIEHM, S.; WEHR, S.; KOSSMANN, R.; SCHICK, R. (2007b): Durchführung der Zustandserfassung und Sanierung von Abwasserleitungen auf Grundstücken und Empfehlungen für akzeptanzfördernde Maßnahmen. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, Förderkennzeichen MUNLV AZ IV-9-042-395

REICHEL, F.; GETTA, M. (2000): Hydraulischer Einfluss des Kanalisationssystems auf die Grundwasserverhältnisse im Stadtgebiet. 32. Essener Tagung, GWA Band 177, S. 32/1–32/11, Aachen

REICHEL, F.; GETTA, M. (2008): Grundwassermodelle als Werkzeug zur Fremdwassersanierung. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft 12/2008, S. 666–671

RUHRVERBAND (2009): eigene Auswertungen

SITZMANN, D. (2000): Erfahrungen mit Fremdwassermessungen. 33. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft in Essen, 29.-31.3.2000, GWA-Band 177, Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen, Aachen

StBA (2011): Statistisches Jahrbuch 2011 für die Bundesrepublik Deutschland mit „internationalen Übersichten“. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

STEIN, D. (1998): Instandhaltung von Kanalisationen. 3. Aufl., Ernst & Sohn Verlag, Berlin

WEISS, G.; BROMBACH, H. (2004): Kritische Bewertung der Immissionsbelastungen der Gewässer durch Regenwassereingleitungen. 37. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft in Essen, 24.-26.3.2004, GWA-Band 193, Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen, Aachen

WRICKE, B.; KORTH, A. (2007): Auswirkungen demografischer Entwicklungen auf die Wasserversorgung. In: energie/Wasserpraxis 10/2007, S. 30–34

Bezugsquellen

DWA-Publikationen:
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef

DIN-Normen:
Beuth Verlag GmbH, Berlin

DWA-Regelwerk - Online

Mit dem Lizenzerwerb für das DWA-Regelwerk - Online erhalten Sie den Zugang zu allen veröffentlichten Arbeitsblättern, Merkblättern und Hinweisen der DWA sowie zu den Entwurfsfassungen (Gelbdrucken). Nach Anmeldung auf unserem Portal DWAdirekt mit Ihrem persönlichen Passwort, mit dem Sie auch alle anderen digitalen

Serviceangebote der DWA nutzen, können Abonnenten des DWA-Regelwerks - Online von jedem Rechner aus im DWA-Regelwerk recherchieren und direkt auf die benötigten Dokumente zugreifen. Ohne Installations- und Einsortieraufwand verpassen Sie keine Aktualisierung. Sie sind damit stets auf dem aktuellen Stand.

Angebot für Abonnenten des DWA-Regelwerks

Jahreslizenz für Kunden eines bestehenden Abonnements beim Umstieg (Papier, DVD oder Online):

- ☐ **Vollversion Abwasser, Boden/Abfall, Wasserwirtschaft¹**
Einzellizenz, jährlich *€ 497,50
- ☐ **Teilversion Abwasser¹**
Einzellizenz, jährlich *€ 400,00
- ☐ **Teilversion Wasserwirtschaft¹**
Einzellizenz, jährlich *€ 162,50

Eine Jahreslizenz gilt vom 1.1. – 31.12. eines Jahres. Im ersten Jahr werden nur anteilige Jahreslizenzkosten ab Datum des Bestelleingangs berechnet.

Angebot für Neu-Abonnenten

Basisversion für Neukunden, die bisher kein DVD-Abonnement abgeschlossen haben:

- ☐ **Vollversion Abwasser, Boden/Abfall, Wasserwirtschaft¹**
Einzellizenz, einmalig *€ 1.200,00
- ☐ **Teilversion Abwasser¹**
Einzellizenz, einmalig *€ 925,00
- ☐ **Teilversion Wasserwirtschaft¹**
Einzellizenz, einmalig *€ 285,00

Im ersten Jahr werden zusätzlich die anteiligen Jahreslizenzkosten ab Datum des Bestelleingangs berechnet. In den Folgejahren sind nur noch die Jahreslizenzkosten für Abonnenten fällig (siehe links).

¹⁾ Mindestlaufzeit des Abonnements: 2 Jahre

^{*)} Fördernde DWA-Mitglieder erhalten 20 % Rabatt.

Preise für Mehrplatzlizenzen

Anzahl Plätze	Preisfaktor
bis 3	1,75
4-5	2,5
6-10	4,5
11-15	6
16-21	7,5
22-30	8,0

Der zeitgleiche Zugang zum DWA-Regelwerk – Online durch mehrere Nutzer eines Lizenznehmers erfordert die entsprechende Anzahl von Lizenzen.

DWA

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e. V.
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef

Fax-Antwort: 02242 872-100 Bitte liefern Sie die angekreuzten Artikel

☐ gegen Rechnung. per Kreditkarte: ☐ Visa ☐ Mastercard

Name/Vorname

Firma

Straße

Postleitzahl/Stadt/Land

DWA-Mitgliedsnummer E-Mail

X

Datum/Unterschrift

☐ Nein, ich möchte keine weiteren Informationen der DWA per E-Mail erhalten.
Meine Vertrauensgarantie:
Diese Vereinbarung kann ich innerhalb von 14 Tagen nach Bestelldatum schriftlich bei der DWA, Postfach 1165, 53758 Hennef widerrufen. Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige Absendung.

X

Datum/Unterschrift



Servicepaket für DWA-Mitglieder

für alle Mitglieder

kostenlos

- eine der beiden monatlich erscheinenden Fachzeitschriften
 - **KA – Korrespondenz Abwasser, Abfall**
inkl. der Beilage KA-Betriebs-Info
oder
 - **KW – Korrespondenz Wasserwirtschaft**
inkl. der Beilage gewässer-info

Zusätzliche Exemplare oder die zweite Fachzeitschrift zur Ergänzung gibt es - zu günstigen Konditionen - nur für Mitglieder

- **DWA-Branchenführer Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall**
- **DWA-Infostelle** zu Fragen im Bereich Abwasser- und Abfallwesen sowie Wasserwirtschaft und Bodenschutz, Rechtsauskunft, Literaturrecherche
- **Rechtsauskunft**
- **Mitgliederbereich im Internet**
 - KA/KW online lesen
 - Literaturdatenbank
 - Fachwörterbücher in vielen Sprachen
 - Mitgliederverzeichnis
 - Arbeitsbericht und Fachinfos
- **DWA-Jahrbuch** (auf Anforderung)

ermäßigt

- **Hydrologie und Wasserbewirtschaftung** (Zeitschrift)
- **DIN EN Normen Abwasser**
- **Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen** der DWA und der European Water Association (EWA), des BWK und der DACH-Kooperationspartner



zusätzlich für persönliche Mitglieder

ermäßigt

- **gwf-Wasser/Abwasser** (Zeitschrift)

zusätzlich für fördernde Mitglieder

kostenlos

- Erlaubnis zur **Nutzung des Logos DWA-Mitglied** auf Geschäftspapieren

ermäßigt

- 20 % Ermäßigung beim Erwerb fast aller **DWA-Publikationen** und beim **Regelwerks-Download**
- **Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen** für alle Mitarbeiter
- Teilnahme an den **DWA-Erfahrungsaustauschen** für Kommunen oder Ingenieurbüros
- 50 % Ermäßigung auf den **Mitgliedsbeitrag** für Anmeldungen von Niederlassungen, wenn der Hauptsitz bereits Mitglied ist
- Günstige Konditionen für eine **Umwelt-Strafrechts-schutzversicherung** für Kommunen, Kreisverwaltungen und Abwasserzweckverbände

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
Theodor-Heuss-Allee 17 • 53773 Hennef • Deutschland
Tel.: +49 2242 872-123/ -140 • Fax: +49 2242 872-200
E-Mail: mitgliederbetreuung@dwa.de • Internet: www.dwa.de



Das Merkblatt DWA-M 182 gibt Hinweise, wie die aktuelle Fremdwassersituation in Entwässerungssystemen beurteilt werden kann, wann Handlungsbedarf besteht und wie eine zielorientierte Fremdwassersanierung durchgeführt werden kann. Dies beinhaltet auch die bisher oft vernachlässigte Erfolgskontrolle von Fremdwassersanierungsmaßnahmen. Zusätzlich zu der technischen Fragestellung werden auch wirtschaftliche, politische, soziale und nicht zuletzt juristische Aspekte mit berücksichtigt.

Der Gültigkeitsbereich erstreckt sich entsprechend der Norm DIN EN 752 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“ von dem Punkt an, wo das Abwasser das Gebäude bzw. die Dachentwässerung verlässt oder in einen Straßeneinlauf fließt bis zu dem Punkt, wo das Abwasser in eine Behandlungsanlage oder in ein Gewässer eingeleitet wird. Abwasserleitungen und -kanäle unter Gebäuden sind hierbei eingeschlossen, soweit sie nicht Bestandteil der Gebäudeentwässerung sind. Die Ausführungen gelten dabei sowohl für öffentliche als auch private Entwässerungssysteme, da die Lösung von Fremdwasserproblemen nur durch eine ganzheitliche Betrachtung möglich ist.

Das Merkblatt richtet sich an Abwasserbeseitigungspflichtige – wie Kommunen oder Betreiber –, an Genehmigungsbehörden und an die mit der Planung sowie Fortschreibung von Fremdwasserbeseitigungskonzepten beauftragten Ingenieurbüros.



ISBN 978-3-942964-30-2

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef · Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333 · Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: info@dwa.de · Internet: www.dwa.de