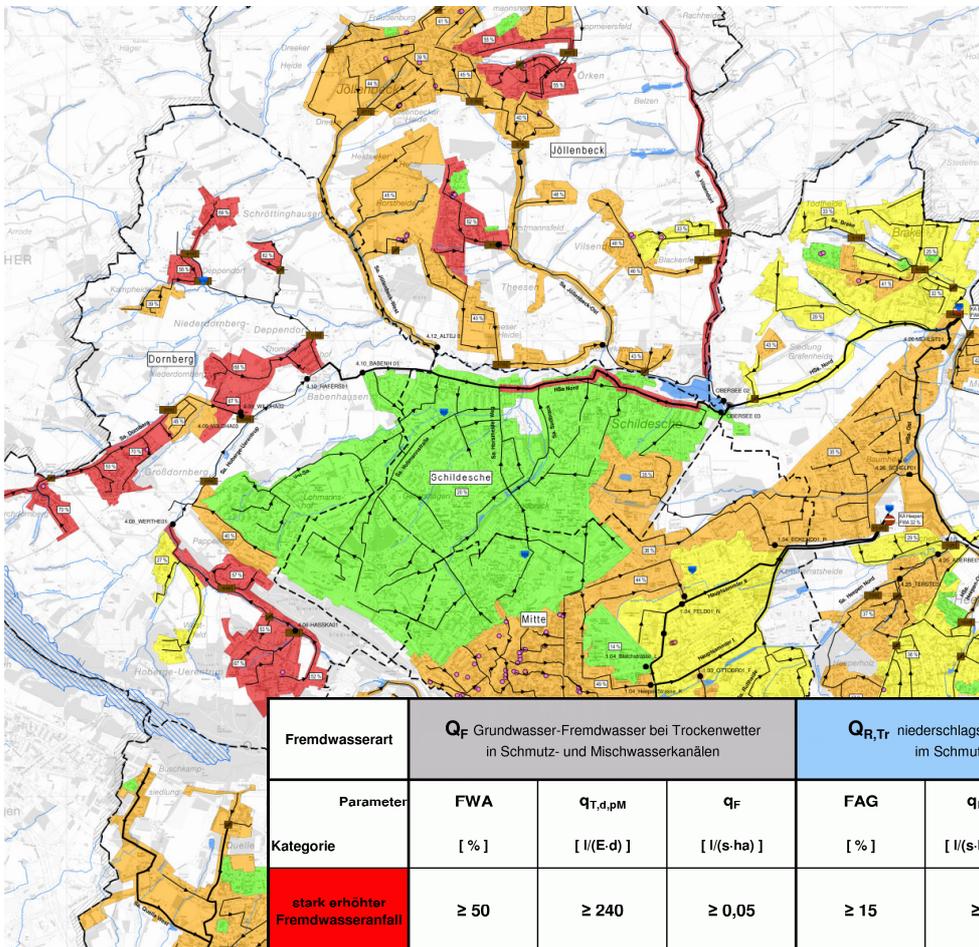


# Fremdwassersanierungskonzept der Stadt Bielefeld



Fremdwasserart	$Q_F$ Grundwasser-Fremdwasser bei Trockenwetter in Schmutz- und Mischwasserkanälen			$Q_{R,Tr}$ niederschlagsbedingtes Fremdwasser im Schmutzwasserkanal		
	Parameter	$Q_{T,d,pM}$	$q_F$	FAG	$q_{Deckel}$	$q_{R,Tr}$
Kategorie	FWA [%]	[ l/(E·d) ]	[ l/(s·ha) ]	[%]	[ l/(s·Deckel) ]	[ l/(s·ha) ]
<b>stark erhöhter Fremdwasseranfall</b>	$\geq 50$	$\geq 240$	$\geq 0,05$	$\geq 15$	$\geq 0,4$	$\geq 1,0$
<b>erhöhter Fremdwasseranfall</b>	$\geq 35 - < 50$	$\geq 180 - < 240$	$\geq 0,03 - < 0,05$	$\geq 9 - < 15$	$\geq 0,25 - < 0,4$	$\geq 0,7 - < 1$
<b>mittelmäßiger Fremdwasseranfall</b>	$\geq 25 - < 35$	$\geq 150 - < 180$	$\geq 0,02 - < 0,03$	$\geq 5 - < 9$	$\geq 0,15 - < 0,25$	$\geq 0,2 - < 0,7$
<b>wenig Fremdwasseranfall</b>	$< 25$	$< 150$	$< 0,02$	$< 5$	$< 0,15$	$< 0,2$

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Veranlassung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Einführung</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Vorgaben</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Grunddaten der Stadtentwässerung</b>	<b>7</b>
4.1	Größe und Einwohner	7
4.2	Kanalisation	7
4.2.1	Kanalalter und Netzstruktur	7
4.2.2	Sonderbauwerke	8
4.2.3	Ergebnisse der Schadensfeststellung nach SöwVKan	9
4.2.4	Hydraulischer Zustand	10
4.3	Abwasserbehandlungsanlagen	11
<b>5</b>	<b>Aufbau und Inhalt des FSK</b>	<b>12</b>
5.1	Struktur	12
5.2	Planunterlagen	13
<b>6</b>	<b>Ermittlung der Fremdwasserschwerpunktgebiete</b>	<b>13</b>
6.1	Allgemeines	13
6.2	Fremdwassersituation Kläranlageneinzugsgebiete	16
6.2.1	Einzugsgebiet KA Brake	16
6.2.2	Einzugsgebiet Kläranlage Heepen	18
6.2.3	Einzugsgebiet Kläranlage Sennestadt	20
6.2.4	Einzugsgebiet Verbandskläranlage Obere Lutter	21

---

6.2.5	Einzugsgebiet Gemeinschaftskläranlage Verl-Sende	23
6.3	Verfahren zur Bewertung und Klassifizierung von Fremdwasser	24
6.3.1	Parameterauswahl und Festlegung von Wertebereichen	24
6.3.1.1	Parameter zur Ermittlung des grundwasserbedingten Fremdwasseranfalls bei Trockenwetter in Schmutz- und Mischwasserkanälen	24
6.3.1.2	Parameter zur Ermittlung des niederschlagsbedingten Fremdwassers im Schmutzwasserkanal von Trenngebieten $q_{R,Tr}$	27
6.3.2	Bewertungsmatrix	31
6.4	Beschreibung der Datengrundlagen und Auswertungen	32
6.4.1	Durchflussmessungen	32
6.4.1.1	Stationäre Messungen	32
6.4.1.2	Temporäre Messungen	32
6.4.2	Niederschlagsmessungen	33
6.4.3	Entlastungsanlagen	34
6.5	Auswertung mit dem Programm AnaFremd	37
<b>7</b>	<b>Angaben zur Grundwassersituation</b>	<b>38</b>
<b>8</b>	<b>Angaben zu Quellen und Zuflüssen aus natürlichen Einzugsgebieten</b>	<b>39</b>
<b>9</b>	<b>Drainagen</b>	<b>40</b>
<b>10</b>	<b>Dichtheitsprüfungen</b>	<b>40</b>
10.1	Grundstücksanschlussleitungen	40
10.2	Hausanschlussleitungen	41
10.3	Gestaffelte Umsetzung für Grundstücke außerhalb von WSG	42
<b>11</b>	<b>Fremdwassersanierung</b>	<b>44</b>
11.1	Fremdwasserrelevante Maßnahmen mit Bezug zum ABK	44

11.2	Weitere Maßnahmen öffentliches Kanalnetz	46
<b>12</b>	<b>Auswirkungen von Sanierungen auf die Grundwassersituation</b>	<b>48</b>
<b>13</b>	<b>Erfolgskontrolle</b>	<b>48</b>
<b>14</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>49</b>
<b>15</b>	<b>Literatur</b>	<b>51</b>

## **Anhang**

Anhang 1: Einzugsgebiet KA Brake - Fremdwasserauswertung bei Trockenwetter

Anhang 2: Einzugsgebiet KA Heepen - Fremdwasserauswertung bei Trockenwetter

Anhang 3: Einzugsgebiet KA Sennestadt - Fremdwasserauswertung bei Trockenwetter

Anhang 4: Einzugsgebiet KA Obere Lutter - Fremdwasserauswertung bei Trockenwetter

Anhang 5: Einzugsgebiet KA Verl-Sende - Fremdwasserauswertung bei Trockenwetter

## **Anlage**

Anlage 1: Hydrogeologisches Gutachten zur Bewertung von Fremdwasserzuflüssen in die Schmutz- und Mischwasserkanalisation im Stadtgebiet der Stadt Bielefeld

## **Planunterlagen**

Plan-Nr. 1: Übersichtsplan Maßstab 1: 20 000

Plan-Nr. 2: Lageplan - Stadtbezirk Dornberg Maßstab 1: 5 000

Plan-Nr. 3: Lageplan - Stadtbezirk Jöllenbeck Maßstab 1: 5 000

Plan-Nr. 4: Lageplan - Stadtbezirk Stieghorst Maßstab 1: 5 000

Plan-Nr. 5: Lageplan - Stadtbezirk Mitte Maßstab 1: 5 000

Plan-Nr. 6: Lageplan - Stadtbezirk Brackwede Maßstab 1: 5 000

Plan-Nr. 7: Fließschema Stadtbezirk Dornberg

## 1 **Veranlassung**

Die Stadt Bielefeld hatte ursprünglich die Absicht, die nach § 61a des Wassergesetzes für das Land Nordrhein-Westfalen (LWG) geforderten Dichtheitsprüfungen auf der Grundlage eines für das Stadtgebiet erstellten Fremdwassersanierungskonzeptes (FSK) stufenweise umzusetzen. Hierzu sollten die Erkenntnisse langjähriger Fremdwasseruntersuchungen herangezogen werden.

Die Entwässerungssatzung der Stadt Bielefeld [14] fordert bei bestehenden Abwasserleitungen die erste Dichtheitsprüfung spätestens bis zum 31.12.2015. Auf Grundstücken in Wasserschutzgebieten (WSG) muss die erste Dichtheitsprüfung vorzeitig durchgeführt werden, wenn die Abwasserleitungen zur Fortleitung industriellen oder gewerblichen Abwassers dienen und vor dem 1. Januar 1990 errichtet wurden oder zur Fortleitung häuslichen Abwassers dienen und vor dem 1. Januar 1965 errichtet wurden. In den WSG Gadderbaum und Werther-Kirchdornberg (nur für Grundstücke im Gebiet der Stadt Bielefeld) muss die Dichtheitsprüfung spätestens bis zum 31.12.2013 durchgeführt sein, in den WSG Sennestadt, Sennestadt-West und Ummeln spätestens bis zum 31.12.2014.

Landesweit wird im politischen Raum die Forderung von Dichtheitsprüfungen jedoch zunehmend kontrovers diskutiert. Nach aktuellen Informationen will die Landesregierung NRW zukünftig auf eine landesweite Prüfpflicht verzichten. Innerhalb von WSG soll weiterhin an den Prüfungen festgehalten werden. Dabei sind in Abhängigkeit von dem Baujahr der Gebäude sowie der Nutzungen gestaffelte Fristen bis Ende 2015 bzw. Ende 2020 vorgesehen. Die zurzeit geltenden Regelungen des § 61 a LWG sollen in 2013 entsprechend geändert werden.

Wegen der weiterhin bestehenden Ungewissheit sollen sich bei der Stadt Bielefeld Maßnahmen zur Fremdwassersanierung zunächst auf das öffentliche Kanalnetz beschränken. Die damit verbundene Reduzierung zum Teil beträchtlicher Mengen von Fremdwasser wird sich zunehmend positiv auf den Betrieb und die Behandlungskosten der Bielefelder Kläranlagen auswirken. Zudem können nach den aktuellen Förderrichtlinien [9] für Sanierungen der öffentlichen Kanalisation Fördergelder im Rahmen kommunaler Plafonddarlehen ausgeschöpft werden. Das FSK schafft darüber hinaus die Voraussetzung, dass auch private Grundstückseigentümer in Fremdwasserschwerpunktgebieten Zuwendungen in Form von Anteilfinanzierungen beantragen können.

Die Stadt Bielefeld beabsichtigt, nach Änderung der gesetzlichen Grundlagen und verbindlichen Vorgaben zur zeitlichen Umsetzung der Dichtheitsprüfungen die Entwässerungssatzung anzupassen.

## 2 Einführung

Der Umweltbetrieb der Stadt Bielefeld beschäftigt sich seit einigen Jahren sehr intensiv mit der Fremdwasserthematik. Anlass der Untersuchungen waren Ende der 90-iger Jahre betriebliche Probleme auf den Kläranlagen Brake und Heepen. Das jährliche Fremdwasseraufkommen der beiden Kläranlagen liegt mit durchschnittlich 35 % auf einem mittleren Niveau. In Abhängigkeit von Jahreszeit und Niederschlag führte der Anteil an Fremdwasser zeitweise jedoch zu erheblichen hydraulischen Spitzen und damit verbunden auf den Kläranlagen zu betrieblichen Problemen. Da es vereinzelt zu Abschlügen vor der Kläranlage gekommen war, wurde von der Bezirksregierung Detmold in 2003 für die Kläranlageneinzugsgebiete Brake und Heepen gefordert, die Ursachen des Fremdwassers zu erforschen und das Fremdwasseraufkommen zu reduzieren.

Vor diesem Hintergrund wurden über mehrere Jahre in beiden Kläranlageneinzugsgebieten umfangreiche Messprogramme durchgeführt, um den Fremdwasseranfall zu erfassen und zu bewerten mit dem Ziel, Fremdwasserschwerpunktgebiete identifizieren zu können und durch bedarfsgerechte Sanierungen das Fremdwasseraufkommen zu reduzieren.

Neben dem Aufbau eines hydrologischen Abflusssimulationsmodells zur differenzierten Bestimmung des Fremdwassers für das Kläranlageneinzugsgebiet Brake wurde ein allgemeingültiges Verfahren zur Bewertung und Klassifizierung von Fremdwasser bei der Stadt Bielefeld entwickelt, welches sich sowohl auf das grundwasserbedingte als auch das niederschlagsbedingte Fremdwasser bezieht. Mithilfe der Verfahren wurden bereits einige Fremdwasserschwerpunktgebiete lokalisiert und nachfolgend grundwasser- und niederschlagsbedingte Fremdwasserquellen identifiziert.

Im Rahmen der Aufstellung des Fremdwassersanierungskonzeptes wurde ergänzend zu den bisherigen Messungen in 2011 ein großräumig angelegtes Messprogramm durchgeführt, um auch belastbare Aussagen über den Fremdwasseranfall in den übrigen Kläranlageneinzugsgebieten treffen zu können.

In Abhängigkeit von der Höhe des Fremdwasseranfalls werden als Ergebnis des FSK fremdwasserabhängige Prioritäten für die Durchführungen von Sanierungsmaßnahmen im Bereich des öffentlichen Kanalnetzes sowie für die Durchführung von Dichtheitsprüfungen für private Grundstücksentwässerungsleitungen in den 10 Bielefelder Stadtbezirken vorgeschlagen.

### 3 Vorgaben

Das Fremdwassersanierungskonzept der Stadt Bielefeld wird erstellt auf der Grundlage der für das Land Nordrhein-Westfalen geltenden Arbeitshilfe „Fremdwassersanierungskonzept (FSK) - Beschreibung zur Aufstellung und zu den Mindestinhalten“ vom 11.06.2010 [1].

Danach muss ein Fremdwassersanierungskonzept mindestens enthalten:

- Anlass zur Aufstellung eines Fremdwassersanierungskonzeptes
- Angaben zur Entwässerung
- Ergebnisse der Schadensfeststellung nach SÜWVKan
- Ermittlung der Fremdwasserschwerpunktgebiete
- Beschreibung der Datengrundlagen und Auswertungen
- Ermittlung der Fremdwasserursachen mit Angaben zur Grundwassersituation, Quellen und Zuflüssen aus natürlichen Außengebieten
- Maßnahmen zur Fremdwassersanierung und Prioritätensetzung

Die Dokumentation der Ergebnisse soll in schriftlicher und digitaler Form erfolgen. Alle Pläne sind im GIS-Format zu erstellen. Die priorisierten Sanierungsmaßnahmen sollen sich neben der Einhaltung fachplanerischer Vorgaben an dem Ziel einer ganzheitlichen Sanierung des öffentlichen und privaten Kanalnetzes orientieren und eine Verknüpfung zum Abwasserbeseitigungskonzept herstellen.

Das Fremdwassersanierungskonzept der Stadt Bielefeld wird hiermit vorgelegt.

## 4 Grunddaten der Stadtentwässerung

### 4.1 Größe und Einwohner

Das Stadtgebiet Bielefeld hat eine Gesamtgröße von ca. 258 km<sup>2</sup>. Hiervon sind ca. 4300 ha, d.h. ca. 17%, versiegelt.

Zum 31.12.2011 betrug die Einwohnerzahl 325.954. Bis zum Jahr 2030 wird mit einem nur leichten Rückgang der Einwohnerzahlen gerechnet. Auswirkungen auf die Abwasseranlagen sind derzeit nicht erkennbar, die Entwicklung wird jedoch weiter beobachtet. Die Anzahl der nicht an die Kanalisation angeschlossenen Einwohner beträgt derzeit knapp 1000. Damit liegt der aktuelle Anschlussgrad bei 99,7 %.

### 4.2 Kanalisation

#### 4.2.1 Kanalalter und Netzstruktur

Mit dem Bau der Bielefelder Kanalisation wurde vor ca. 110 Jahren begonnen.

Die Gesamtlänge aller Kanäle beträgt heute ca. 1.890 km. Die Verteilung der Baujahre des öffentlichen Kanalnetzes ist in Abbildung 1 dargestellt.

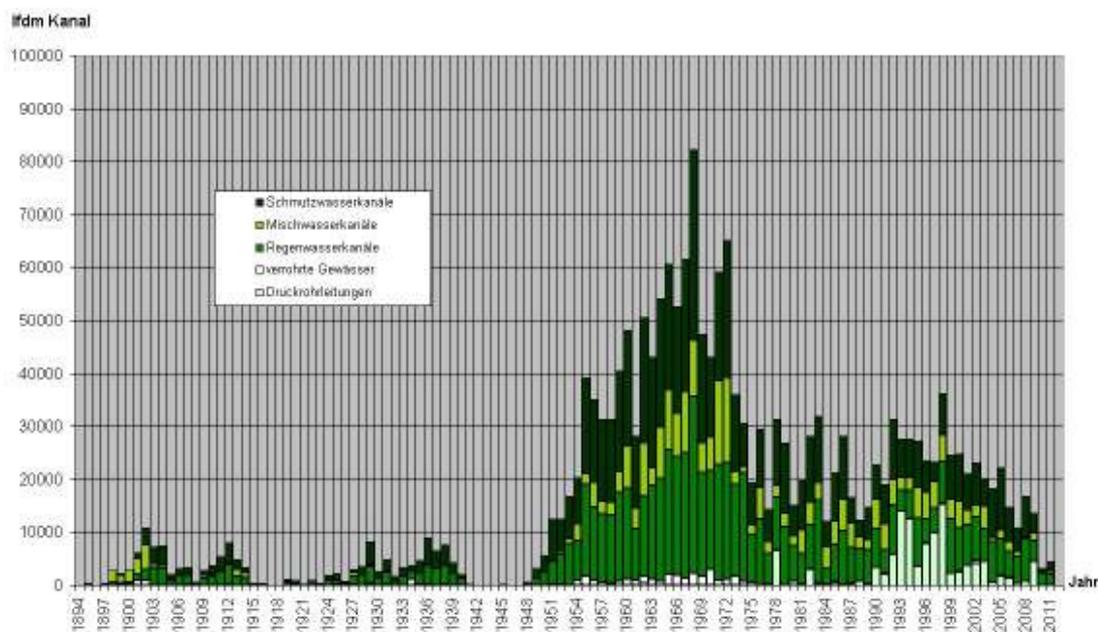


Abbildung 1: Baujahre des Kanalnetzes – Stand 31.12.2011

Wie aus dem Diagramm zu erkennen ist, war bedingt durch die städtebauliche Verdichtung eine besonders hohe Bautätigkeit in den sechziger Jahren zu verzeichnen. Das mittlere Alter des Kanalnetzes liegt aktuell bei ca. 40 Jahren.

Tabelle 1: Kanallängen Stand 31.12.2011

Kanalsystem	Kanallänge in km	Anteil in %
Schmutzwasserkanäle	775	41
Mischwasserkanäle	284	15
Regenwasserkanäle	721	38
Druckrohrnetzlänge	110	6
<b>Gesamtlänge</b>	<b>1890</b>	<b>100</b>

Das Bielefelder Kanalnetz besteht zu ca. 30 % aus Mischwasserkanalisation und zu 70 % aus Trennkanalisation. Einzelhäuser und kleinere Siedlungsbereiche im Außengebiet werden über Druckentwässerung ans öffentliche Kanalnetz angeschlossen.

#### 4.2.2 Sonderbauwerke

Zusätzlich zu den Kanälen werden eine Vielzahl von Sonderbauwerken im Trenn- und Mischkanalisationsnetz betrieben. Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Sonderbauwerke in den letzten 15 Jahren. Es wird deutlich, dass in den letzten Jahren die größten Steigerungen bei den Regenrückhaltebecken und den Regenklärbecken liegen, da die Anforderungen an die Niederschlagswasserbeseitigung durch neue gesetzliche Vorgaben besonders gestiegen sind. Dieser Trend wird sich auch in den nächsten Jahren fortsetzen.

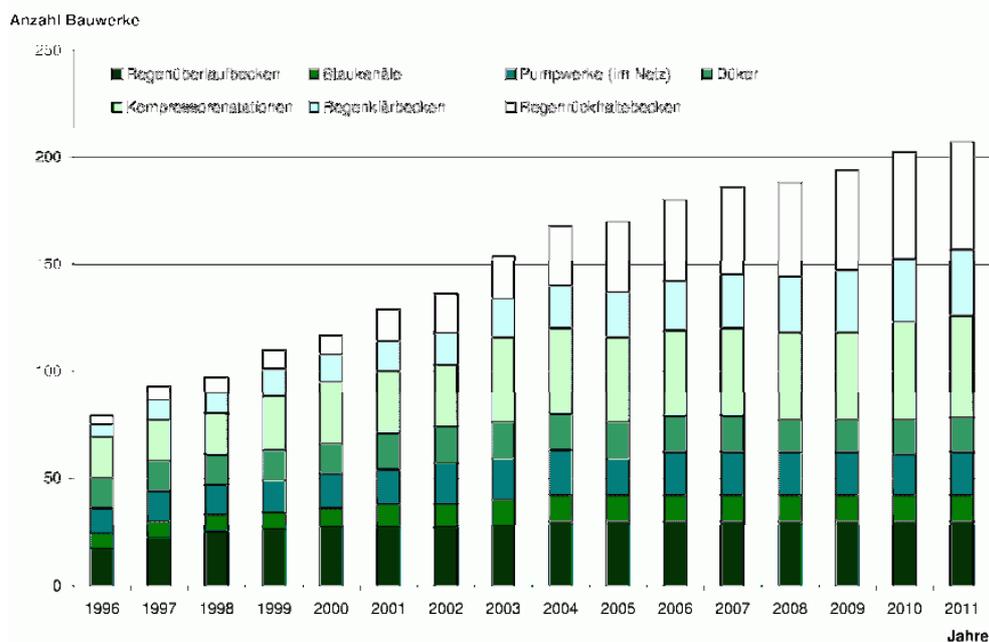


Abbildung 2: Entwicklung von Sonderbauwerken 1996-2011

Die Verteilung der Sonderbauwerke mit Stand zum 31.12.2011 ist Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Sonderbauwerke Stand 31.12.2011

Sonderbauwerke	Anzahl
Regenüberlaufbecken	30
Staukanäle	12
Regenklärbecken	31
Regenrückhaltebecken	50
Regenüberläufe	27
Einleitungsbauwerke ca.	731
Pumpwerke (im Netz)	20

#### 4.2.3 Ergebnisse der Schadensfeststellung nach SÜwVKan

Das öffentliche Kanalnetz der Stadt Bielefeld besteht aus Hauptkanälen mit Anschlussstutzen und Grundstücksanschlussleitungen zwischen Hauptkanal und privater Grundstücksgrenze. Seit Inkrafttreten der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SÜwVKan) im Januar 1996 sind die Kanalnetzbetreiber verpflichtet, die Erstinspektion ihrer Netze innerhalb von 10 Jahren abzuschließen. Nach Abschluss der Erstuntersuchung ist die Untersuchung alle 15 Jahre zu wiederholen. Die Erstuntersuchung wurde in Bielefeld vor 1996 begonnen und bis 2006 abgeschlossen. Ab 2007 wurde mit den Zweitbefahrungen begonnen. Die in 2008 begonnene Steigerung der Inspektionsrate zeigt deutliche Erfolge. Bei gleichbleibender Inspektionstätigkeit kann das Ziel der 100 %-igen Erfassung in rd. 7 Jahren erreicht werden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden in den ersten Jahren in Akten, später automatisiert erfasst und in einer Datenbank gespeichert. Durch die unterschiedliche Aufbewahrung und einem Wechsel des Erfassungssystems liegen derzeit noch nicht alle Zustandsberichte im seit 2010 eingesetzten Kanalmanagementsystem novaKandis vor. Von den rd. 1800 km Freispiegelkanälen lagen zum 31.12.2011 insgesamt ca. 1.400 km (das entspricht 78 %) als inspizierte und bewertete Kanälen in novaKandis vor.

Die Zustandsklassifizierung und –bewertung des Kanalzustandes erfolgt nach dem DWA-Merkblatt M 149 (Teil 3) in 5 Zustandsklassen, wobei z.B. sehr starke Mängel in die Zustandsklasse ZK 0 und geringfügige Mängel in die Zustandsklasse ZK 4 eingestuft werden. Aus rechentechnischen Gründen wird zusätzlich eine Zustandsklasse 5 für Feststellungen, die keine Mängel haben, eingeführt.

Tabelle 3 zeigt den Kanalzustand auf Grundlage der EDV-technischen und ingenieurmäßigen Bewertung für die fremdwasserrelevanten Schmutz- und Mischwasserkanäle mit Stand vom 31.12.2011.

Tabelle 3: Zustandsklassenverteilung (Auszug SūwVKan- Bericht 31.12.2011)

Entwässerungssystem	Netzlänge	aktuelle Zustandsbewertung aller Kanäle seit Beginn der Kanalbefahrung (Erst- / Zweitbefahrung), die bisher nicht-saniert wurden *) (Stand 31.12. des BJ)					
		0	1	2	3	4	5
	km	km					
SW	775	22	92	109	93	66	393
MW	284	6	33	45	30	25	39

Die Daten in Tabelle 3 beruhen auf einer Auswertung aus dem Kanalmanagementsystem novaKandis. In den Schadenslängen sind sowohl Haltungsschäden als auch punktuelle Schäden enthalten. Punktuelle Schäden der Zustandsklassen ZK 0 und ZK 1 werden in der Regel kurzfristig repariert. In der Vergangenheit konnten diese reparierten Schäden aus der Datenbank nicht manuell ausgetragen werden. Es hätte eine neue Kamerabefahrung erfolgen müssen, die wirtschaftlich und personell nicht vertretbar war. Erst in 2008 wurden die Voraussetzungen geschaffen, in der Datenbank Schäden manuell auszutragen. Seitdem werden aktuell beseitigte Schäden sofort und die früher beseitigte Schäden sukzessive ausgetragen. Da noch nicht alle Schäden in novaKandis ausgetragen wurden, wird auf eine automatisiert erstellte grafische Darstellung des baulichen Zustandes abgesehen.

Weitere detaillierte Angaben zum Zustand des Kanalnetzes können dem Überwachungsbericht SūwVKan für das Berichtsjahr 2011 entnommen werden.

#### 4.2.4 Hydraulischer Zustand

##### Schmutzwasserkanäle

Das vorhandene Schmutzwasserkanalnetz ist nur streckenweise hydraulisch überlastet. Die rechnerischen Ansätze werden i.d.R. durch Abflussmessungen verifiziert. Um detaillierte Aussagen über den Anteil des grundwasser- und niederschlagsbedingten Fremdwassers zu bekommen, werden Abflussmessungen zumeist über einen längeren Zeitraum durchgeführt. Nach Auswertung der Messergebnisse können nach Abgleich mit den Berechnungsergebnissen konkrete Aussagen über das Abflussverhalten im Schmutzwasserkanal getroffen werden. Sofern eine tatsächliche Überlastung von Schmutzwasserka-

nälen vorliegt, wird die Vergrößerung der Abflussprofile bei der Fortschreibung des Abwasserbeseitigungskonzeptes berücksichtigt. Überlastungen, die allein auf einem erhöhten grundwasserbedingten Fremdwasseranfall beruhen, sind bisher nicht bekannt.

### Misch- und Niederschlagswasserkanäle

Der Nachweis bestehender Misch- und Regenwassernetze, der früher mit dem Zeitbeiwertverfahren erbracht wurde, erfolgt nunmehr sukzessive mit dem hydrodynamischen Berechnungsprogramm Hystem-Extran. Hiermit gelingt es, den tatsächlichen Oberflächenabfluss sowie den Abflusstransport realitätsnah zu simulieren. Die Modellkalibrierung erfolgt anhand von Abflussmessungen, die über längere Zeiträume durchgeführt werden.

Durch die zunehmende Befestigung der Oberflächen sowie bauliche Verdichtung ist insgesamt ein vermehrter Regenwasserabfluss zu verzeichnen. Darüber hinaus liegen insbesondere in den südlichen Stadtteilen hydraulische Überlastungen aufgrund früher zu gering angesetzter Versiegelungsgrade vor. Netzbereiche, in denen die an bestehende Kanalnetze geforderte hydraulische Mindestleistungsfähigkeit nicht eingehalten wird, werden in Abhängigkeit von einer möglichen Gefährdung durch Überflutungen als hydraulisch sanierungsbedürftig eingestuft und je nach Dringlichkeit in den entsprechenden Zeitraum des Abwasserbeseitigungskonzeptes aufgenommen.

## 4.3 Abwasserbehandlungsanlagen

Das aus dem Stadtgebiet Bielefeld anfallende Abwasser wird in den 3 städtischen Kläranlagen Brake, Heepen und Sennestadt, der Verbandskläranlage Obere Lutter sowie der Gemeinschaftskläranlage Verl-Sende behandelt.

Die Abwasserbehandlungsanlagen haben die Aufgabe, die in den Schmutz- und Mischwasserkanälen gesammelten Abwässer soweit zu reinigen, dass sie ohne übermäßige Belastung für die Umwelt in die Vorfluter eingeleitet werden können. Die durch die 3 städtischen Kläranlagen behandelte Abwassermenge betrug im Jahr 2011 rund 24,5 Mio. m<sup>3</sup>.

Der Fremdwasseranteil der drei Bielefelder Kläranlagen liegt in Abhängigkeit von den jährlichen Niederschlägen bei ca. 30 – 40 %. Die Fremdwassermenge bei Trockenwetter liegt für das gesamte zu entwässernde Stadtgebiet Bielefelds durchschnittlich bei etwa 9 Mio. m<sup>3</sup>/a, durch Regenwetter bedingt fallen zusätzlich ca. 3,5 Mio. m<sup>3</sup> Fremdwasser zusammen mit dem unterirdischen Nachlaufwasser an.

Weitere Daten zu den jeweiligen Kläranlagen sind Kapitel 6 zu entnehmen.

## 5 Aufbau und Inhalt des FSK

### 5.1 Struktur

Das Stadtgebiet Bielefeld ist insgesamt in 37 Entwässerungsgebiete gegliedert, die den 5 Kläranlagen zugeordnet sind. In allen Kläranlageneinzugsgebieten wurden umfangreiche Messprojekte durchgeführt.

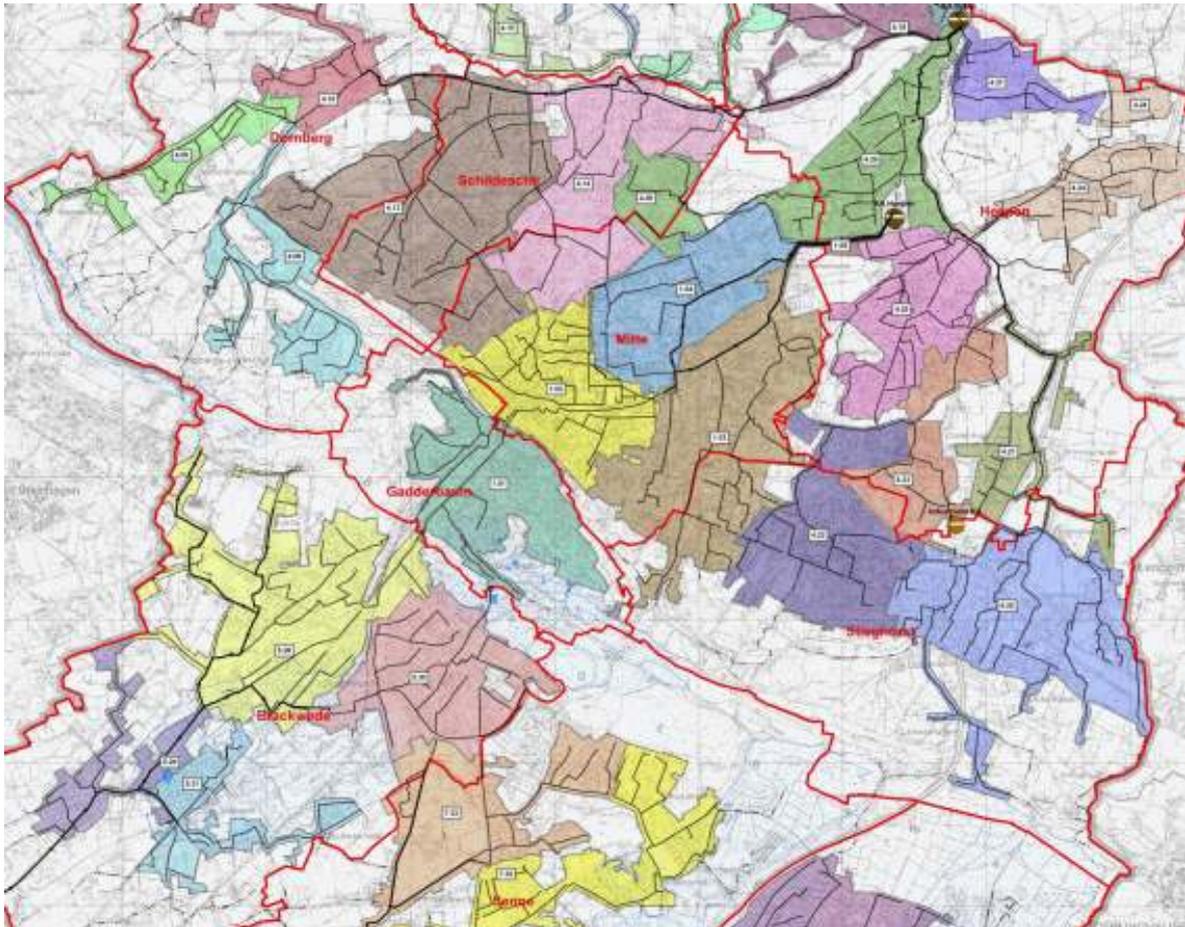


Abbildung 3: Planausschnitt Entwässerungsgebiete der Stadt Bielefeld

Nähere Angaben zu den Teileinzugsgebieten, Sonderbauwerken im Netz, Angabe über Messstellen und Messzeiträume sowie die detaillierten Auswertungen sind zu entnehmen Anhang 1 (KA Brake), Anhang 2 (KA Heepen), Anhang 3 (KA Sennestadt), Anhang 4 (KA Obere Lutter) und Anhang 5 (KA Verl-Sende). Die Auswertungen der Messdaten sowie die Berechnungen des Fremdwasseranfalls sind jeweils auf abgegrenzte Teileinzugsgebiete der Kläranlagennetze bezogen.

Sie beschränken sich zunächst auf das Fremdwasser bei Trockenwetter, da nur dieser Anteil für die gestaffelte Umsetzung der Dichtheitsprüfung relevant ist. Ggf. soll das Konzept zu einem späteren Zeitpunkt um Auswertungen zum niederschlagsbedingten Fremdwasseranfall ergänzt werden.

## **5.2 Planunterlagen**

Die Arbeitshilfe des Landes NRW gibt Inhalt und Form von Fremdwassersanierungskonzepten in einem bestimmten Rahmen vor. Vor diesem Hintergrund erfolgt die grafische Umsetzung des Konzeptes mithilfe des Geoinformationssystems ArcGIS. Die Darstellung aller geforderten Informationen in ArcGIS wird auf einem Übersichtsplan mit mehreren thematischen Ebenen bereitgestellt. Durch die Verknüpfung mit einer Datenbank können die zugehörigen Daten in Attribut-Tabellen angezeigt werden. Aus dem GIS- Projekt können Übersichtspläne und Listen in digitaler Form mit thematischem Sachbezug bedarfsgerecht generiert werden.

Das Grobkonzept für das gesamte Stadtgebiet wird auf einem Übersichtsplan im Maßstab 1:20 000 dargestellt. Grundlage des Planes sind die Vorgaben der Verwaltungsvorschrift über die Aufstellung von Abwasserbeseitigungskonzepten (RdErl. des MUNLV vom 08.08.2008). Darüber hinaus sind die in der Arbeitshilfe geforderten Angaben wie Darstellung von Messstellen, Fremdwasserbelastungen in % und absoluten Werten je Messstelle, angeschlossene Einwohner je Messgebiet etc. angegeben. Alle zurzeit geplanten fremdwasserrelevanten Sanierungsmaßnahmen im Schmutz- und Mischwasserkanalnetz sind gemäß Abwasserbeseitigungskonzept 2010, aktualisiert für das Berichtsjahr 2012, dargestellt.

Die Fremdwasserschwerpunktgebiete in den Stadtbezirken Dornberg, Jöllenbeck, Stieghorst, Mitte und Brackwede sind auf einem Lageplan im Maßstab 1:5 000 mit weiteren Informationen dargestellt, die sich ausschließlich auf das öffentliche Kanalnetz beziehen. Über den Zustand der privaten Grundstücksentwässerungen kann zurzeit keine Aussage getroffen werden.

## **6 Ermittlung der Fremdwasserschwerpunktgebiete**

### **6.1 Allgemeines**

Nach dem Arbeitsblatt A 118 [4] umfasst Fremdwasser unerwünscht in die Kanalisation gelangende Abflüsse, die durch eindringendes Grundwasser und je nach Kanalart unterschiedliche Fehleinleitungen verursacht sein können. Dazu zählt auch das bei Regen in Schmutzwasserkanälen abfließende Niederschlagswasser.

Das im April 2012 veröffentlichte DWA- Merkblatt M 182 [5] konkretisiert die Ausführungen und definiert Fremdwasser wie folgt:

*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.*

Unterschieden werden das bei Trockenwetter abfließende Fremdwasser, das sog. grundwasserbedingte Fremdwasser, und das bei Niederschlägen in Schmutzwasserkanälen abfließende Fremdwasser, das niederschlagsbedingte Fremdwasser. Im M 182 werden die Fremdwasserkomponenten, wie in Tabelle 4 aufgeführt, differenziert und nach Kanalart angegeben.

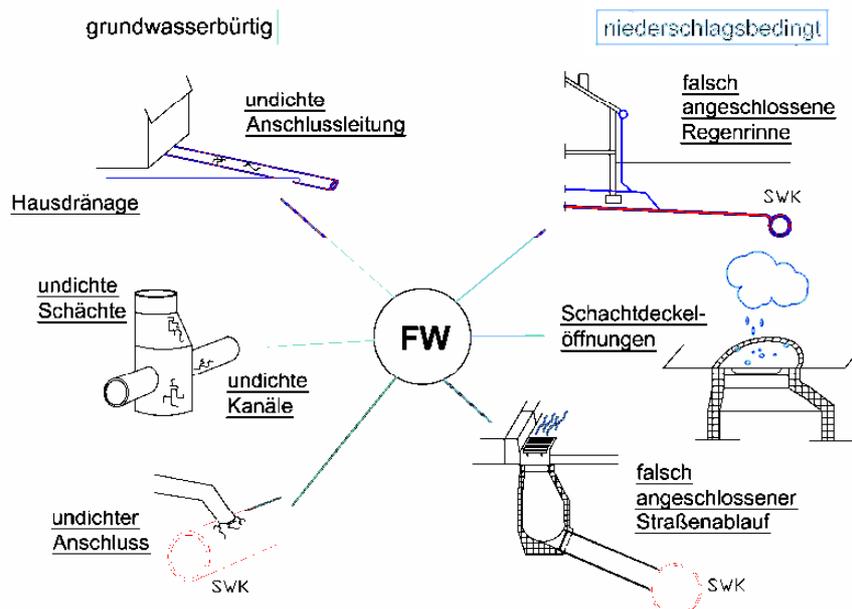
Unerwünscht hohe Fremdwasserabflüsse können zu hydraulischen und betrieblichen Problemen bei Kanalnetz, Sonderbauwerken und Kläranlagen führen und im Weiteren mit einer Kostensteigerung verbunden sein. Neben erhöhten Investitionskosten bei dem Neubau von Abwasseranlagen ist insbesondere eine Steigerung der Betriebskosten bei Kläranlagen und Pumpwerken zu verzeichnen. Zudem steigt mit zunehmendem Fremdwasserabfluss die Abwasserabgabe an, da Grundlage der Berechnung die behandelte Abwassermenge ist. Ein zu hoher Fremdwasseranteil kann zudem zu längeren Einstau- und Entlastungszeiten von Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung sowie zu einer verringerten Reinigungsleistung der Kläranlage führen. Im Hinblick auf den Gewässerschutz ist Fremdwasser daher zu vermeiden. Allein bei den drei Bielefelder Kläranlagen ist bei einem jährlichen Fremdwasseranfall von insgesamt ca. 9 Mio. m<sup>3</sup> mit um 2 - 4 Mio. € höheren Betriebskosten pro Jahr zu rechnen.

Neben dem Eintrag von Fremdwasser in die Kanalisation kommt der Exfiltration von Abwasser in das Grundwasser über undichte Rohrleitungen eine besondere Bedeutung zu. Besonders gefährdet sind hier die südlich des Teutoburger Waldes gelegenen Bereiche mit hohen Grundwasserständen. Südlich des Teutoburger Waldes werden zum Teil auch Einzugsgebiete der Trinkwasserbrunnen der Stadtwerke Bielefeld berührt.

Tabelle 4: Fremdwasser in Entwässerungssystemen gemäß DWA-M 182

Fremdwasser- komponente		Mischsystem	Trennsystem	
		Mischwasser- kanalnetz	Schmutzwas- serkanalnetz	Regenwas- serkanalnetz
Eindringendes Grundwasser (über Undichtigkeiten)	grundwas- ser- bedingtes Fremd- wasser	X	X	X
Zufließendes Dränwasser		X	X	X <sup>*)</sup>
Zufließendes Bach- und Quellwasser und übertreten- des Hochwasser		X	X	X <sup>*)</sup>
Zufließende Oberflächenab- flüsse von Außengebieten, die nicht planmäßig durch die Kanalisation entwässert werden sollen	nieder- schlags- bedingtes Fremd- wasser	X	X	X
Zufließendes Niederschlags- wasser über Schachtabde- ckungen o. Fehleinleitungen, Überläufe von Versickerungs- anlagen			X	
Anmerkungen				
X Die Fremdwasserkomponente gilt als Fremdwasser in dieser Kanalart.				
*) Die Zulässigkeit der Einleitung von Drainage-, Quell- und Bachwasser in Regenwasserkanäle ist im Einzelfall zu prüfen.				

Zum besseren Verständnis sind nachfolgend einige bedeutsame Eintragsquellen abgebildet.



## 6.2 Fremdwassersituation Kläranlageneinzugsgebiete

### 6.2.1 Einzugsgebiet KA Brake

Der überwiegende Teil des nördlichen Stadtgebietes entwässert zur Kläranlage Brake.

Ca. 35 % der angeschlossenen Flächen werden im Mischsystem, 65 % im Trennsystem entwässert. Zudem wird das Abwasser aus Teilgebieten der Nachbarstädte Enger und Herford der KA Brake zugeführt.

Die aktuellen Flächendaten und Anschlusswerte des Stadtgebietes Bielefeld sowie die Betriebsdaten für das Jahr 2011 sind Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 5: Daten KA Brake (31.12.2011)

Bezeichnung	Kurzzeichen	Kläranlage Brake
<b>Betriebsdaten</b>		
Jahresabwassermenge	JAM [Mio.m3/a]	14,72
Jahresschmutzwassermenge	JSM [Mio.m3/a]	11,30
Fremdwasseranteil	FWA [%]	29
<b>Anschlusswerte (Bielefeld)</b>		
Einwohner	E	164.230
Einwohnergleichwerte (hydr.)	EGW	24.500
Kanalanschlusswerte	KAW	188.730
<b>Flächendaten (Bielefeld)</b>		
kanalisiertes Einzugsgebiet	$A_{E,k}$ [ha]	4.250
befestigte Fläche	$A_{E,b}$ [ha]	1.675
befestigte Fläche - Mischsystem	$A_{E,b}$ (MS) [ha]	525
Regenentlastungsanlagen MS	Stück	54
befestigte Fläche - Trennsystem	$A_{E,b}$ (TS) [ha]	1.150

Mit Bescheid der BR Detmold vom 21.05.2003 zur Anzeige gemäß § 58 (1) LWG für das Gesamtnetz der KA Brake wurde die Stadt Bielefeld verpflichtet, jährlich über die Ergebnisse bei der Suche und Beseitigung von Fremdwasserquellen zu berichten.

Bereits in 2001 wurde begonnen, an verschiedenen Knotenpunkten im Schmutz- und Mischwasserkanalnetz Messungen zur Bestimmung des Fremdwasseraufkommens durchzuführen. Die Auswertungen beziehen sich dabei auf das grundwasserbedingte und in den Trennsystemen zusätzlich auf das niederschlagsbedingte Fremdwasser.

Ergänzend wurden über einen langjährigen Zeitraum die Abflussverhältnisse im Netz der Kläranlage Brake modelltechnisch mit dem hydrologischen Programm KOSIM (ITWH Hannover) nachgebildet.

Die aktuelle Simulation beinhaltet ein Fremdwassermodell, welches die vielfältigen Komponenten des Fremd- und Nachlaufwassers in die 6 Sorten A bis F einteilt und zusätzlich die besonderen Einflüsse von Winterwetter (Frost und Schnee) abbildet. Mit der Auswertung der Daten aus dem Jahr 2011 liegt nunmehr für 10 Jahre ein kalibriertes hydrologisches Modell mit höchster Genauigkeit vor. Ein dokumentierter Zwischenstand des Modells aus dem Jahr 2006 liegt der BR Detmold vor. Der aktuelle Aufbau des Modells ist Tabelle 6 zu entnehmen.

Tabelle 6: Aufbau des hydrologischen FW- Modells

Ge- schwin- digkeit	Pha- se	Sor- te	Komponenten	Beschreibung
---------------------------	------------	------------	-------------	--------------

↑ langsam          schnell ↓	Trockenwetter	<b>A</b>	<b>A Sommer + A Winter, langfristig</b>	FW mit langem Nachlauf (teilweise bis zu 1,5 Jahre)	erhöhtes Fremdwasser für Winter u. Frühjahr generiert
		<b>B</b>	<b>B Winter, mittelfristig</b>	FW der Winterperiode mit mittlerem Nachlauf (ca. ein Quartal)	
		<b>C</b>	<b>C Winter, kurzfristig</b>	FW der Winterperiode mit kurzem Nachlauf (meist weniger als ein Quartal) als typischer „Winter-Berg“	
		<b>D</b>	<b>D Sommer</b>	Regennachlauf vom 1. bis zum 20. Tag nach Ereignis	
			<b>D Winter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mit definierter Abklingkurve</li> <li>Aufschläge für Extrema</li> </ul>	
		<b>E</b>	<b>E Sommer</b>	Regennachlauf in den ersten 24 Stunden nach Ereignis	
	<b>E Winter</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>mit definierter Abklingkurve</li> <li>Aufschläge für Extrema</li> </ul>		
	Regenwetter	<b>F</b>	<b>Q<sub>R,Tr</sub> normal</b>	FW in Trennsystemen bei Regenereignissen Q <sub>R,Tr</sub>	Nachlaufwasser
			<b>XXL extrem</b>	Starkregenzuschlag und Dauerregenzuschlag zu Q <sub>R,Tr</sub>	

Die Farbgebung für die einzelnen Sorten findet sich teilweise in den Diagrammen des Anhangs 1 wieder, in denen ein Abgleich von Messdaten und Simulationsdaten erfolgt.

Die auf dem Modell basierende Kalibrierung des Schmutz- und Mischwassernetzes der Kläranlage Brake ergibt, dass im langjährigen Mittel zusammen mit dem Nachlauf von Regenereignissen und dem Fremdwasser bei Regenwetter  $Q_{R,Tr}$  insgesamt eine Fremdwassermenge von jährlich mindestens 5 Mio. m<sup>3</sup> auf der Kläranlage Brake zu behandeln ist.

Aufgrund dieser Größenordnung wurde es auch aus betrieblichen und finanziellen Gesichtspunkten als unverzichtbar angesehen, Fremdwasserschwerpunktgebiete zu identifizieren, durch weitergehende Untersuchungen Fremdwassereintragsquellen einzugrenzen und durch geeignete Maßnahmen das Fremdwasseraufkommen zu reduzieren.

Wie die Analysen der bisher durchgeführten Untersuchungen nach dem vom Umweltbetrieb entwickelten Bewertungsverfahren zeigen, gibt es in abgegrenzten Teilgebieten des weit verzweigten Netzes stark überdurchschnittliche Fremdwasserinfiltrationen. So wurde u.a. ein Schmutzwassersammler im Bereich Hoberge- Uerentrup identifiziert, durch dessen Sanierung in 2011 die Fremdwassermenge voraussichtlich bis zu einer Höhe von ca. 250.000 m<sup>3</sup>a reduziert werden kann. In einigen Teilbereichen wird ein erhöhtes Fremdwasseraufkommen aus den privaten Entwässerungsnetzen vermutet. Die Stadt Bielefeld hat der BR Detmold im Rahmen der Berichtspflicht jährlich über den aktuellen Stand informiert.

Nach Berechnungen der BR Detmold aus dem Jahr 2010 wird für das Einzugsgebiet KA Brake zwischenzeitlich kein vordringlicher Handlungsbedarf mehr gesehen, jedoch die Fortführung der Untersuchungen in lokalen Fremdwasserschwerpunktgebieten empfohlen. Der Fremdwasseranteil für das Einzugsgebiet der KA Brake liegt demnach für die Jahre 2002 – 2008 auf mittlerem Niveau; nach dem Verfahren der „Jahresschmutzwassermenge“ berechnet sich der Fremdwasseranteil mit 32 %.

Nach eigenen Berechnungen ergibt sich für das Einzugsgebiet der KA Brake im Mittel der Jahre 2002-2010 ein Fremdwasseranteil von ca. 36 %.

### **6.2.2 Einzugsgebiet Kläranlage Heepen**

Die Stadtbezirke Gadderbaum und Mitte sowie der Stadtteil Sieker entwässern zur Kläranlage Heepen.

Ca. 23 % der angeschlossenen Flächen werden im Mischsystem, 77 % im Trennsystem entwässert. Die aktuellen Flächendaten und Anschlusswerte des Stadtgebietes Bielefeld sowie die Betriebsdaten für das Jahr 2011 sind Tabelle 7 entnehmen.

Tabelle 7: Daten KA Heepen (31.12.2011)

Bezeichnung	Kurzzeichen	Kläranlage Heepen
<b>Betriebsdaten</b>		
Jahresabwassermenge	JAM [Mio.m <sup>3</sup> /a]	8,30
Jahresschmutzwassermenge	JSM [Mio.m <sup>3</sup> /a]	6,61
Fremdwasseranteil	FWA [%]	32
<b>Anschlusswerte</b>		
Einwohner	E	81.610
Einwohnergleichwerte (hydr.)	EGW	42.000
Kanalanschlusswerte	KAW	123.610
<b>Flächendaten</b>		
kanalisiertes Einzugsgebiet	A <sub>E,k</sub> [ha]	1.796
befestigte Fläche	A <sub>E,b</sub> [ha]	1.110
befestigte Fläche - Mischsystem	A <sub>E,b</sub> (MS) [ha]	257
Regenentlastungsanlagen MS	Stück	6
befestigte Fläche - Trennsystem	A <sub>E,b</sub> (TS) [ha]	853

Mit Bescheid der BR Detmold vom 16.04.2004 zur Anzeige gemäß § 58 (1) LWG für das Gesamtnetz der KA Heepen wurde von der Stadt Bielefeld gefordert, den Fremdwasserzufluss zu reduzieren und hierüber jährlich zum 30.06. zu berichten.

Bereits in 2001 wurde begonnen, an verschiedenen Knotenpunkten im Schmutz- und Mischwasserkanalnetz Messungen zur Bestimmung des Fremdwasseraufkommens durchzuführen. Die Auswertungen beziehen sich dabei auf das grundwasserbedingte und in den Trennsystemen zusätzlich auf das niederschlagsbedingte Fremdwasser.

Wie die Analysen der bisher durchgeführten Untersuchungen nach dem vom Umweltbetrieb entwickelten Bewertungsverfahren zeigen, gibt es in abgegrenzten Teilgebieten des Kanalnetzes ein stark erhöhtes Fremdwasseraufkommen. Dieses bezieht sich sowohl auf das grundwasserbedingte als auch das niederschlagsbedingte Fremdwasser. In einigen Teilgebieten wurden weitergehende Untersuchungen wie Beurteilung des Kanalzustandes, Vorortbesichtigungen von Schachtdeckeln sowie Benerbelungen zur Feststellung von Fehlanschlüssen durchgeführt. Einige Eintragsquellen von niederschlagsbedingtem Fremdwasser konnten identifiziert und abgestellt werden. In einigen Teilbereichen wird ein erhöhtes Fremdwasseraufkommen aus den privaten Entwässerungsnetzen vermutet. Die Stadt Bielefeld hat der BR Detmold im Rahmen der Berichtspflicht jährlich über den aktuellen Stand informiert.

Für das Einzugsgebiet der KA Heepen wird nach den Berechnungen der BR Detmold aus dem Jahr 2010 kein vordringlicher Handlungsbedarf für das Gesamteinzugsgebiet gese-

hen, jedoch die Fortführung der Untersuchungen in lokalen Fremdwasserschwerpunktgebieten empfohlen. Der Fremdwasseranteil für das Einzugsgebiet der KA Heepen liegt demnach für die Jahre 2002 – 2008 auf niedrigem bis mittlerem Niveau; nach dem Verfahren der „Jahresschmutzwassermenge“ berechnet sich der Fremdwasseranteil.

Nach eigenen Berechnungen ergibt sich für das Einzugsgebiet der KA Heepen im Mittel der Jahre 2002-2010 ein etwas höherer Fremdwasseranteil von ca. 30 %.

### 6.2.3 Einzugsgebiet Kläranlage Sennestadt

Die Stadtteile Sennestadt und Eckardtsheim entwässern zur Kläranlage Sennestadt. Das gesamte Gebiet wird im Trennsystem entwässert. Die aktuellen Flächendaten und Anschlusswerte sowie die Betriebsdaten für das Jahr 2011 sind Tabelle 8 zu entnehmen.

Tabelle 8: Daten KA Sennestadt (31.12.2011)

Bezeichnung	Kurzzeichen	Kläranlage Sennestadt
<b>Betriebsdaten</b>		
Jahresabwassermenge	JAM [Mio.m <sup>3</sup> /a]	1,37
Jahresschmutzwassermenge	JSM [Mio.m <sup>3</sup> /a]	1,24
Fremdwasseranteil	FWA [%]	31
<b>Anschlusswerte</b>		
Einwohner	E	17.540
Einwohnergleichwerte (hydr.)	EGW	35.167
Kanalanschlusswerte	KAW	52.707
<b>Flächendaten</b>		
kanalisiertes Einzugsgebiet	A <sub>E,k</sub> [ha]	618
befestigte Fläche	A <sub>E,b</sub> [ha]	324
befestigte Fläche - Mischsystem	A <sub>E,b</sub> (MS) [ha]	0
Regenentlastungsanlagen MS	Stück	0
befestigte Fläche - Trennsystem	A <sub>E,b</sub> (TS) [ha]	324

Für das Einzugsgebiet der KA Sennestadt wird nach den Berechnungen der BR Detmold aus dem Jahr 2010 die Erstellung eines Fremdwassersanierungskonzeptes für erforderlich gehalten. Demnach liegt das grundwasserbedingte Fremdwasseraufkommen im Jahresmittel auf einem mittleren bis hohem Niveau mit ausgeprägten Spitzen. Den Berechnungen zufolge stammen ca. 75 % aus grundwasserbedingtem Fremdwasser, ca. 25 % deuten auf Fehlanschlüsse von direkt abflusswirksamen Flächen hin. Dabei ist eine zunehmende Tendenz festzustellen.

Anfang 2011 wurde ein Messprogramm zur Erfassung des Fremdwassers bei Trocken- und Regenwetter eingerichtet. Hierzu wurde an 3 Stellen im Kanalnetz die Abflüsse durch mobile Messungen in den Entwässerungsgebieten 8.35 (Sennestadt) und 8.36 (Eckardtsheim) gemessen.

Teile des Stadtbezirks Sennestadt befinden sich in den Wasserschutzgebieten Sennestadt und Sennestadt-West. Die Entwässerungssatzung sieht für diese Gebiete die vorgezogene Durchführung der Dichtigkeitsprüfungen bis zum 31.12.2014 vor.

#### 6.2.4 Einzugsgebiet Verbandskläranlage Obere Lutter

Die Abwässer des überwiegenden Teils des südlichen Stadtgebietes mit den Stadtteilen Brackwede, Quelle, Ravensberger Bleiche, Ummeln und Senne werden der Verbandskläranlage Obere- Lutter zugeführt. Ca. 19 % der angeschlossenen Flächen des Stadtgebietes Bielefeld werden im Mischsystem, 81 % im Trennsystem entwässert. Die aktuellen Flächendaten und Anschlusswerte des Stadtgebietes Bielefeld sowie die Betriebsdaten für das Jahr 2011 sind Tabelle 9 zu entnehmen.

Tabelle 9: Daten KA Obere Lutter (31.12.2011)

Bezeichnung	Kurzzeichen	Kläranlage Obere Lutter
<b>Betriebsdaten</b>		
Jahresabwassermenge	JAM [Mio.m <sup>3</sup> /a]	7,13
Jahresschmutzwassermenge	JSM [Mio.m <sup>3</sup> /a]	6,27
Fremdwasseranteil	FWA [%]	38
<b>Anschlusswerte (Bielefeld)</b>		
Einwohner	E	58.200
Einwohnergleichwerte (hydr.)	EGW	17.000
Kanalanschlusswerte	KAW	72.200
<b>Flächendaten (Bielefeld)</b>		
kanalisiertes Einzugsgebiet	A <sub>E,k</sub> [ha]	1.989
befestigte Fläche	A <sub>E,b</sub> [ha]	1.098
befestigte Fläche - Mischsystem	A <sub>E,b</sub> (MS) [ha]	207
Regenentlastungsanlagen MS	Stück	6
befestigte Fläche - Trennsystem	A <sub>E,b</sub> (TS) [ha]	891

Für das Einzugsgebiet der KA Obere Lutter wird nach Berechnungen der BR Detmold aus dem Jahr 2008 die Erstellung eines ganzheitlichen Fremdwassersanierungskonzeptes für erforderlich gehalten. Das Konzept soll die Einzugsgebiete Gütersloh und Bielefeld enthalten. Der Fremdwasseranteil für das Einzugsgebiet der KA Obere Lutter liegt demnach

für die Jahre 2004 – 2007 auf mittleren bis hohem Niveau; nach dem Verfahren der „Jahresschmutzwassermenge“ berechnet sich der Fremdwasseranteil mit 51 % insgesamt mit steigender Tendenz. Den Berechnungen zufolge stammt der überwiegende Anteil aus dem Grundwasser.

Der Abwasserverband Obere Lutter hat die Mitgliedsgemeinden Bielefeld und Gütersloh auf diese Problematik hingewiesen und um Lösung gebeten. In einem ersten Schritt wurde im Jahr 2009 vom Umweltbetrieb im Rahmen der interkommunalen Zusammenarbeit eine gemeinsame Fremdwasseruntersuchung für die Stadtgebiete Bielefeld und Gütersloh für den Einzugsbereich des Verbandssammlers Friedrichsdorf durchgeführt. Die Auswertung der 5 eingerichteten Messstellen zeigen deutlich, dass das Fremdwasserverhalten starken saisonalen Schwankungen unterliegt. Hauptsächlich in den Monaten März und April wird in einigen Teilbereichen ein erhöhter bis stark erhöhter Fremdwasseranfall festgestellt. Ein enger Zusammenhang wird zwischen niederschlagsreichen Zeiträumen und dem Anstieg des Fremdwasserbasisabflusses erkennbar. Steigende Grundwasserstände in Verbindung mit undichten Kanälen sowie Drainagen können hierfür ursächlich sein. Diese bereits durch Messungen im Jahre 2007 im Platinweg festgestellte Abflussverhalten wird auch hier bestätigt. Diese Erfahrungen stimmen zudem mit denen der Abwasserbehandlung auf der Kläranlage Obere Lutter überein.

In einem ersten Schritt wurden im Hinblick auf eine weitere Eingrenzung von Fremdwassereintragsquellen im Stadtgebiet Gütersloh vom Abwasserverband Obere Lutter und von der Stadt Gütersloh folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Untersuchung des baulichen Zustandes des Verbandssammlers Friedrichsdorf
- Untersuchung des Kanalnetzes der Stadt Gütersloh
- Benebelung von Grundstücken

### Ergebnisse und durchgeführte Maßnahmen

Hinsichtlich der Schmutzwassermengen aktualisierte Berechnungen der BR Detmold aus dem Jahr 2011 zeigen, dass die auf der Grundlage von zwei unterschiedlichen Verfahren berechneten Fremdwasseranteile nun durchweg unter 50 % liegen. Dabei beziehen sich die ermittelten Fremdwasseranteile auf den Ablauf der Kläranlage und somit auf das gesamte Einzugsgebiet. Aufgrund des sehr großen Einzugsgebietes mit unterschiedlichen topografischen und hydrogeologischen Strukturen werden Bereiche mit sehr geringem Fremdwasseraufkommen, aber auch sehr hohem Aufkommen vermutet. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht wird daher insbesondere im Hinblick auf auftretende Spitzen ein gewisser Handlungsbedarf gesehen.

Im Zuge der Erstellung des FSK für die Stadt Bielefeld wurde ab Anfang 2011 das Messprogramm zur Erfassung des Fremdwassers im Stadtgebiet Bielefeld weiter ausgedehnt. Messstellen wurden an aussagekräftigen Knotenpunkten, i.d.R. am Ende eines jeweiligen ABK- Einzugsgebietes, eingerichtet. Zur Vervollständigung der Auswertungen wurden zudem früher durchgeführte Messungen in die Berechnungen des Fremdwasseraufkommens mit einbezogen.

### 6.2.5 Einzugsgebiet Gemeinschaftskläranlage Verl-Sende

Die Abwässer aus den Stadtteilen Dalbke und Heideblümchen werden der Gemeinschaftskläranlage Verl-Sende zugeführt. Die aktuellen Flächendaten und Anschlusswerte des Stadtgebietes Bielefeld sowie die Betriebsdaten für das Jahr 2010 sind Tabelle 10 zu entnehmen.

Tabelle 10: Daten KA Verl-Sende (31.12.2010)

Bezeichnung	Kurzzeichen	Kläranlage Verl-Sende
<b>Betriebsdaten</b>		
Jahresabwassermenge	JAM [Mio.m <sup>3</sup> /a]	1,52
Jahresschmutzwassermenge	JSM [Mio.m <sup>3</sup> /a]	1,18
Fremdwasseranteil	FWA [%]	20
<b>Anschlusswerte (Bielefeld)</b>		
Einwohner	E	3.575
Einwohnergleichwerte (hydr.)	EGW	935
Kanalanschlusswerte	KAW	4.510
<b>Flächendaten (Bielefeld)</b>		
kanalisiertes Einzugsgebiet	A <sub>E,k</sub> [ha]	165
befestigte Fläche	A <sub>E,b</sub> [ha]	89
befestigte Fläche - Mischsystem	A <sub>E,b</sub> (MS) [ha]	0
Regenentlastungsanlagen MS	Stück	0
befestigte Fläche - Trennsystem	A <sub>E,b</sub> (TS) [ha]	89

Für das Kläranlageneinzugsgebiet Verl-Sende liegen der Stadt Bielefeld keine Berechnungen der BR Detmold vor. Den Angaben des Abwasserbetriebes der Stadt Verl zufolge liegt der Fremdwasseranteil für die Jahre 2002 – 2010 auf niedrigem Niveau mit ca. 21 %.

Im Zuge der Erstellung des FSK wurde daher ab Anfang 2011 ein Messprogramm zur Erfassung des Fremdwassers bei Trocken- und Regenwetter eingerichtet. Hierzu wurde an 2 Stellen im Kanalnetz die Abflüsse durch temporäre Messungen in dem Entwässerungsgebiet 9.37 (Dalbke/ Heideblümchen) gemessen.

### 6.3 Verfahren zur Bewertung und Klassifizierung von Fremdwasser

Zur Bewertung des grundwasserbedingten und niederschlagsbedingten Fremdwasseranfalls sind bei der Vielzahl an Messdaten klare Vorgaben erforderlich, um Teileinzugsgebiete eindeutig als Fremdwasserschwerpunkte identifizieren zu können. In der Literatur und den technischen Regelwerken werden keine Grenzwerte, sondern nur Richtwerte genannt. Auf Grundlage dieser Werte für die gebräuchlichsten Fremdwasserparameter sowie eigener Auswertungen langjähriger Messkampagnen wurde vom Umweltbetrieb der Stadt Bielefeld ein schematisiertes Verfahren entwickelt, bei dem eine Einstufung des Fremdwasseranfalls in vier Fremdwasserstufen erfolgt. Es hat sich gezeigt, dass das Verfahren geeignet ist, bei Vorliegen belastbarer Daten von Niederschlag und Abfluss, Fremdwasserschwerpunktgebiete schnell und eindeutig zu identifizieren und Eintragsquellen einzugrenzen.

Das Verfahren wurde im Jahr 2011 vom Institut für Unterirdische Infrastruktur (IKT) mit dem 1. Platz des bedeutenden Fachpreises „**Goldener Kanaldeckel 2010**“ ausgezeichnet. Das Verfahren wird nachfolgend detailliert beschrieben.

#### 6.3.1 Parameterauswahl und Festlegung von Wertebereichen

Die in der Fachliteratur gebräuchlichsten Parameter wurden zunächst im Hinblick auf Allgemeingültigkeit und Eignung für die in Bielefeld vorliegenden Verhältnisse geprüft. Die nachfolgenden Parameter erfüllen diese Anforderungen und wurden in die Berechnung aufgenommen.

##### 6.3.1.1 Parameter zur Ermittlung des grundwasserbedingten Fremdwasseranfalls bei Trockenwetter in Schmutz- und Mischwasserkanälen

Im Rahmen der Untersuchungen haben sich für den grundwasserbedingten Fremdwasseranfall die Parameter Fremdwasseranteil FWA, einwohnerspezifisches Tagesmittel  $q_{T,d,pM}$  und Fremdwasserabflussspende bei Trockenwetter  $q_F$  als geeignet erwiesen.

##### Fremdwasseranteil im Trockenwetterabfluss FWA

$$FWA = \frac{\text{Fremdwasser} - \text{Abflussvolumen}}{\text{Trockenwetter} - \text{Abflussvolumen}} \times 100 [\%]$$

Die Ermittlung dieses Parameters erfolgt vereinfacht i.d.R. kläranlagenbezogen über die Jahresschmutzwassermenge JSM. Soweit eine Kalibrierung des Netzes vorgenommen wurde, wird im Hinblick auf eine höhere Genauigkeit der Fremdwasseranteil hieraus ermittelt. In Bielefeld hat sich gezeigt, dass der Fremdwasseranteil für Teileinzugsgebiete be-

zogen auf den Zeitraum der jeweiligen Messkampagne bzw. Mittelwertbildung der Tageswerte einen aussagekräftigen Parameter liefert und zudem gut geeignet ist, saisonale Schwankungen aufzuzeigen.

Die Ermittlung des Fremdwasseranteils über die Dreiecksmethode bzw. Methode des gleitenden Minimums führt nach bisherigen Erfahrungen im Verhältnis zur Berechnung mittels JSM oder Kalibrierung oftmals zu deutlich niedrigeren Werten, da Fremdwasseranteile als Niederschlagsabfluss interpretiert werden und der Fremdwasseranteil somit unterschätzt wird. Dieses wird in Fachbeiträgen [2, 12] bestätigt.

In einem Bericht der DWA – AG ES 1.3 [2] wird ein FWA von bis zu 25 % als ein sehr gutes Ergebnis angesehen. Untersuchungen in einem Bundesland zeigen, dass 90 % aller Kläranlagen einen FWA von unter 50 % aufweisen, der somit als normal angesehen werden kann. Fremdwasseranteile von über 50 % werden dagegen als kritisch angesehen. Dieser Grenzwert findet sich u.a. in länderspezifischen Förderrichtlinien, z.B. [9, 10], wieder. Die Literaturwerte beziehen sich in der Regel auf das Jahresmittel.

Bei der in Bielefeld eingeführten Klassifizierung wird abweichend davon für Teileinzugsgebiete der mittlere tägliche Fremdwasseranteil einer Trockenwetterperiode gebildet. Tabelle 11 zeigt die Einstufung des so ermittelten Fremdwasseranteils. Dabei wird in Anlehnung an [2] ein FWA bis zu 25 % als wenig Fremdwasseranfall eingestuft. Ein Überschreiten eines Fremdwasseranteils von 50 % wird allgemein als stark erhöhter Fremdwasseranfall angesehen und entsprechend eingestuft. Eigene Auswertungen führen zu Zwischenwerten mit einer Einstufung des Fremdwasseranteils in die Stufen mittelmäßig und erhöht.

Tabelle 11: Einstufung Fremdwasseranteil FWA

Fremdwasserstufen	FWA [%]
stark erhöhter Fremdwasseranfall	≥ 50
erhöhter Fremdwasseranfall	≥ 35 - < 50
mittelmäßiger Fremdwasseranfall	≥ 25 - < 35
wenig Fremdwasseranfall	< 25

### Einwohnerwertspezifisches Tagesmittel $q_{T,d,pM}$

$$q_{T,d,pM} = \frac{Q_{T,d,pM} [m^3] \times 1000}{E} [l/(E \times d)]$$

Diese Größe wird i.d.R. auf reale Einwohner E bezogen. Stark industriell geprägte Gebiete bedürfen hier einer gesonderten Betrachtung. Messdaten zu diesem Parameter liegen

meist nur von Kläranlageneinzugsgebieten vor, so dass die in der Fachliteratur genannten Werte für diesen Parameter stark differieren. So gibt Jardin [7] basierend auf einer in 2004 durchgeführten Untersuchung den bundesdeutschen Mittelwert für den spezifischen Abwasseranfall mit  $333 \text{ l}/(\text{E} \times \text{d})$ , für das Ruhreinzugsgebiet einen deutlich höheren Wert mit  $502 \text{ l}/(\text{E} \times \text{d})$  an. Hennerkes [6] bezieht sich auf Schmidt (2000) und nennt Werte von über  $240 \text{ l}/(\text{EW} \times \text{d})$  für einen erhöhten Fremdwasseranfall. Die Literaturwerte beziehen sich in der Regel auf das Jahresmittel  $Q_{T,d,aM}$ . In [4] wird ein Monatsmittelwert  $Q_{T,d,mM}$  mit einem einwohnerwertspezifischen Tageszufluss von mehr als  $300 \text{ l}/(\text{EW} \times \text{d})$  als Hinweis für das Vorliegen kritischer Fremdwasserhältnisse gewertet.

Aufgrund der kürzeren Messperioden wird in Bielefeld abweichend davon ein periodenbezogenes einwohnerspezifisches Tagesmittel  $q_{T,d,pM}$  gebildet. Die Einstufung in die jeweilige Fremdwasserstufe erfolgt in Anlehnung an die angegebenen Literaturwerte sowie eigener Erfahrungswerte und ist in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Einstufung einwohnerspezifisches Tagesmittel  $q_{T,d,pM}$

Fremdwasserstufen	$q_{T,d,pM} [\text{l}/(\text{E} \times \text{d})]$
stark erhöhter Fremdwasseranfall	$\geq 240$
erhöhter Fremdwasseranfall	$\geq 180 - < 240$
mittelmäßiger Fremdwasseranfall	$\geq 150 - < 180$
wenig Fremdwasseranfall	$< 150$

### Fremdwasserabflussspende bei Trockenwetter $q_F$

$$q_F = \frac{Q_F}{A_{E,k}} [\text{l}/\text{s} \times \text{ha}]$$

Die Größe des Fremdwasserabflusses bei Trockenwetter kann nach dem Arbeitsblatt A 118 [4] ortsspezifisch über eine Fremdwasserabflussspende  $q_F$  bezogen auf die kanalisierte Einzugsgebietsfläche angegeben werden.

Für Neuplanungen wird der Ansatz einer Spende von  $0,05$  bis  $0,15 \text{ l}/(\text{s} \times \text{ha})$  als ausreichend angesehen. Der empfohlene Wertebereich gilt ausdrücklich für den Entwurf von Kanälen. Hierbei handelt es sich um stündliche Spitzenwerte für die Bemessung. Der Wertebereich mit diesen pauschalen Planungswerten eignet sich daher wenig für die Bewertung des tatsächlichen Fremdwasseranfalls.

Hennerkes führt in [6] aus, dass Fremdwasserspenden von  $q_F > 0,15 \text{ l/(s* ha)}$  Hinweise auf einen erhöhten Fremdwasseranfall geben können.

Die in Tabelle 13 aufgeführten Wertebereiche für die Fremdwasserabflussspende bei Trockenwetter wurden allein auf Basis der in mehreren Teileinzugsgebieten der KA Brake und Heepen durchgeführten Messkampagnen festgelegt.

Tabelle 13: Einstufung Fremdwasserabflussspende bei Trockenwetter

Fremdwasserstufen	$q_F \text{ [l/(s* ha)]}$
stark erhöhter Fremdwasseranfall	$\geq 0,05$
erhöhter Fremdwasseranfall	$\geq 0,03 - < 0,05$
mittelmäßiger Fremdwasseranfall	$\geq 0,02 - < 0,03$
wenig Fremdwasseranfall	$< 0,02$

### 6.3.1.2 Parameter zur Ermittlung des niederschlagsbedingten Fremdwassers im Schmutzwasserkanal von Trenngebieten $q_{R,Tr}$

Im Rahmen der Untersuchungen haben sich für den niederschlagsbedingten Fremdwasseranfall die Parameter Fehlanschlussgrad FAG, Deckelzufluss  $q_{\text{Deckel}}$  und die Regenabflussspende  $q_F$  bewährt.

#### Fehlanschlussgrad FAG

$$FAG = \frac{A_f}{A_U} [\%]$$

Nach [2] kann der niederschlagsbedingte Fremdwasseranteil im Schmutzwasserkanal von Trennsystemen durch das Auswerten von gemessenen Abflüssen bei Niederschlagsereignissen unter Berücksichtigung statistisch abgesicherter Trockenwetterdaten im Gegensatz zum Fremdwasseranfall bei Trockenwetter direkt errechnet werden. Durch eine Abflussbilanzierung kann demnach z.B. die an den Kanal fehl angeschlossene abflusswirksame Fläche ermittelt und als Fehlanschlussgrad ausgedrückt werden:

Der Fehlanschlussgrad berechnet sich nach [2] mit:

Direktabflussvolumen des Niederschlagswassers als Differenz der Flächen unter der Trockenwetterganglinie und der Gesamtabflussganglinie:  $V_{Q,D}$  [ $m^3$ ]

Fehlangeschlossene Fläche:  $A_f = \frac{V_{Q,D}}{(h_n - h_v)} [ha]$

$h_n$  = Niederschlagshöhe [mm]

$h_v$  = Abflussverluste [mm]

Für die Aussagekraft der Werte ist die korrekte Einschätzung des Regenereignisses sowie der Verlusthöhe  $h_v$  wichtig, die von der Jahreszeit und der Regencharakteristik (Regenlänge sowie Einzelereignis oder mehrere Teilniederschläge) abhängt. I.d.R. können Anfangsverluste in Höhe von  $h_v = 0,5 - 1,5$  mm angesetzt werden.

Nach Pecher [11] trugen in zwei untersuchten Netzen, die keinerlei Fehlanlüsse aufwiesen, rd. 3% bis 9 % der wasserundurchlässigen Fläche des Einzugsgebietes zum Regenabfluss in den Schmutzwasserkanälen bei. In anderen im Trennsystem entwässerten Einzugsgebieten wurden demnach Regenwasserzuflüsse beobachtet, die auf den Zufluss von 5% bis 25 % der befestigten wasserundurchlässigen Flächen schließen ließen. Da diese Aussagen lediglich beispielhaft an wenigen Netzen belegt sind, erfolgt in Tabelle 14 die Differenzierung anhand eigener Messungen und Auswertungen.

Tabelle 14: Einstufung Fehlanchlussgrad FAG

Fremdwasserstufen	FAG [%]
stark erhöhter Fremdwasseranfall	$\geq 15$
erhöhter Fremdwasseranfall	$\geq 9 - < 15$
mittelmäßiger Fremdwasseranfall	$\geq 5 - < 9$
wenig Fremdwasseranfall	$< 5$

Deckelzufluss  $q_{\text{Deckel}}$ 

$$q_{\text{Deckel}} = \frac{Q_{R, Tr}}{N_{\text{Deckel}}} \quad [l/s * \text{Schachtdeckel}]$$

Die Kennzahl Deckelzufluss bezeichnet in Bielefeld den Eintritt von Niederschlagswasser durch die Öffnungen von Schachtdeckeln. Der Spitzenfremdwasserabfluss bei Regenwetter wird ins Verhältnis zur Anzahl der Schachtdeckel im betrachteten öffentlichen Schmutzwasserkanalnetz gesetzt.

Nach einer in Bielefeld durchgeführten Untersuchung [8] wurden Zuflüsse bei Regenwetter für ein trennkanalisiertes Einzugsgebiet an einem Bielefelder Pumpwerk mit über 0,25 l/s pro Schacht ermittelt. Hennerkes führt in [6] geschätzte Mengen nach Pfeiff (1989) je Schacht von 1-2 l/(s\* Schacht), nach Goulart und Kovacs (1977) für amerikanische Verhältnisse in Höhe von 4,4 l/(min\* Schacht) und nach Kölsch und Dohmann (2002) Zuflüsse über Schachtdeckel von 0,19 – 0,40 l/(min\* Schacht) bei einer Regenspende von 190 l/s\* ha auf.

Die angegebenen Werte differieren sehr stark, daher bilden die Grundlage der angegebenen Wertebereiche eigene Untersuchungen. Der in [8] ermittelte Wert wird als Obergrenze eines mittelmäßigen Fremdwasseranfalls in Tabelle 15 aufgenommen. Die Abgrenzung der weiteren Intervalle erfolgt aufgrund eigener Erfahrungswerte anhand vorliegender Messauswertungen.

Tabelle 15: Einstufung Deckelzufluss  $q_{\text{Deckel}}$

Fremdwasserstufen	$q_{\text{Deckel}}$ [l/(s* Deckel)]
stark erhöhter Fremdwasseranfall	$\geq 0,40$
erhöhter Fremdwasseranfall	$\geq 0,25 - < 0,40$
mittelmäßiger Fremdwasseranfall	$\geq 0,15 - < 0,25$
wenig Fremdwasseranfall	$< 0,15$

Regenabflussspende  $q_{R,Tr}$ 

$$q_{R,Tr} = \frac{Q_{R,Tr}}{A_{E,K}} \quad [l/(s \times ha)]$$

Bei der Bemessung von Schmutzwasserkanälen sollte nach [4] neben dem bei Trockenwetter abfließenden Fremdwasser ein zusätzlicher Ansatz für oberflächlich eindringendes Regenwasser getroffen werden. Er kann durch eine Regenabflussspende  $q_{R,Tr}$  bezogen auf die kanalisierte Einzugsgebietsfläche berücksichtigt werden. Für Neuplanungen wird eine Regenabflussspende in Höhe von  $q_{R,Tr} = 0,2$  bis  $0,7 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$  empfohlen. Das angegebene Spektrum der Regenabflussspende entspricht danach Erfahrungswerten für mittlere Verhältnisse bei sorgfältiger Ausführung der Kanalbaumaßnahmen. Dieser Wertebereich gilt ausdrücklich für Neubemessungen und eignet sich nach eigenen Erkenntnissen nicht zur Spezifizierung von Fremdwasserstufen.

Die in Tabelle 16 gezeigte Einstufung wurde auf Basis der in mehreren Teileinzugsgebieten der KA Brake und Heepen durchgeführten Messkampagnen angepasst. Der nach [4] empfohlene Wertebereich wird als mittelmäßiger Fremdwasseranfall aufgenommen. Die weiteren Abstufungen erfolgten aufgrund eigener Erfahrungswerte anhand vorliegender Messauswertungen.

Tabelle 16: Regenabflussspende  $q_{R,Tr}$ 

Fremdwasserstufen	$q_{R,Tr} [l/(s \cdot ha)]$
stark erhöhter Fremdwasseranfall	$\geq 1,0$
erhöhter Fremdwasseranfall	$\geq 0,7 - < 1,0$
mittelmäßiger Fremdwasseranfall	$\geq 0,2 - < 0,7$
wenig Fremdwasseranfall	$< 0,2$

### 6.3.2 Bewertungsmatrix

In Tabelle 17 werden die vorstehenden Parameter in den genannten Grenzbereichen zusammengeführt. Durch Heranziehung von jeweils drei Parametern für grundwasserbedingtes und niederschlagsbedingtes Fremdwasser kann die Bewertung des Fremdwasseraufkommens besser abgesichert werden.

Tabelle 17: Fremdwasserstufen der Stadt Bielefeld

Fremdwasserart	$Q_F$ Grundwasser-Fremdwasser bei Trockenwetter in Schmutz- und Mischwasserkanälen			$Q_{R,Tr}$ niederschlagsbedingtes Fremdwasser im Schmutzwasserkanal		
	Parameter	$Q_{T,d,M}$	$q_F$	FAG	$q_{Deckel}$	$q_{R,Tr}$
Kategorie	FWA [ % ]	$l(E-d)$ [ l(E-d) ]	$l(s-ha)$ [ l(s-ha) ]	[ % ]	$l(s-Deckel)$ [ l(s-Deckel) ]	$l(s-ha)$ [ l(s-ha) ]
stark erhöhter Fremdwasseranfall	$\geq 50$	$\geq 240$	$\geq 0,05$	$\geq 15$	$\geq 0,4$	$\geq 1,0$
erhöhter Fremdwasseranfall	$\geq 35 - < 50$	$\geq 180 - < 240$	$\geq 0,03 - < 0,05$	$\geq 9 - < 15$	$\geq 0,25 - < 0,4$	$\geq 0,7 - < 1$
mittelmäßiger Fremdwasseranfall	$\geq 25 - < 35$	$\geq 150 - < 180$	$\geq 0,02 - < 0,03$	$\geq 5 - < 9$	$\geq 0,15 - < 0,25$	$\geq 0,2 - < 0,7$
wenig Fremdwasseranfall	$< 25$	$< 150$	$< 0,02$	$< 5$	$< 0,15$	$< 0,2$

Weil der grundwasserbedingte Fremdwasseranfall mehr oder weniger starken zeitlichen Schwankungen unterliegt, wird darauf hingewiesen, dass eine Vergleichbarkeit des Fremdwasseraufkommens nur für jeweils vergleichbare Zeiträume gegeben ist. Ein Hinweis hierauf findet sich auch in [13].

## 6.4 Beschreibung der Datengrundlagen und Auswertungen

Sämtliche Messungen einschließlich der erforderlichen Datenprüfung und –aufbereitung wurden durch das Personal des Umweltbetriebes der Stadt Bielefeld durchgeführt.

### 6.4.1 Durchflussmessungen

Grundlage für die Identifizierung von Fremdwasserschwerpunktgebieten und die Quantifizierung der anfallenden Fremdwassermengen ist die Ermittlung von Durchflussmengen mittels Einsatz von geeigneten Messgeräten. Um einen optimalen Einsatz der vorhandenen Messeinrichtungen zu gewährleisten, wurde über Jahre hinweg ein koordiniertes Messkonzept verfolgt.

#### 6.4.1.1 Stationäre Messungen

##### Einzugsgebiet KA Brake

In der Nähe des Eisenbahnviaduktes wurden in 2007 zwei neue stationäre Messstellen installiert. Die alten Venturi-Messstellen mit Papieraufzeichnungen lieferten kaum noch verwertbare Daten. Seitdem werden für den Hauptast des Hauptsammlers Nord, dem sog. Uni-Sammler, sowie für den Jölle- Sammler Messdaten mit guter Qualität gewonnen, die aufgrund der Größe der Einzugsgebiete eine repräsentative Auswertung im Rahmen des FSK erlauben.

##### Einzugsgebiet KA Heepen

Die bauliche Anlage für die stationäre Messstelle im Zulaufbereich der Kläranlage ist bereits fertig gestellt. Die Inbetriebnahme der Messtechnik ist für Frühjahr 2013 vorgesehen. Für das Gesamteinzugsgebiet liegen zurzeit noch keine Messdaten vor

##### Einzugsgebiet KA Obere- Lutter

Ende 2011 wurden in den Verbandssammlern Niehorst und Friedrichsdorf jeweils an den Übergabestellen zum Stadtgebiet Gütersloh sowie in den Zuläufen zur Kläranlage 2 stationäre Messstellen eingerichtet. Eine Auswertung der Messdaten liegt zurzeit noch nicht vor.

#### 6.4.1.2 Temporäre Messungen

Über die stationären Messungen hinaus wurden zur Bestimmung des Fremdwasseraufkommens weitere Messungen in den Winter- und Frühjahrsmonaten durchgeführt. Die Messeinrichtungen verblieben in der Regel über einen Zeitraum von mehreren Monaten an der gleichen Messstelle.

Auf die Einrichtung von Kurzzeitmessungen, die sich auf einen Zeitraum von wenigen Tagen beschränken, wurde bewusst verzichtet, da ein solch kurzer Zeitraum kaum ein repräsentatives Bild für die Abbildung des Fremdwasseraufkommens liefert.

Zunächst wurden größere Einzugsgebiete, in aller Regel den ABK- Gebieten entsprechend, betrachtet. Ergaben sich aus den gewonnenen Daten Hinweise auf ein vermehrtes Aufkommen von Fremdwasser, wurde die Messkampagne ausgeweitet und einzelne Teilstränge innerhalb des Gebietes mit Durchflussmengenmessenrichtungen versehen.

Zur Ermittlung der Durchflussmengen wurden in den ersten Jahren Messinstrumente, die die Durchflussmenge nach dem Prinzip des Ultraschall- Doppler- Verfahrens ermitteln, eingesetzt. Seit etwa 2006 werden zunehmend weiterentwickelte Ultraschallgeräte eingesetzt, die mit einer digitalen Mustererkennung arbeiten und den Messbetrieb hinsichtlich Datenqualität und Betriebssicherheit deutlich verbessert haben. Zum jetzigen Zeitpunkt sind ausschließlich diese Geräte im Einsatz.

Die aus den Messungen vor Ort gewonnen Daten wurden zeitnah einer Qualitätskontrolle unterzogen und entsprechend den Erfordernissen zur weiteren Bearbeitung aufbereitet. Die Datenhaltung erfolgt auf einem zentralen Server.

#### **6.4.2 Niederschlagsmessungen**

Im Stadtgebiet werden zurzeit 13 stationäre und 2 mobile Regenschreiber (RS) eingesetzt. Mit dem Betrieb der stationären RS wird eine gute Verteilung über das gesamte Stadtgebiet erzielt. Eine Verdichtung ist dort wünschenswert, wo im Rahmen von hydrodynamischen Netzberechnungen projektbezogen Durchflussmessungen durchgeführt werden sollen.

Gegenwärtig wird für die Fremdwasserauswertungen des Einzugsgebietes KA Brake ein fiktiver Regenschreiber A definiert. Bei der Erstellung des RS A wurden für Zwecke der Netzkalibrierung des gesamten Schmutzwasser-Einzugsgebietes der Kläranlage Brake die brauchbaren Daten der Bielefelder Messstationen gemischt, um ein möglichst repräsentatives Niederschlagsverhalten zu bekommen. Bei der Bewertung der entsprechenden Regendaten wurde zudem ein Abgleich mit Werten des Deutschen Wetterdienstes für Stationen im Stadtgebiet bzw. im Umland vorgenommen. Der fiktive RS A weist i. M. Jahressummen von rd. 900 mm/a auf, die um ca. 5 % über den Werten der Referenzstation Bad Salzuflen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) des vergangenen Jahrzehnts liegt. Damit liegen die Regenhöhen meist auf der sicheren Seite und führten insgesamt zu guten Kalibrierungsergebnissen.

Für die Fremdwasserauswertungen der Einzugsgebiete Heepen, Sennestadt, Obere Lutter und Verl-Sende wurden jeweils die Daten von drei verschiedenen RS herangezogen und individuell eingesetzt.

### **6.4.3 Entlastungsanlagen**

Die im Stadtgebiet betriebenen Mischwasserbehandlungsanlagen sind mit Messeinrichtungen versehen, die Aufschluss über das Ein- und Überstauverhalten der Regenüberlaufbecken und Stauräume geben. Hierbei kann insbesondere die Analyse der Einstaudaten Hinweise auf den Anfall von Fremdwasser geben. Die Stadtentwässerung protokolliert regelmäßig die Einstau- und Entlastungsdaten der Speicherbauwerke im Mischsystem. Bei Vorliegen eines kalibrierten Berechnungsmodells können diese Messdaten überprüft werden. Aus den Auswertungen der sog. „RÜB- Protokolle“ können auch Rückschlüsse auf die Fremdwasserbelastung des jeweiligen Einzugsgebietes gezogen werden. Darüber hinaus bietet die Auswertung von Wasserstandsmessungen an Regenbecken die Möglichkeit, Fremdwasserursachen anhand von Entlastungsschwerpunkten regional weiter einzugrenzen. Die Identifizierung dieser Entlastungsschwerpunkte erfolgt auf der Basis der für die einzelnen Regenbecken im Einzugsgebiet ermittelten und in einem Ranking bewerteten jährlichen Entlastungsdauern. Im Ergebnis entsteht wie in Abbildung 4 dargestellt eine Übersicht über die Entlastungsaktivität aller im Stadtgebiet befindlichen Entlastungsanlagen im Mischsystem einschließlich der Entlastungsschwerpunkte mit „langen“ bis „sehr langen“ Entlastungsdauern.

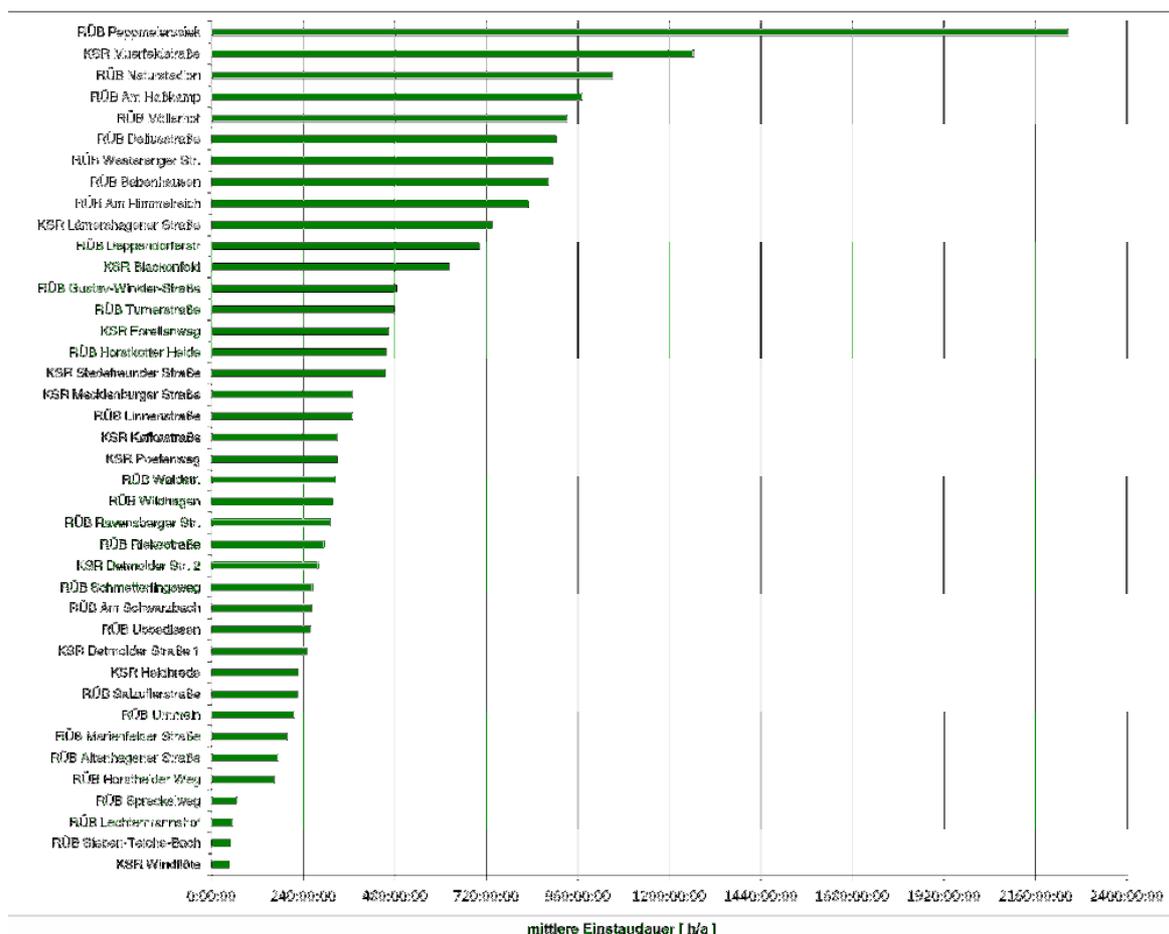


Abbildung 4: Ranking mittlere Einstaudauern der Regenentlastungsanlagen 2007-2011

Die Ergebnisse eines Rankings der Einstauzeiten, wie in Abbildung 4 dargestellt, liefern erste Anhaltspunkte, um ein Gebiet als Fremdwasserschwerpunktgebiet zu identifizieren. Um den Anfangsverdacht zu erhärten sowie Fremdwassermengen zu quantifizieren ist als nächster Schritt der Einsatz geeigneter Durchflussmengenmessen einrichtungen erforderlich. Diese Methodik entspricht dem in der Arbeitshilfe [1] beschriebenen Vorgehen mit dem Nachweis von Fremdwassereinflüssen durch eine Einzelereignis- Analyse.

Weiterhin kann eine erste Einschätzung über besonders fremdwasserbehaftete Entlastungsanlagen nach den in der Fachwelt gebräuchlichen und in der Arbeitshilfe genannten Kriterien erfolgen. Demnach sind als besonders kritisch Anlagen einzustufen, die die in Klammern angegebenen Orientierungswerte bei dem Einstau – und Entlastungsverhalten überschreiten:

- Anzahl der Kalendertage mit Entlastung (>30 1/a)
- Überlaufdauer (Fangbecken >150h/a, Durchlaufbecken >300h/a)
- Einstaudauer (> 24h)

Die Tabelle 18 zeigt nachfolgend Entlastungsanlagen, die aufgrund einer Auswertung der RÜB- Protokolle die o.a. Orientierungswerte überschreiten. Dieses kann als erster Hinweis für die Identifizierung von Fremdwasserschwerpunktgebieten gewertet werden. Eine schlüssige Ableitung aufgrund der Protokolldaten kann hier nur beim RÜB Am Haßkamp erfolgen. Die Bauwerke RÜB Westerengerstraße und SK Muerfeldstraße kommen nur aufgrund ihrer relativ kleinen Drosselwassermengen in den sog. kritischen Bereich.

Tabelle 18: Bauwerke mit Überschreiten der Orientierungswerte

Bauwerk	FW-Stufe	Entlastungshäufigkeit > 30 /a	Entlastungsdauer > 150 h/a Fangbeck.	Entlastungsdauer > 300 h/a Durchlaufb.	Einstaudauer > 950 h/a
RÜB Am Haßkamp		X	X		X
RÜB Möllerhof <sup>1</sup>					X
RÜB Naturstadion <sup>1</sup>					X
RÜB Peppmeierssiek <sup>1</sup>			*		X
RÜB Gustav-Winkler Str.		X			
RÜB Westerengerstraße <sup>1</sup>			X		
SK Muerfeldstraße			X		X
<sup>1</sup> per Pumpe entleert * fehlerhafte/ unvollständige Messung					

Für stark fremdwasserbehaftete Regenbecken ist davon auszugehen, dass sich diese nach Regenende deutlich langsamer entleeren als bei geringem Fremdwasseraufkommen. Hinweis darauf geben die unter Verwendung der gemessenen Beckenfüllstände ermittelten Entleerungsdauern. Zudem bleibt ein fremdwasserbeeinflusstes Regenbecken deutlich länger eingestaut als ein vergleichbares Regenbecken in einem Einzugsgebiet mit geringen Fremdwasserzuflüssen.

Wie in 6.2.1 beschrieben, liegt für das Netz der Kläranlage Brake ein kalibriertes Berechnungsmodell auf der Basis von KOSIM mit hoher Genauigkeit vor. Hierdurch lassen sich für die meisten Bielefelder Regenentlastungsanlagen die jeweiligen Fremdwasseranteile bezogen auf vergleichbare Messzeiträume für das 1. Halbjahr ermitteln und belegen. Mit Microsoft Office Excel können die Protokolldaten halbautomatisiert mit den Simulationsdaten aus KOSIM abgeglichen werden. Die Abweichungen werden anschließend bewertet und nach dem Ampelprinzip farbig dargestellt. Weitere Aussagen sind Anhang 1 zu entnehmen.

## 6.5 Auswertung mit dem Programm AnaFremd

Die Ermittlung der vorgenannten Parameter für grundwasser- und niederschlagsbedingtes Fremdwasser ist sehr zeitintensiv. Vom Umweltbetrieb wurde daher das Auswertungsprogramm **AnaFremd** zur Auswertung und Analyse des Fremdwassers entwickelt. Hiermit können für jedes betrachtete Teileinzugsgebiet die jeweiligen Parameter aus den Messdaten komfortabel berechnet und grafisch anschaulich dargestellt werden.

Bei Aufzeichnungen im 5-Minutenintervall kann je Auswertung ein Datenumfang aus Durchflussmessung und Niederschlagsaufzeichnung unter Berücksichtigung von beliebig vielen Regenschreibern für Messzeiträume von mehreren Monaten verarbeitet werden. Nach Eingabe der Gebietsdaten erfolgt für jeden beliebigen Tag eine Fremdwasserauswertung. Hiefür werden der gewünschte Regenwettertag und die Trockenwettertage durch Datumseingabe ausgewählt. Dabei zeigt das Programm an, ob die Daten vollständig sind und eine Auswertung möglich ist. Im Einzelnen werden u.a. dargestellt:

- Balkendiagramm der Niederschläge 15 Tage vor und nach dem gewählten Auswertungstag
- Ganglinien der ausgewählten Trockenwettertage und der daraus errechneten mittleren Ganglinie als Diagramm
- Überlagerung von Regenwetter- und mittlerer Trockenwetterganglinie als Diagramm
- Numerische Darstellung sämtlicher Regenwetter- und Trockenwetterparameter

Analog zur Festlegung der Jahresschmutzwassermenge (JSM) gemäß Runderlass des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft vom 12.01.2001 werden bei der Ermittlung der Trockenwettertage Tage mit einem Niederschlag von mehr als 0,3 mm/d nicht berücksichtigt.

Die Auswertung des grundwasserbedingten Fremdwassers erfolgt jeweils für Trockenwetterperioden. Eine Trockenwetterperiode beginnt jeweils am 2. Trockenwettertag und umfasst mindestens 3 Tage. Die Einordnung der Messgebiete in die Fremdwasserstufen soll jeweils über den Mittelwert der Fremdwasserperiode (1. Halbjahr) erfolgen. Hierdurch wird eine größtmögliche Vergleichbarkeit der einzelnen Messgebiete erzielt. Abschließend werden die Ergebnisse entsprechend Tabelle 17 eingefärbt und als Datei oder Ausdruck ausgegeben. Durch die Farbgebung in Form des Ampelprinzips können an jeder Messstelle die Fremdwasserkategorie abgelesen und Fremdwasserschwerpunktgebiete identifiziert werden.

Tabelle 19 zeigt beispielhaft die Auswertung für eine Messstelle über einen Messzeitraum von ca. 4 Monaten mit Trockenwetterperioden und ausgewählten Regenereignissen.

Bei dem grundwasserbedingten Fremdwasseranfall liegt eine sehr gute Übereinstimmung der gewählten Parameter vor, insbesondere in dem kritischen Bereich. Zudem sind die saisonalen Schwankungen des Fremdwasseranfalls über den gesamten Messzeitraum gut erkennbar.

Tabelle 19: Fremdwasserauswertung für ein Trennsystem

Nr.	Ereignisdaten		Q <sub>F</sub> Grundwasser-Fremdwasser bei Trockenwetter in Schmutz- und Mischwasserkanal			Ereignisdaten			Q <sub>F,n</sub> niederschlagsbedingtes Fremdwasser im Schmutzwasserkanal		
	Trockenwettertage		FWA	Q <sub>F,TPM</sub>	Q <sub>F</sub>	Regenwettertag	h <sub>N</sub>	h <sub>V</sub>	FAG	Q <sub>Deckel</sub>	Q <sub>R,T</sub>
	von	bis	Fremdwasseranteil	einwohnerspezifisches Tagesmittel	Fremdwasserabflussspende		Niederschlagshöhe	Vertikalthöhe	Fehlerrückgrad	Deckelstufanz	Regenabflussspende
			[ % ]	[ l/E-tag ]	[ l/s-ha ]		[ mm ]	[ mm ]	[ % ]	[ l/s-Deckel ]	[ l/s-ha ]
1	05.02.2009	08.02.2009	35	171	0,02						
2	05.02.2009	08.02.2009	35	171	0,02	11.02.2009	21,43	3,00	8	0,87	0,18
3	05.02.2009	08.02.2009	35	171	0,02	17.02.2009	19,50	3,00	14	0,87	0,19
4	03.03.2009	05.03.2009	50	270	0,06	06.03.2009	9,44	1,00	8	0,89	0,13
5	17.03.2009	21.03.2009	58	290	0,06	23.03.2009	7,83	1,00	6	0,89	0,23
6	31.03.2009	04.04.2009	57	274	0,06						
7	11.04.2009	14.04.2009	44	208	0,03						
8	21.04.2009	22.04.2009	34	184	0,02						
9	02.05.2009	03.05.2009	33	169	0,02						
10	18.05.2009	13.05.2009	29	161	0,02						
11	26.05.2009	29.05.2009	23	140	0,01						

## 7 Angaben zur Grundwassersituation

Die Stadt Bielefeld hat die Fremdwasserzuflüsse in die Schmutz- und Mischkanalisation im Stadtgebiet im Rahmen eines hydrogeologischen Gutachtens durch das Büro für Geo-hydrologie und Umweltinformationssysteme Dr. Brehm & Grünz GbR untersuchen lassen. In der vorliegenden Untersuchung werden insbesondere folgende Fragestellungen behandelt:

- In welchen Bereichen liegt das Kanalnetz unterhalb des mittleren Grundwasserstandes, so dass ein Eindringen von Grundwasser möglich ist?
- In welchen Bereichen liegt das Kanalnetz unterhalb des höchsten anzunehmenden Grundwasserstandes?
- In welchen Bereichen wäre infolge einer Kanalsanierung mit einem Grundwasseranstieg in welcher Größenordnung zu rechnen?

Aufgrund der räumlich und thematisch abgrenzbaren Fragestellung erfolgt die Untersuchung für den Bereich südlich des Teutoburger Waldes (Teil A) und nördlich des Teuto-

burger Waldes (Teil B). Für den Bereich südlich des Teutoburger Waldes lag bereits ein detailliertes Grundwasserströmungsmodell vor. Die Beschreibung der Grundwassersituation sowie die Beurteilung der Auswirkungen einer möglichen Realisierung einer Fremdwassersanierung erfolgt in dem als Anlage beigefügten Gutachtens daher umfassend. Für den nördlich des Teutoburger Waldes gelegenen Nordwesten der Stadt Bielefeld liegt wegen der nicht homogenen hydrologischen Gegebenheiten kein detailliertes GW-Modell vor. Das Gutachten beinhaltet in Teil B daher nur grundsätzliche Aussagen und Beurteilungen zu den Auswirkungen einer Fremdwassersanierung beispielhaft an dem identifizierten Fremdwasserschwerpunktgebiet Dornberg.

Das Gutachten bestätigt die im Rahmen der Fremdwasserauswertungen getroffenen Aussagen.

## **8 Angaben zu Quellen und Zuflüssen aus natürlichen Einzugsgebieten**

Am Nordhang des Teutoburger Waldes wird die natürliche Fließrichtung der abfließenden Gewässer und Gräben von Süd nach Nord durch die vorhandene Bebauung unterbrochen.

Durch die fortschreitende Urbanisierung, besonders im Bereich Hillegossen- Ubbedissen, ist ein Bebauungsquerriegel entlang der Hauptverkehrsstraßen entstanden. In den in Ost-West-Richtung ausgerichteten Straßen befinden sich die Hauptkanäle des in diesem Bereich vorherrschenden Mischsystems.

Das von den Hängen insbesondere bei Starkregen nicht unerhebliche wild abfließende Oberflächenwasser wird teilweise in privat errichteten Rinnen und Mulden gefasst und weitergeleitet. An verschiedenen Stellen erfolgt die Einleitung in die quer zur Fließrichtung liegende Mischwasserkanalisation, zumeist über Straßeneinläufe oder nach Aufnahme in Grundstücksentwässerungen. Die Wassermengen wurden in den Entwässerungsentwürfen größtenteils berücksichtigt, eine Beeinflussung von in dem Bereich befindlichen Entlastungsanlagen ist jedoch durch lange Nachlaufzeiten von dem Abfluss der nicht befestigten Flächen gegeben.

Mögliche Abkopplungen des Oberflächenwassers von der Mischkanalisation sind wegen der bestehenden Bebauung und Infrastruktur technisch schwierig und mit hohem finanziellem Aufwand verbunden. Bei zukünftigen Kanalsanierungen soll im Einzelfall nach geeigneten Lösungen gesucht werden.

## 9 Drainagen

Die Entwässerungssatzung [14] sieht Regelungen zu Drainagen vor. Danach ist die Ableitung von Drainagewasser über den Schmutzwasserkanal des öffentlichen Kanalnetzes nicht zulässig. Für die Einleitung von Drainagewasser in den Regen- bzw. Mischwasserkanal des öffentlichen Kanalnetzes kann die Stadt in begründeten Einzelfällen auf schriftlichen Antrag widerruflich Ausnahmen zulassen, wenn die Antragstellerin oder der Antragsteller nachweist, dass das Gebäude nicht durch andere Maßnahmen vor dem Eindringen von Wasser geschützt werden kann oder andere technische Maßnahmen mit einem unverhältnismäßigen Aufwand verbunden sind und das Wohl der Allgemeinheit der Ausnahme nicht entgegensteht. Im Mischsystem ist die Ableitung grundsätzlich über eine Hebeanlage vorzunehmen.

Derzeit bekannt sind 143 Fälle, in denen Drainagen an das öffentliche Schmutzwasserkanalnetz (4) und Mischwasserkanalnetz (139) angeschlossen sind. Zudem wird eine deutlich höhere Anzahl an Drainagen vermutet, die ohne Genehmigung an das öffentliche Kanalnetz angeschlossen sind.

Mit dem Ziel, möglichst wenig Drainagewasser über die Kanalisation zur Kläranlage zu leiten sowie einen Rückstau von Abwasser in das Grundwasser zu verhindern, bemüht sich die Stadt Bielefeld mit großem Engagement, mit den Grundstückseigentümern Kontakt aufzunehmen und zu beraten, ob es Alternativen zu bestehenden Drainageanschlüssen gibt. Für die Fälle, in denen eine Drainage unumgänglich ist, hat die Stadt Bielefeld ihre „Satzung über die Kostendeckung der Grundstücksentwässerung und der Abwasseruntersuchungen in der Stadt Bielefeld (KdS Grundstücksentwässerung)“ zum 01. Januar 2012 geändert und erhebt seither für die Einleitung eine sog. Drainagegebühr. In dem Zuge werden mit den Grundstückseigentümern neue Verträge abgeschlossen.

## 10 Dichtheitsprüfungen

### 10.1 Grundstücksanschlussleitungen

Nach der Satzung der Stadt Bielefeld über die Entwässerung der Grundstücke gehören die Grundstücksanschlussleitungen, d.h. die Leitungen zwischen öffentlichem Abwasserkanal und nächstgelegener privater Grundstücksgrenze, zum öffentlichen Kanalnetz. Die Länge der ca. 110.000 Grundstücksanschlussleitungen wird auf ca. 950 km geschätzt.

Die Inspektion der in öffentlichen Straßenflächen befindlichen Grundstücksanschlussleitungen wird seit 2005 mit einem eigenen Kamerafahrzeug und mit Fremdfirmen durchgeführt. Bis Ende 2011 wurden ca. 51 916 Grundstücksanschlüsse untersucht.

In Abstimmung mit der Bezirksregierung sollen bis 2015 alle Grundstücksanschlüsse untersucht sein.

## 10.2 Hausanschlussleitungen

Seit Änderung des Landeswassergesetzes NRW im Dezember 2007 sind die Grundstückseigentümer verpflichtet, bis spätestens 2015 erstmalig ihre privaten Abwasserkanäle auf Dichtheit prüfen zu lassen. Wie bereits unter Ziffer 1 beschrieben, fordert die Entwässerungssatzung kürzere Fristen für die in den 5 Wasserschutzgebieten gelegenen Grundstücke.

Die Grundstückseigentümer und Grundstückseigentümerinnen werden frühzeitig angeschrieben und über die anstehenden Dichtheitsprüfungen informiert. Der GB Stadtentwässerung des Umweltbetriebes berät hinsichtlich der Sachkundigen für die Dichtheitsprüfung, Nachweisführung und Fachbetriebe für Sanierungsarbeiten. In Bielefeld gibt es ca. 57.000 Grundstücke mit privaten Abwassernetzen, die nach heutigen Regelungen zu überprüfen sind. Zurzeit liegen für 1057 Grundstücke (Neu- und Altbauten) die Bescheinigungen über die Dichtheit vor. Im WSG Gadderbaum wurden bisher über 700 Grundstückseigentümer angeschrieben, hiervon haben ca. 50 Grundstückseigentümer die Bescheinigungen vorgelegt.

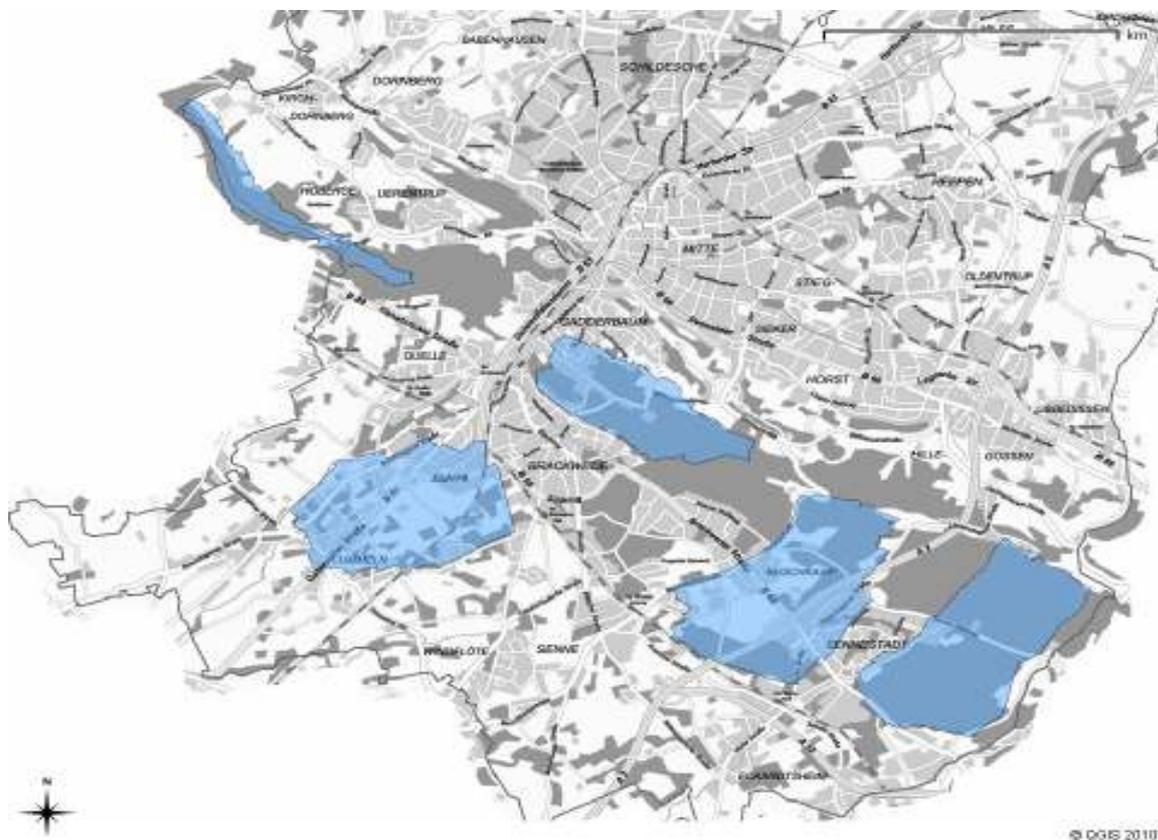


Abbildung 5: Übersichtsplan Wasserschutzgebiete

Aufgrund der bisherigen gesetzlichen Vorgaben mit der Forderung von flächendeckenden Dichtheitsprüfungen für private Grundstücke wurde wegen des zu erwartenden hohen Verwaltungsaufwandes in Zusammenarbeit mit dem Informatikbetrieb der Stadt Bielefeld eine EDV-Anwendung entwickelt. Hierdurch sollen die Daten effizient verwaltet und zudem technisch ausgewertet werden. Die Datenbank wurde in 2010 in Betrieb genommen. Ca. 300 Bescheinigungen über Dichtheitsprüfungen wurden in den Jahren 2011 und 2012 vorgelegt und werden in der Datenbank verwaltet. Zudem wurden ca. 2 300 Beratungsgespräche mit Bürgerinnen und Bürger geführt. Wegen der bestehenden Unklarheit, ob zukünftig weiterhin flächendeckend Dichtheitsprüfungen durch die Landesregierung gefordert werden, war die Anzahl der Beratungsgespräche in 2012 gegenüber 2011 stark rückläufig.

Ein zukünftiger Sanierungsbedarf privater Kanäle kann zurzeit noch nicht abgeschätzt werden.

### **10.3 Gestaffelte Umsetzung für Grundstücke außerhalb von WSG**

Die Auswertungen der Messungen sowie der Fremdwasserberechnungen lassen vermuten, dass der grundwasserbedingte Fremdwasseranfall nicht allein aus dem öffentlichen Kanalnetz herrührt, sondern das Fremdwasser auch in erheblichem Umfang über schadhafte private Grundstücksentwässerungskanäle und angeschlossene Drainagen eingetragen wird. Eine weitere Eingrenzung von Fremdwassereinträgen in lokalen Schwerpunktgebieten kann demnach nur über Untersuchungen der privaten Grundstücksentwässerungen erfolgen. Die Ergebnisse des FSK können dazu genutzt werden, eine Priorität für die Forderung von Dichtheitsprüfungen für Grundstücke innerhalb und außerhalb von WSG festzulegen.

Tabelle 20 zeigt einen Vorschlag für eine gestaffelte Umsetzung von Dichtheitsprüfungen.

Für einige Entwässerungsgebiete sollen aufgrund des nicht homogenen Fremdwasseranfalls weitere kleinteiligere Differenzierungen erfolgen. Diese sollte sich an den im GIS-Projekt dargestellten Grenzen orientieren.

Neubaugebiete, die nach dem Jahr 2000 entwässerungstechnisch erschlossen wurden, werden grundsätzlich in die Kategorie 1 „wenig Fremdwasseranfall“ eingestuft und im GIS-Projekt grün dargestellt. Nach der Entwässerungssatzung der Stadt Bielefeld wird bei neu errichteten Abwasseranlagen die Vorlage einer Bescheinigung über das Ergebnis einer Dichtheitsprüfung gefordert. Aufgrund des geringen Alters der Abwasseranlagen wird im FSK die Dichtheit unterstellt.

Tabelle 20: Prioritätenliste für eine gestaffelte Umsetzung von Dichtheitsprüfungen

Stadtbezirk	Kläranlage	Gebiet	Bezeichnung	W&G	PW - Stufe
Dornberg	KA Brake	4.08	Hoberge-Uerentrup		
Dornberg	KA Brake	4.09	Dornberg		
Dornberg	KA Brake	4.10	Babenhausen		
Stieghorst	KA Brake	4.20	Hillagossen/Ubbediesen		
Brackwede	KA OL	5.31	Ummeln	x	
Jöllenbeck Heepen	KA Brake	4.17	Villendorf		
Mitte Stieghorst	KA Heepen	1.03	Sisker		
Jöllenbeck	KA Brake	4.18	Jöllenbeck/Ost		
Jöllenbeck	KA Brake	4.11	Jöllenbeck/West		
Jöllenbeck	KA Brake	4.12	Heidsieker Heide		
Jöllenbeck	KA Brake	4.06	Weaterengenstraße		
Jöllenbeck	KA Brake	4.07	Niederjöllbeck		
Gadderbaum	KA Heepen	1.01	Gadderbaum	x	
Heepen	KA Brake	4.21	Brünninghausen		
Brackwede	KA OL	5.26	Quelle	x	
Senne	KA OL	7.32	Senne/Süd	x	
Brackwede	KA OL	5.29	Ravenekanger Bleiche	x	
Brackwede	KA OL	5.30	Brackwede	x	
Heepen	KA Brake	4.28	Baumheide		
Jöllenbeck	KA Brake	4.15	Theesen		
Senne	KA OL	7.33	Senne/Nord		
Sennestadt	KA Sennestadt	8.36	Eckardshelm		
Sennestadt	KA Veri-Sende	9.37	Dalbke		
Mitte	KA Heepen	1.02	Innenstadt		
Heepen	KA Brake	4.25	Heepen		
Mitte	KA Heepen	1.04	Kammatahsiede		
Mitte	KA Heepen	1.05	Am Sundern		
Heepen	KA Brake	4.24	Allenhagen		
Heepen	KA Brake	4.27	Milse		
Stieghorst	KA Brake	4.22	Stieghorst		
Heepen	KA Brake	4.23	Oldentrup		
Senne	KA OL	7.34	Windflöte		
Heepen	KA Brake	4.19	Brake/Nord		
Heepen	KA Brake	4.18	Brake/Süd		
Sennestadt	KA Sennestadt	8.35	Sennestadt	x	
Dornberg Schildesche	KA Brake	4.13	Gellershagen		
Schildesche	KA Brake	4.14	Schildesche		

## 11 Fremdwassersanierung

### 11.1 Fremdwasserrelevante Maßnahmen mit Bezug zum ABK

Das zurzeit gültige ABK enthält bisher zwei Maßnahmen zur Fremdwassersanierung in der Schmutzwasserkanalisation (Rubrik A 4). Hiervon wurde die bedeutsame Maßnahme 4.08.002 „SW-Sammler Hoberge- Uerentrup zwischen Forellenweg und Haferstraße“ in 2011 begonnen und 2012 abgeschlossen.

Auf der Grundlage der aktuellen Finanzplanung des Umweltbetriebes wurden weitere Maßnahmen ausgewählt, die als fremdwasserrelevant eingestuft werden können. Tabelle 21 zeigt eine Übersicht von Schmutz- und Mischwasserkanälen, die überwiegend aufgrund ihres baulichen Zustandes saniert werden müssen. Alle Maßnahmen sind zudem im GIS- Projekt dargestellt.

Die jeweilige Ordnungsnummer und Rubrikuordnung entspricht dem ABK mit Berichtsjahr 2012.

Tabelle 21: Fremdwasserrelevante Maßnahmen

Ordnungsnummer	Bezeichnung	Berichtsjahr	Art der Maßnahme	Umsetzungszustand	Baubeginn	Gesamtkosten Jahr 1 bis 12
1.01.006	Heinrich-Kraak-Straße (SWK)	2011	A3	2	2016	125
1.01.008	Langenhagen zw. Haller Weg u. HsNr. 65 (SWK)	2012	A3	1	2011	250
1.01.999	Deckertstraße zw. Artur Ladebeck Str. u. Quellenhofweg (SWK)		A3	4	2012	100
1.01.999	Hortweg (SWK)		A3	4	2016	190
1.02.001	Detmolder Straße zw. Niederwall u. Osnungstr. (MWK)	2011	A3	0	2008	800
1.02.003	Detmolder Straße zw. Niederwall u. Osnungstr. (SWK)	2011	A3	0	2008	775
1.02.004	Crüwellstraße (MWK)	2011	A3	2	2013	270
1.02.005	Niederwall zw. Am Bach u. Steinstr. (MWK)	2011	A3	0	2010	300
1.02.006	Nikolaus-Dürkopp-Straße zw. Niederwall u. August-Bebel-Str. (MWK)	2011	A3	2	2012	350
1.02.008	Jöllenbeckerstraße zw. Weststr. u. Siegfriedstr. (MWK)	2012	A3	2	2014	600
1.02.009	Arndtstraße zw. Schloßhofstr. u. Goldbach einschl. Turmstr. (MWK)	2010	A3	4	2012	800
1.02.010	Friedrich-Ebert-Straße (MWK)	2012	A3	1	2011	1.800
1.02.011	Zimmerstraße zw. Herforder- u. Friedenstr. (MWK)	2010	A3	4	2012	250
1.02.012	August-Bebel-Straße, zw. Heeper Str. u. Friedrich-Ebert-Str. (MWK)	2012	A3	1	2011	1.000
1.02.013	August-Bebel-Straße zw. Werner-Bock-Str. u. Paulus-Str. (MWK)	2010	A3	4	2014	100
1.02.014	Paulusstraße zw. Aug.-Bebel-Str. u. W.-Brandt-Platz (MWK)	2010	A3	4	2014	400
1.03.	Am Hartlager Holz vor Ha.Nr.: 2 und vor Ha.Nr.: 24 (SWK)		A3	4	2018	85
1.03.005	Heeper Straße zw. Huberstr. u. Am Venn u. Teilst. Otto-Brenner-Str. (SWK)	2012	A3	2	2013	1.750
1.03.014	Otto-Brenner-Straße zw. Schweriner Str. u. Detmolder Str. (SWK)	2010	A3	4	2014	500
1.04.010	Herforder Str. zw. Beckhausstr. u. HsNr. 145 einschl. An der Pottenau (SWK)	2012	A3	2	2014	250

Ordnungsnummer	Bezeichnung	Berichtsjahr	Art der Maßnahme	Umsetzungszustand	Baubeginn	Gesamtkosten Jahr 1 bis 12
1.04.013	Ziegelstraße zw. Herforder Str. u. Werster Str. (SWK)	2012	A3	0	2010	155
4.08.002	SW-Sammler Hoberge-Uerentrup zw. Forellenweg u. Haferstraße (SWK)	2012	A4	1	2011	1.000
4.08.003	Kreiensteke (RWK)	2012	A3	2	2013	300
4.08.999	SW-Sammler Hoberge-Uerentrup zw. Am Haßkamp u. Forellenweg (SWK)		A4	4	2012	230
4.09.002	Zur Schwedenschanze zw. Hs.Nr.16 u. Dornberger Str. (MWK)	2012	A3	0	2010	500
4.13.	Kreuzberger Straße (SWK)		A3	4	2017	20
4.13.004	Gustav-Freytag-Straße einschl. Schloßhofstr. bis Drögestr. (SWK)	2011	A3	0	2009	100
4.13.006	Sudermannstraße (SWK)	2012	A3	0	2009	25
4.13.008	Klopstockstraße (SWK)	2011	A3	2	2017	225
4.14.002	Bremer Str. zw. Jöllenbecker- u. Kurze Str. (SWK)	2010	A3	4	2012	100
4.14.012	Küsterwiese (SWK)	2010	A1	4	2015	125
4.16.007	Wörheider Weg zw. Naturstadion u. Wöhrmannsfeld (MWK)	2012	A3	0	2011	350
4.22.004	Detmolder Straße zw. Am Niederfeld u. Stieghorster Str. (SWK)	2011	A3	0	2010	100
4.26.002	Engersche Straße zw. Schillerstraße u. Äbtissinnenweg (SWK)	2011	A3	0	2010	400
5.28.	Albertstraße zw. Queller Straße u. Hs Nr. 14 (MWK)		A3	1	2011	20
5.28.	Ferdinandstraße (SWK)		A3	4	2013	35
5.28.	Georgstraße zw. Ottostraße u. Hs Nr. 11 (SWK)		A3	4	2016	35
5.28.	Ottostraße zw. Wolfgangweg u. Carl-Severing-Str. (MWK)		A3	4	2016	35
5.28.	Robertstraße zw. Arminstraße u. Georgstraße (MWK)		A3	4	2012	20
5.30.	Wittenberger Straße (SWK)		A3	4	2016	20
5.30.003	Rhedaer Straße (SWK)	2011	A3	0	2009	50
5.30.005	Senner Straße zw. Südring u. Düsseldorfer Str. (SWK)	2011	A3	2	2012	200
5.31.	Ummelner Straße (MWK)		A3	4	2016	30
5.31.	Braakstraße (SWK)		A3	4	2016	20
7.32.	Vennkampweg (SWK)		A3	4	2016	25
7.32.002	Tübinger Straße (SWK)	2012	A3	0	2011	150
8.35.999	Verler Straße zw. Bahn u. Alter Verler Straße (SWK)		A3	4	2012	100
8.35.999	Senner Hellweg zw. Lämershagener Str. u. Rheinallee (SWK)		A3	4	2014	450

Maßnahmen mit unvollständiger Ordnungsnummer (nur ABK- Gebietsbezeichnung) entstammen dem pauschalen Sanierungsansatz mit der Ordnungsnummer 0.00.004 „Verschiedene Maßnahmen zur baulichen Sanierung“. Maßnahmen mit der Endziffernfolge „999“ sind neu hinzugekommen und in der aktuellen Finanzplanung als eigenständige Maßnahme erfasst. Aufgrund der Ergebnisse des Fremdwassersanierungskonzeptes soll die Priorisierung der einzelnen Maßnahmen zukünftig in Abhängigkeit vom Fremdwasseranfall im zugehörigen Gebiet erfolgen. Eine Aktualisierung der maßnahmenbezogenen Daten wird mit Bericht zum ABK in 2013 vorgenommen.

## 11.2 Weitere Maßnahmen öffentliches Kanalnetz

Im Einzugsgebiet der Kläranlage Brake können aufgrund des dort vorhandenen Fremdwassermodells für einige Sammlerstrecken die Fremdwassereinträge recht genau angegeben werden. Bei den Sammlerstrecken handelt es sich oftmals um Transportstrecken, die nahe an Gewässern verlaufen und nur schwer zugänglich sind. Aktuelle TV- Untersuchungen liegen daher teilweise nicht vor. Vor Aufnahme konkreter Maßnahmen in die Finanzplanung und das ABK ist zunächst der bauliche Zustand der in Tabelle 22 aufgeführten Sammlerstrecken aktuell zu untersuchen. Um eine optimale Aussagekraft über die Fremdwassereinträge und deren Ursachen zu bekommen, sollten die TV- Untersuchungen möglichst nachts durchgeführt werden.

Für die übrigen Kläranlageneinzugsgebiete können diese Aussagen nicht getroffen werden, da kein hydrologisches Fremdwassermodell vorliegt. Es wird daher zurzeit davon ausgegangen, dass die Fremdwassereinträge sowohl aus dem öffentlichen als auch aus den privaten Kanalnetzen herrühren.

Tabelle 22: Sammlerstrecken mit hohem Fremdwassereintrag

Priorität	ABK-Gebiet	Stadtbezirk	Stadtteil/Sammler	Bezeichnung	Art der Maßnahme	Länge [m]	Baujahr	FW-Menge ca. [m³ a]
1	4.14	Schildesche	HSa. Nord	SWK ab Kreuzung Jöllenbecker Str. bis Obersee incl. Eiprofil parallel (vorrangig)	TV-Untersuchung	6.100	1994	110.000
1	4.26	Heepen	Sa. Aßbach	SWK - Baumheide ab Wallbreite	TV-Untersuchung	2.105	1960	90.000
1	4.20	Stieghorst	Hillegossen/Ubbedissen	RÜB Gustav-Winkler-Straße b. RÜB Schmetterlingsweg	TV-Untersuchung	2.000	1967	75.000
1	4.21	Heepen	HSa. Ost	SWK ab RÜB Schmetterlingsweg bis Runkelkrug	TV-Untersuchung	2.230	1972	70.000
1	4.20	Stieghorst	Hillegossen/Ubbedissen	SWK ab RÜB Ubbedissen	TV-Untersuchung	1.500	1968	55.000
1	4.08	Dornberg	Hoberge-Uerentrup	SWK von Am Haßkamp bis Sanierungsanfang	TV-Untersuchung	2.400	1965	50.000
1	4.16	Jöllenbeck	Jöllenbeck - Ost	SWK bis Zulauf RÜB Am Himmelreich	TV-Untersuchung	1.350	1969	45.000
2	4.10	Dornberg	Babenhausen	MWK vor RÜB Babenhausen	TV-Untersuchung	700	1961	30.000
2	4.10	Dornberg	Deppendorf	SWK von RÜB Horstkotterheide bis RÜB Am Schwarzbach	TV-Untersuchung	400	1965	15.000
2	4.17	Jöllenbeck	Vilsendorf	SWK ab Blackenfeld	TV-Untersuchung	2.000	1969	60.000
2	4.16	Jöllenbeck	Jöllenbeck - Ost	SWK ab Zulauf RÜB Am Himmelreich	TV-Untersuchung	2.500	1967	35.000
2	4.22	Stieghorst	Stieghorst	SW-Sa. Ost	TV-Untersuchung	2.500	1972	60.000
2	4.23	Heepen	Oldentrup	SW-Sa. Ost	TV-Untersuchung	3.700	1974	90.000
2	4.25	Heepen	Heepen-Nord	SWK vor RÜB Spreckelweg	TV-Untersuchung	1.230	1972	20.000
3	4.25	Heepen	Heepen- Ost	SWK ab RÜB Salzufler Straße	TV-Untersuchung	1.600	1959	15.000
3	4.21	Heepen	HSa. Ost	SWK ab Runkelkrug bis Beginn DN 1600	TV-Untersuchung	1.370	1972	30.000
3	4.11	Jöllenbeck	Jöllenbeck - West	SW-Sa.Jöllenbeck-West bis Zulauf Heidsieker Heide	TV-Untersuchung	3.000	1982	50.000
3	4.12	Jöllenbeck	Jöllenbeck - West	SW-Sa.Jöllenbeck-West ab Zulauf Heidsieker Heide	TV-Untersuchung	2.000	1982	30.000
3	4.17	Jöllenbeck	Vilsendorf	SWK vor Blackenfeld	TV-Untersuchung	2.700	1981	25.000
<b>Gesamt</b>						<b>41385</b>		<b>955.000</b>

## **12 Auswirkungen von Sanierungen auf die Grundwassersituation**

Wie aus dem als Anlage 1 beigefügten hydrogeologischen Gutachten ersichtlich ist, kann es nach Sanierung der privaten und öffentlichen Kanalisation zu örtlichen Grundwasseranstiegen von bis zu bzw. teilweise über 1 m kommen. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass die öffentliche und private Kanalisation in einem Teilgebiet umfassend und ganzheitlich saniert ist. Hierbei handelt es sich um einen Sanierungsprozess, der sich über einen Zeitraum von mehreren Jahren bis Jahrzehnten erstrecken wird. Besonders aufmerksam sind die Bereiche zu betrachten, in denen sich zurzeit die Kellergeschosse oberhalb des Grundwasserspiegels befinden und nach Sanierung und Erhöhung des Grundwasserstandes sich die Keller im Grundwasser mit der Gefahr einer lokalen Vernässung befinden. Zudem führt bei zurzeit noch geringen Flurabständen ein Anstieg des Grundwasserspiegels nach dem Gutachten zu einer Aktivierung eventuell vorhandener Grabensysteme sowie einer Zunahme der Wirkung der in den Straßen vorhandenen Drainagen und Straßenseitengräben. Auch Auswirkungen auf entwässerungstechnische Bauwerke (z.B. Regenrückhaltebecken) sind nicht auszuschließen. Durch Veränderungen der Grundwasserströmungsrichtung ist ggf. ein Einfluss auf die Einzugsgebiete von Wassergewinnungsanlagen gegeben.

Bei den anstehenden Sanierungsplanungen sind diese Belange in angemessener Weise zu berücksichtigen. In einigen Bereichen sind ggf. Einzelfallbewertungen durchzuführen.

## **13 Erfolgskontrolle**

Die Stadt Bielefeld beabsichtigt, den Erfolg der Sanierungen durch weitere Messungen zu belegen.

In einem ersten Schritt soll in 2013 in den grundwasserreichen Monaten eine temporäre Messung im Stadtbezirk Dornberg durchgeführt werden. Hiermit soll geprüft werden, ob durch die bereits umgesetzte Fremdwassersanierungsmaßnahme „SW- Sammler Hoberge- Uerentrup zw. Forellenweg u. Haferstraße“ der Fremdwassereintrag wie vorhergesagt in Höhe von über 200.000 m<sup>3</sup>/a reduziert werden konnte.

Dieses Vorgehen soll bei weiteren größeren Sanierungsmaßnahmen sowie bei ganzheitlichen Maßnahmen zur Sanierung des öffentlichen und privaten Kanalnetzes ebenso Anwendung finden.

## 14 Zusammenfassung

Das Fremdwassersanierungskonzept für die Stadt Bielefeld wurde auf der Grundlage der für das Land NRW geltenden Arbeitshilfe erstellt. Die grafische Darstellung erfolgte mit dem Geografischen Informationssystem ArcGIS.

Die langjährig durchgeführten Fremdwasseruntersuchungen sowie ein aktuell aufgelegtes ergänzendes Messprogramm bilden die Grundlage für die Berechnungen des Fremdwasseranfalls in den einzelnen Entwässerungsgebieten. Die Auswertungen der Messdaten erfolgten mit dem vom Umweltbetrieb der Stadt Bielefeld entwickelten Verfahren zur Bewertung und Klassifizierung des Fremdwasseranfalls. Die Ermittlung geeigneter Fremdwasserparameter für grundwasser- und niederschlagsbedingten Fremdwasseranfall und deren Einordnung in vier Fremdwasserstufen ermöglicht eine einheitliche Beurteilung auch bei einer Vielzahl von zu untersuchenden Entwässerungsgebieten.

Für die Ermittlung des grundwasserbedingten Fremdwasseranfalls wurden je Messstelle drei Parameter mithilfe des selbst entwickelten Programms zur Analyse von Fremdwasser **AnaFremd** berechnet. Die automatisierte Vorgehensweise gestattet eine schnelle und komfortable Datenauswertung auch längerer Messzeiträume mit umfangreichen Datenmengen.

Für das Gesamteinzugsgebiet der Kläranlage Brake wurde zudem das vom Umweltbetrieb aufgestellte hydrologische Abflusssimulationsmodell herangezogen, welches inzwischen über einen Zeitraum von 10 Jahren kalibriert vorliegt und eine Einschätzung von Fremdwassermengen für Teilgebiete mit großer Genauigkeit erlaubt.

Der Fremdwasseranfall wird je Messstelle auf Grundlage des Bewertungsverfahrens in vier Kategorien eingeteilt, wobei die Kategorie 4 einem stark erhöhten Fremdwasseranfall mit einem Fremdwasseranteil von mehr als 50 % entspricht. Die Ergebnisdarstellung nach dem Ampelprinzip und die abschließende Darstellung auf einem Übersichtsplan erlaubt eine übersichtliche und anschauliche Orientierung, die Fremdwasserschwerpunktgebiete schnell erkennen lässt.

Die Ergebnisse zeigen, dass im Stadtgebiet Bielefeld bei den zugrunde gelegten Messzeiträumen fünf Teileinzugsgebiete vorhanden sind, in denen ein Fremdwasseranteil von über 50 % vorliegt. Nach derzeitigen Erkenntnissen stammt das Fremdwasser nicht nur aus dem öffentlichen Schmutz- und Mischwasserkanalnetz, sondern vermutlich auch aus den privaten Grundstücksentwässerungsanlagen.

Als Ergebnis der Fremdwasseruntersuchungen in Bielefeld lässt sich feststellen, dass die Bereiche mit stark erhöhtem Fremdwasseranfall vornehmlich in Netzen mit Mischsystem

und/ oder in der Nähe des Teutoburger Waldes mit Hanglagen liegen. Ursache hierfür könnte ein höherer Anteil an angeschlossenen Drainagen sein.

Die Ergebnisse des FSK sollen vorrangig genutzt werden, um fremdwasserrelevante Sanierungsmaßnahmen im Bereich des öffentlichen Kanalnetzes zunächst innerhalb ausgewiesener Fremdwasserschwerpunktgebiete prioritätenabhängig abzuarbeiten. Für die geplanten Sanierungsmaßnahmen sollen Fördermittel des Landes NRW ausgeschöpft werden. Zusätzlich soll der bauliche Zustand fremdwasserindizierter öffentlicher Sammlerstrecken festgestellt werden.

Das Konzept zeigt darüber hinaus einen Vorschlag für eine gestaffelte Umsetzung von Dichtheitsprüfungen für private Grundstücke. Nach den zurzeit geltenden Förderrichtlinien können auch für private Kanalsanierungen in abgegrenzten Fremdwasserschwerpunktgebieten unter gewissen Voraussetzungen Fördermittel zugewiesen werden.

Die Beschreibung der Grundwassersituation sowie die Beurteilung der Auswirkungen einer umfassenden Fremdwassersanierung wurden im Rahmen eines hydrogeologischen Gutachtens, insbesondere für die Stadtteile südlich des Teutoburger Waldes, untersucht.

Die Stadt Bielefeld beabsichtigt, nach Durchführung größerer Sanierungsmaßnahmen den Erfolg der Sanierungen durch nochmalige Messungen zu belegen.

Die Reduzierung von Fremdwasser wird sich zunehmend positiv auf den Betrieb von Regenentlastungsanlagen und Kläranlagen auswirken, Behandlungskosten mindern und einen erheblichen Beitrag zum Gewässerschutz leisten.

Aufgestellt:

Umweltbetrieb der Stadt Bielefeld

Geschäftsbereich Stadtentwässerung

Bielefeld, den 18.12.2012

i.A.

gez. Hauptmeier-Knak

Hauptmeier-Knak

Geschäftsbereichsleiterin

i.A.

gez. Hollenberg

Hollenberg

Abteilungsleiterin

## 15 Literatur

- [1] Arbeitshilfe, AG - Becker M. et al., 2010  
Fremdwassersanierungskonzept (FSK) Beschreibung zur Aufstellung und zu den Mindestinhalten
- [2] ATV- DVWK- Arbeitsgruppe ES 1.3, KA Abwasser 2003 (50)  
Fremdwassersituation in Deutschland
- [3] ATV- DVWK- Arbeitsgruppe ES 1.3, 2004  
Auswirkungen von Fremdwasser und Hinweise zum Erkennen kritischer Verhältnisse
- [4] DWA- Regelwerk - Arbeitsblatt A 118, 2006 und Kommentar 2000  
Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen
- [5] DWA-Regelwerk, Merkblatt DWA-M 182, 2012  
Fremdwasser in Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden
- [6] Hennerkes, J:A., Essen, 2006  
Reduzierung von FW bei der Abwasserentsorgung, Dissertation
- [7] Jardin, N., 2007  
Analyse der Fremdwassersituation und Erarbeitung von Handlungskonzepten im Einzugsgebiet der Ruhr, Essener Tagung 2007, Tagungsband
- [8] Neth, E., Bielefeld, 1973  
Funktionsdifferenziertes Abflussspendenmodell
- [9] MKULNV, 2012  
Ressourceneffiziente Abwasserbeseitigung in NRW
- [10] MUNLV, 2006  
Investitionsprogramm Abwasser NRW
- [11] Pecher, R., Erkrath, 1998  
Fremdwasseranfall im Kanalnetz -ein wasserwirtschaftliches Problem  
KA Abwasser 1998 (45)
- [12] Pecher, K:H: u. Grüning, H., Erkrath, 2008  
Beispiel einer FW- Sanierung, Seminar Essen
- [13] Pecher, K:H: und Kahrs, D., 2008  
Vorschlag für eine Methode zur objektiven Beurteilung der Fremdwassersituation eines Einzugsgebietes, KA Abwasser 2008 (1)
- [14 ] Satzung der Stadt Bielefeld über die Entwässerung der Grundstücke, 2011