

## Einsatzmöglichkeiten mobiler Analytik zur Fremdwasserbestimmung



### Kurzbericht

BEAUFTRAGT UND GEFÖRDERT VOM



Ministerium für  
Umwelt und Naturschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
des Landes NRW

PROJEKTLEITUNG UND BEARBEITUNG



IKT - Institut für  
Unterirdische Infrastruktur gGmbH  
Exterbruch 1; 45886 Gelsenkirchen

Tel. 0209 / 17806-0

E-Mail: [info@ikt.de](mailto:info@ikt.de)

WISSENSCHAFTLICHE LEITUNG

Dr.-Ing. Bert Bosseler

PROJEKTLEITUNG UND BEARBEITUNG

Dipl.-Ing. Thomas Birkner

Dipl. Biol. Heiko Schmiedener

---

<b>1 VERANLASSUNG UND ZIELSTELLUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2 „CHEMISCHE METHODE“ ZUR FREMDWASSERBESTIMMUNG .....</b>	<b>2</b>
<b>3 ARBEITSPROGRAMM UND UNTERSUCHUNGSGEBIETE .....</b>	<b>4</b>
3.1 Untersuchungsgebiet: Stadt Borgholzhausen .....	5
3.2 Untersuchungsgebiet: Stadt Billerbeck .....	7
<b>4 MESSERGEBNISSE UND FREMDWASSERERMITTLUNG.....</b>	<b>9</b>
<b>5 ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG .....</b>	<b>14</b>
<b>6 LITERATUR .....</b>	<b>17</b>

## 1 Veranlassung und Zielstellung

Als Fremdwasser werden alle unerwünschten Zuflüsse in die Kanalisation bezeichnet. Die DIN E 4045 [1] benennt Fremdwasser als „in die Kanalisation eindringendes Grundwasser, unerlaubt über Fehlanlüsse eingeleitetes Wasser sowie einem Schmutzwasserkanal zufließendes Oberflächenwasser“. Das ATV-Arbeitsblatt A118 [2] definiert als Fremdwasser alle unerwünscht in die Kanalisation gelangenden Abflüsse, die durch eindringendes Grundwasser und unterschiedliche Fehleinleitungen verursacht werden, z.B. Niederschlagswasser in Schmutzwasserkanälen. Pfeiff [3] definierte schon 1989 Fremdwasser als diejenigen „Wasserabflüsse, die in dem jeweiligen Kanalisationsnetz und den Beseitigungsanlagen nicht erwünscht sind, da sie dieses und die Abwasserreinigung unnötig belasten“.

Die Überwachung solcher unerwünschter Zuläufe sowie deren qualitative Untersuchung bzw. deren Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb erreicht ihre Grenzen, wenn sich an der betrachteten Messstelle die Abflüsse aus sehr unterschiedlichen Teileinzugsgebieten überlagern. Diese gegebenenfalls sehr unterschiedlichen Abflüsse führen in der Summe zu einem vergleichmäßigten Abflussbild. Eine rein mengenmäßige Erfassung des Abflussgeschehens erlaubt dann kaum noch die zuverlässige Interpretation der gemessenen Abflüsse hinsichtlich ihrer Art und Herkunft, wie z.B. die Unterscheidung in Regenwasser, Schmutzwasser, Fremdwasser sowie häuslichem oder industriellem Abwasser.

Gerade mit Blick auf die Bewertung gemessener Durchflüsse empfiehlt sich deshalb in Grenzfällen die Einbeziehung qualitativer Messmethoden zur Unterstützung gängiger Durchflussmessungen. Die heute verfügbare Online-Messtechnik bietet grundsätzlich die Möglichkeit, zahlreiche qualitative Abwasserparameter weitgehend mobil und kontinuierlich zu erfassen. Vor diesem Hintergrund beauftragte das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW das IKT mit einem Forschungsvorhaben (Az. IV-9 - 04 11 05 01 50) zur Untersuchung der „Einsatzmöglichkeiten qualitativer Analytik“.

Anhand qualitativer und quantitativer Messungen in kommunalen Kanalnetzen, werden im vorliegenden Bericht exemplarisch die Möglichkeiten und Grenzen mobiler Online-Messtechnik aufgezeigt. Im Vordergrund steht dabei die Bestimmung des Fremdwasseranteils unter Berücksichtigung der erstmals im Jahr 1984 beschriebenen „chemischen Methode“ (vgl. [4]). Am Beispiel von praktischen Messungen werden zunächst geeignete, online messbare Parameter ermittelt, die eine zuverlässige Bestimmung des Fremdwasseranteils ermöglichen. Darüber hinaus werden, unter Berücksichtigung praktischer Messerfahrungen, die Möglichkeiten und Einsatzgrenzen moderner Online-Messtechnik aufgezeigt, um im Ergebnis eine praxisorientierte Hilfestellung zur Bestimmung von Fremdwasserabflüssen anhand qualitativer Abwasserparameter zu erarbeiten.

## 2 „Chemische Methode“ zur Fremdwasserbestimmung

Die Fremdwasserbestimmung nach der „chemischen Methode“ basiert auf der Tatsache, dass sich die Konzentration bestimmter, ausschließlich im Schmutzwasser enthaltener Inhaltsstoffe, proportional zum steigenden Fremdwasseranteil verringert. Anhand der Konzentration eines geeigneten Qualitätsparameters in Verbindung mit den Werten einer Durchflussmessung wird zunächst der minimale nächtliche Schmutzwasseranfall bestimmt. Unter Berücksichtigung der ebenfalls gemessenen Tagesfrachten dient dieser Wert zur Bestimmung des Fremdwasseranteils. Im Gegensatz zur später beschriebenen Methode des minimalen Nachtabflusses ist diese Methode unabhängig von dem kaum zuverlässig bestimmbar einwohnerspezifischen Schmutzwasseranfall.

Für die praktische Anwendung der „chemischen Methode“ eignen sich insbesondere solche Parameter,

- deren Konzentration im Schmutzwasser über den Tagesverlauf weitgehend konstant ist und
- die im Grundwasser bzw. im Fremdwasser möglichst nicht nachweisbar sind.

Üblicherweise bedient man sich der gängigen Parameter zur Beschreibung der Abwasserqualität, wie z.B.  $CSB_{\text{hom}}$ ,  $TKN_{\text{hom}}$ ,  $P_{\text{ges}}$  sowie TOC/DOC (vgl. [5]). Als weitere mögliche Messgrößen werden außerdem der Permanganatverbrauch, d.h. die Bestimmung des theoretischen Sauerstoffbedarfs, und Ammonium-Stickstoff ( $NH_4\text{-N}$ ) erwähnt [4].

Unabhängig von der Wahl eines der genannten Parameter werden für die qualitative Ermittlung des Fremdwasseranteils nach der „chemischen Methode“ folgende Eingangsgrößen benötigt:

- |  |             |                     |
|--|-------------|---------------------|
| • mittlerer Trockenwetterabfluss           | $Q_{T,m}$   | [m <sup>3</sup> /h] |
| • minimaler Nachtabfluss bei Trockenwetter | $Q_{T,min}$ | [m <sup>3</sup> /h] |
| • mittlere Konzentration des Parameters    | $C_{T,m}$   | [mg/l]              |
| • minimale Nachtkonzentration              | $C_{T,min}$ | [mg/l]              |

Für die Ermittlung des Fremdwasseranteils ist das Verhältnis der mittleren und minimalen Abflüsse, das Verhältnis der minimalen und mittleren Konzentrationen und das Verhältnis der minimalen und mittleren Frachten von besonderer Bedeutung. Die Ermittlung des Fremdwasseranteils erfolgt dann nach der in [4] hergeleiteten Formel:

$$FWA = 1 / m \cdot [1 - s \cdot (m - 1 + c)] = Q_f / Q_{t,m} \quad [-]$$

$$m = Q_{t,m} / Q_{t,\min}$$

*m... Verhältnis der mittleren und minimalen Abflüsse*

$$c = c_{t,\min} / c_{c,m}$$

*c... Verhältnis der minimalen und mittleren Konzentrationen*

$$s = \frac{c_{t,\min} \cdot Q_{t,\min}}{c_{t,m} \cdot Q_{t,m}}$$

*s... Verhältnis der minimalen und mittleren Frachten*

Die Bestimmung der für diese Berechnung des Fremdwasseranteils notwendigen Konzentrationswerte war mit den bisher zur Verfügung stehenden Analysemethoden in der Regel mit einem hohen analytischen Aufwand verbunden und insbesondere nur zu einzelnen Zeitpunkten möglich. Seit einiger Zeit besteht jedoch die Möglichkeit, einige der für die Untersuchung geeigneten Parameter online, d.h. zeitnah an einem kontinuierlich entnommenen Probenstrom zu messen. Die im vorliegenden Bericht dargestellten Untersuchungen konzentrieren sich insbesondere auf die gezielte Auswertung solcher Online-Parameter. Unter Verwendung der o.a. Formel wird der Fremdwasseranteil in den, im Folgenden dargestellten Untersuchungen exemplarisch anhand von online gemessenen Ammoniumstickstoff- ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) und Orthophosphat-Konzentrationen ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) bestimmt.

### 3 Arbeitsprogramm und Untersuchungsgebiete

Hauptbestandteil der vorliegenden Untersuchungen waren die Durchführung und Auswertung von Online-Messungen für ausgewählte Abwasserparameter zur Bestimmung des Fremdwasseranteils. Ausgehend von den gemessenen Qualitätsparametern wurde der Fremdwasseranteil nach der in Kapitel 2 beschriebenen „chemischen Methode“ ermittelt. Die Untersuchungen konzentrierten sich insbesondere auf solche Parameter, die mit der zur Verfügung stehenden mobilen Online-Analytik (Messfahrzeug des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft an der Ruhr-Universität Bochum) erfasst werden konnten. In einem zweistufigen Arbeitsprogramm wurden das Messfahrzeug zunächst an wechselnden Messorten eingesetzt und unterschiedliche Messgrößen erfasst. Aufbauend auf den Ergebnissen und Erfahrungen aus diesen Messungen wurden daraufhin grundsätzliche Möglichkeiten und Einsatzgrenzen zusammengestellt und das zu Grunde liegende Messkonzept bewertet. Die wesentlichen Arbeitsschritte lassen sich wie folgt kurz beschreiben:

#### ➔ **Online-Messungen in kommunalen Kanalnetzen**

Bereits während der Projektvorbereitung wurden die Städte Billerbeck und Borgholzhausen ausgewählt, in deren fremdwasserbelasteten Kanalnetzen (vgl. [6], [7]) die erforderlichen Online-Messungen durchgeführt wurden.

Zunächst wurden geeignete Messstellen ausgewählt, für die aufgrund der angeschlossenen Einzugsgebiete erhöhte Fremdwasserabflüsse zu erwarten waren. Im Rahmen der Messungen wurden insbesondere Abwassertemperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit Ammoniumstickstoff- ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) und Orthophosphatkonzentrationen ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) gemessen.

#### ➔ **„Chemische“ Bestimmung des Fremdwasseranteils**

Die bei den Untersuchungen gewonnenen Messdaten wurden nach der „chemischen Methode“ ausgewertet und vor dem Hintergrund der weiteren zur Verfügung stehenden Informationen (z.B. Niederschlagsdaten) bewertet. Als Qualitätsparameter wurden die gemessenen  $\text{NH}_4\text{-N}$  und  $\text{PO}_4\text{-P}$  Konzentrationen genutzt, um daraus den jeweiligen Fremdwasseranteil zu bestimmen.

#### ➔ **Bewertung der Möglichkeiten und Einsatzgrenzen**

Die für die Stadt Borgholzhausen mittels  $\text{NH}_4\text{-N}$  und  $\text{PO}_4\text{-P}$  Konzentrationen errechneten Fremdwasseranteile wurden exemplarisch miteinander verglichen und daraus Empfehlungen für zukünftige Fremdwasseruntersuchungen nach der „chemischen Methode“ abgeleitet. Darüber hinaus waren vor allem auch die praktischen Erfahrungen im Umgang mit der verwendeten Online-Messtechnik entscheidend für eine abschließende Bewertung der gewählten Vorgehensweise. Anhand der Untersuchungen bei der Stadt Borgholzhausen wurden zunächst die grundsätzlichen Einsatzmöglichkeiten bewertet. Die anschließenden Messungen im Kanalnetz der Stadt Billerbeck dienten insbesondere der Bewertung der Einsatzgrenzen bei mobiler Messung unter erschwerten Bedingungen, wie z.B. bei häufig wechselnden Messorten.

### 3.1 Untersuchungsgebiet: Stadt Borgholzhausen

In der Stadt Borgholzhausen leben auf einer Fläche von ca. 56 km<sup>2</sup> fast 9.000 Einwohner. Der Stadtkern liegt an einem Pass des Teutoburger Waldes, der das Bruch-Faltengebirge, auch Osning genannt, nach Nordwesten hin in den "Osnabrücker Osning" und nach Südosten hin in den "Bielefelder Osning" teilt. Im Norden reicht die Stadt ins Ravensberger Hügelland und im Süden ins flache Ostmünsterland. Die ursprüngliche Stadt liegt etwa 120 bis 140 m hoch in einer offenen Senke des Teutoburger Waldes. Unmittelbar westlich davon erhebt sich der bewaldete Kamm zur Johannesegge und zum Hollandskopf bis zu einer Höhe von 306 m, während der äußerste Süden der Stadt lediglich 80 m hoch liegt.

Der Innenstadtbereich von Borgholzhausen wird überwiegend im Mischsystem entwässert. Das gesammelte Abwasser des Einzugsgebietes wird über ein Pumpwerk der Kläranlage Borgholzhausen zugeführt. Um eine Überlastung des Pumpwerks bei Niederschlägen zu vermeiden, ist dem gesamten Entwässerungsgebiet ein Regenüberlaufbecken nachgeschaltet, in dem das bei Niederschlag abfließende Mischwasser zurückgehalten bzw. bei Vollfüllung des verfügbaren Speichervolumens über ein Regenrückhaltebecken ins Gewässer abgeschlagen wird (vgl. Bild 1).

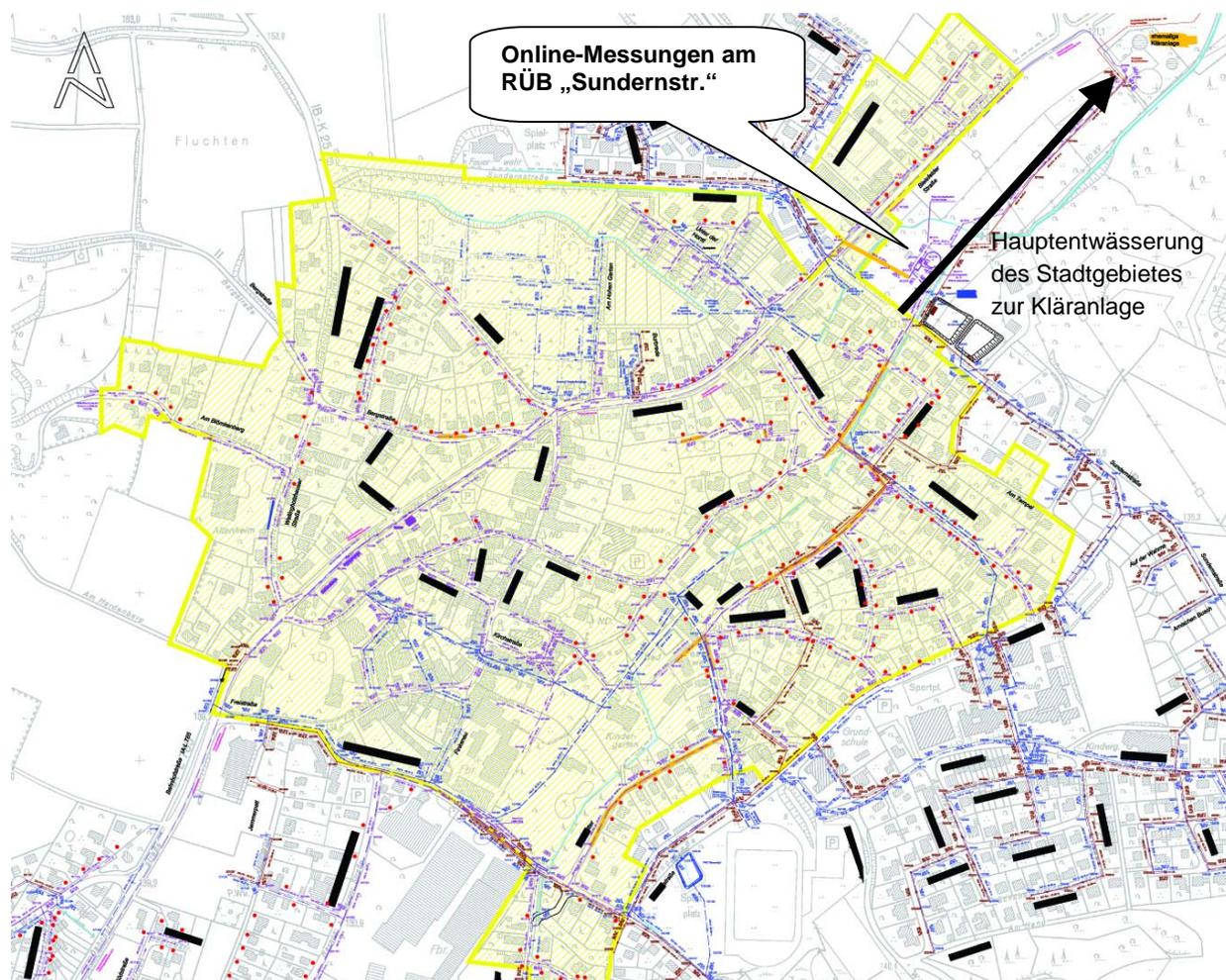


Bild 1: Entwässerung des Stadtkerns der Stadt Borgholzhausen

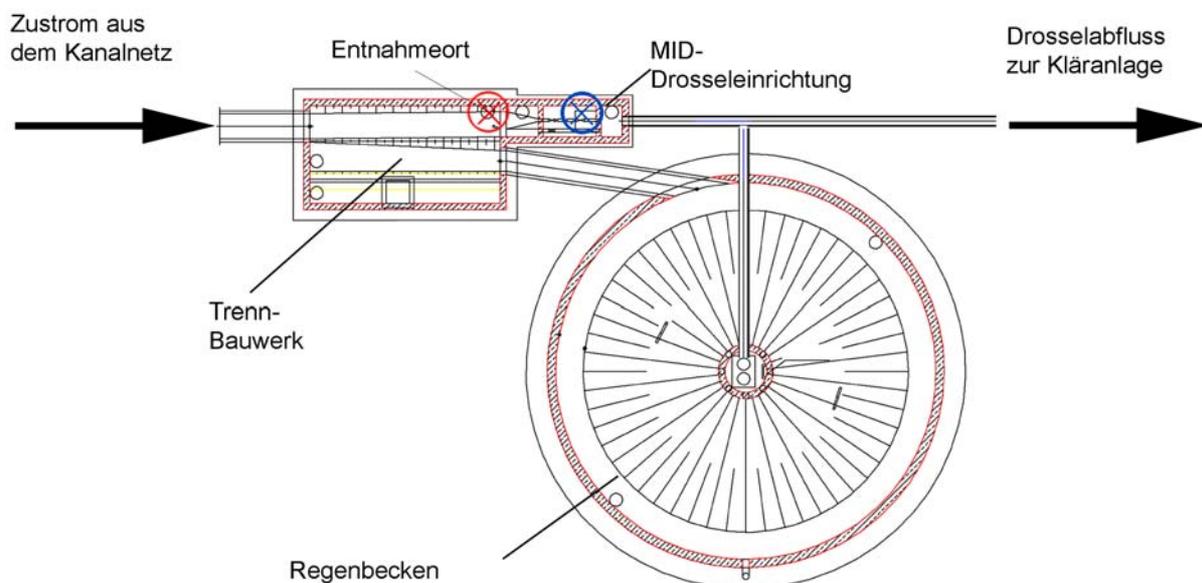
Aufgrund von Undichtigkeiten im öffentlichen Entwässerungssystem fließt insbesondere im innerstädtischen Bereich mit hohem Grundwasserstand sehr viel Fremdwasser der Kanalisation zu. Der Fremdwasseranteil wird noch erheblich durch Zuflüsse aus privaten Entwässerungssystemen infolge von Undichtigkeiten an Hausanschluss- und Grundleitungen sowie aus angeschlossenen Drainageleitungen erhöht. Das hohe Fremdwasseraufkommen wirkt sich insbesondere nachteilig auf

- die Pumpkosten für den Transport des Abwassers vom Pumpwerk Borgholzhausen (alte Kläranlage) zur neuen Kläranlage,
- die Reinigungsleistung der Kläranlage sowie
- die Entlastungshäufigkeit des vor dem Pumpwerk Borgholzhausen gelegenen Regenüberlaufbeckens „Sundernstr.“

aus.

Als Messstelle für die im Kanalnetz der Stadt Borgholzhausen durchgeführten Online-Messungen wurde das Trockenwettergerinne des RÜB Sundernstr. ausgewählt (vgl. Bild 2). Über das im Nebenschluss angeordnete Durchlaufbecken wird der gesamte innerstädtische Kern entwässert. Der zur Kläranlage weitergeleitete Drosselabfluss ist auf 28 l/s begrenzt.

Die für die Untersuchung ausgewählten Qualitätsparameter  $\text{NH}_4\text{-N}$  und  $\text{PO}_4\text{-P}$  wurden während einer mehrtägigen Messung vom 23.03.2006 bis zum 28.03.2006 kontinuierlich erfasst und dokumentiert. Darüber hinaus wurden außerdem die vom Betreiber für den gleichen Zeitraum zur Verfügung gestellten Durchflussmessdaten der Drosseleinrichtung des RÜB (magnetisch-induktiver Messwertaufnehmer) sowie die gemessenen Beckenfüllstände in der Auswertung berücksichtigt. Zur Bewertung der Niederschlagsituation wurden von der Stadt Borgholzhausen für den Zeitraum der Messungen lokal gemessene Niederschlagsdaten zur Verfügung gestellt.

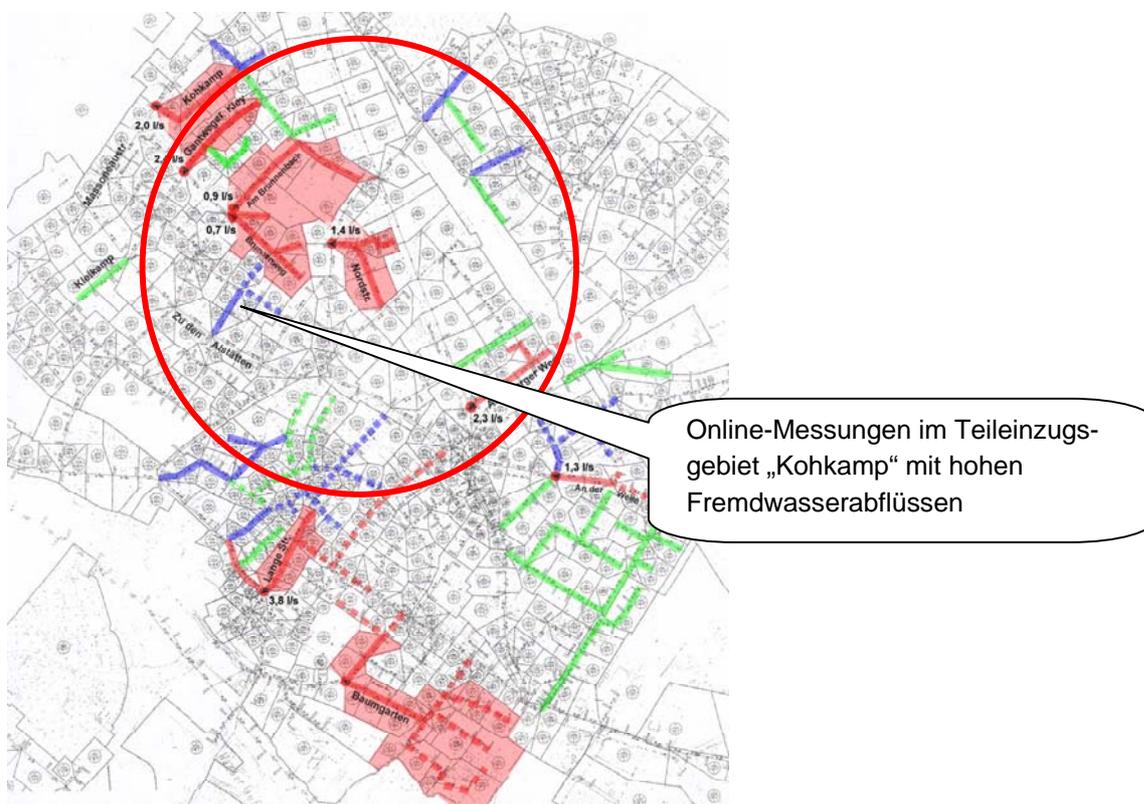


**Bild 2:** Fließschema des RÜB Sundernstr. mit Entnahmestelle für Online-Messung

### 3.2 Untersuchungsgebiet: Stadt Billerbeck

Die Stadt Billerbeck gehört dem Kreis Coesfeld (Regierungsbezirk Münster) an und umfasst die bis 1969 selbständigen Gemeinden Billerbeck, Kirchspiel Billerbeck und Beerlage sowie mehrere Bauernschaften. Auf einer Fläche von 91 km<sup>2</sup> leben zur Zeit rund 11.000 Einwohner. Billerbeck liegt in einem Talkessel der Baumberge und befindet sich damit in einer morphologischen Ausnahmesituation innerhalb der ansonsten weitgehend morphologisch undifferenzierten Münsterländer Bucht. Die Baumberge erheben sich um maximal 100 m über die Ebene des Münsterlands hinaus. Der oberflächennah liegende Baumberger Sandstein ist ein guter Kluftgrundwasserleiter und gibt an zahlreichen Anschnitt- und Überlaufquellen Grundwasser an tiefer liegende Regionen ab. Die Vorflut im Talkessel von Billerbeck bildet die Berkel, die mit ihren Talauen den alten Ortskern von Billerbeck nach Südwesten hin begrenzt.

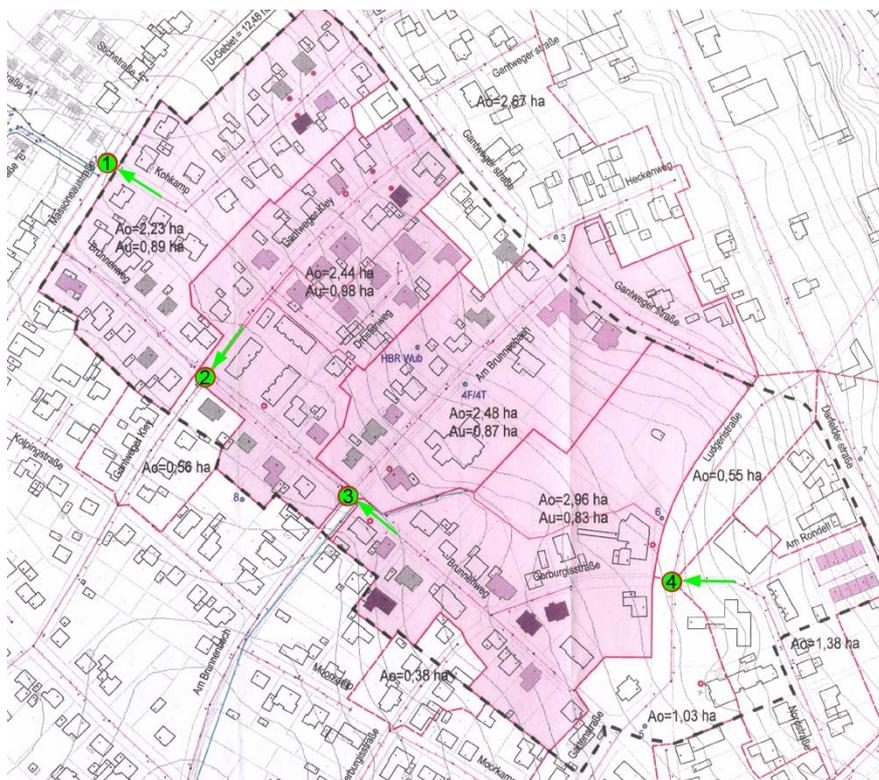
Das Kanalisationsnetz der Stadt Billerbeck ist hauptsächlich als Mischwassersystem ausgelegt. Das Abwasser wird zentral in der Kläranlage Billerbeck behandelt. Auswertungen des Durchflusses auf der Kläranlage haben ergeben, dass aus dem Stadtgebiet insbesondere in den Frühjahrsmonaten hohe Fremdwassermengen zufließen. Weitergehende Untersuchungen zur Ermittlung und Eingrenzung der Fremdwasserquellen (vgl. [7]) haben gezeigt, dass diese Zuflüsse insbesondere auf undichte Kanäle und an den Mischwasserkanal angeschlossene Hausdränagen im nord-östlichen Stadtgebiet zurückzuführen sind (vgl. Bild 3). Entsprechend konzentrieren sich die qualitativen Untersuchungen auf dieses Teileinzugsgebiet „Kohkamp“.



**Bild 3:** Fremdwasserschwerpunkte im Einzugsgebiet der Stadt Billerbeck (rot)

Im Teileinzugsgebiet wurden vier Einsteigschächte ausgewählt, in deren Zuläufen die Messungen stattfanden (vgl. Bild 4). Um den Durchfluss zu erfassen, wurde ein mobiles magnetisch-induktives Durchflussmessgerät eingesetzt, in dessen Auslaufbereich jeweils Proben für die Online-Messung entnommen wurden. Im Unterschied zu den Untersuchungen im Kanalnetz der Stadt Borgholzhausen wurde in Billerbeck keine kontinuierliche Messung der Durchflüsse und Schmutzkonzentrationen durchgeführt. Jeder der Messpunkte wurde in der Nacht des 08.02.2006 zwischen ca. 1:00 und 4:00 Uhr jeweils kurz angefahren und beprobt. Für die Auswertung standen damit ausschließlich einzelne Messwerte und keine Ganglinien zur Verfügung.

Im Vergleich zu dem weitgehend stationären Einsatz am RÜB in Borgholzhausen werden mit dem häufigen Standortwechsel im Kanalnetz der Stadt Billerbeck erhöhte Anforderungen an die Mobilität der Online-Messtechnik gestellt. Ziel war es, die Einsatzmöglichkeiten der Messtechnik auch unter solchen erschwerten Bedingungen zu bewerten.



- ① Kohkamp,  
Zulauf Kohkamp,
- ② Gantweger Kley,  
Zulauf Gantweger Kley
- ③ Am Brunnenbach,  
Zulauf Brunnenweg
- ④ Nordstraße,  
Zulauf Nordstraße

Bild 4: Punkte für Online-Messungen im Gebiet „Kohkamp“

#### 4 Messergebnisse und Fremdwasserermittlung

Die Auswertung der Messergebnisse und die Ermittlung des Fremdwasseranteils erfolgte nach der „chemischen Methode“ unter Verwendung der in Kapitel 2 beschriebenen Formel:

$$FWA = 1/m \cdot [1 - s \cdot (m - 1 + c)] = Q_f / Q_{t,m} \quad [-]$$

$$m = Q_{t,m} / Q_{t,\min} \quad m \dots \text{Verhältnis der mittleren und minimalen Abflüsse}$$

$$c = c_{t,\min} / c_{c,m} \quad c \dots \text{Verhältnis der minimalen und mittleren Konzentrationen}$$

$$s = \frac{c_{t,\min} \cdot Q_{t,\min}}{c_{t,m} \cdot Q_{t,m}} \quad s \dots \text{Verhältnis der minimalen und mittleren Frachten}$$

In einem ersten Schritt wurden aus den gemessenen Durchflüssen und Schmutzkonzentrationen zunächst die für diese Formel erforderlichen Eingangswerte berechnet. Dabei wurden sowohl die im Abwasser gemessenen  $\text{NH}_4\text{-N}$  und  $\text{PO}_4\text{-P}$  Konzentrationen verwendet. Für jeden Untersuchungstag ergaben sich somit zwei Fremdwasseranteile, die anhand unterschiedlicher Qualitätsparameter bestimmt wurden.

#### ➔ Borgholzhausen

Für die Bestimmung des Fremdwasseranteils am RÜB in Borgholzhausen standen die kontinuierlich aufgezeichneten Messwerte des Messzeitraums vom 22.03.2006 bis zum 28.03.2006 zur Verfügung. Die vollständigen Ergebnisse der Konzentrationsmessungen sind als Tagesganglinien im Abschlussbericht dargestellt. Die für die Berechnung erforderlichen Eingangswerte wurden aus diesen Messdaten wie folgt schrittweise ermittelt:

##### I. Bestimmung des mittleren / minimalen Tagesabflusses $Q_{T,m} / Q_{T,\min}$ :

Die vom MID am RÜB registrierten Durchflüsse wurden vom Betreiber als 15-minütige Mittelwerte zur Verfügung gestellt. Als Mittelwert aus jeweils 96 Datensätzen wurde der mittlere Tagesabfluss ermittelt.

Als minimaler Tagesabfluss konnte zumeist das in der Zeit zwischen 00:00 Uhr und 5:00 Uhr beobachtete Nachtminimum des Durchflusses (ca. 18 l/s) angesetzt werden.

##### II. Bestimmung der mittleren / minimalen Konzentrationen $c_{T,m} / c_{T,\min}$ :

Die Konzentration der ausgewählten Qualitätsparameter wurde jeweils als 5-Minuten-Mittelwert registriert. Aus den somit täglich aufgezeichneten 288 Datensätzen wurde der Mittelwert gebildet und der über den Tagesverlauf jeweils erfasste Minimalwert ermittelt. Ähnlich dem Durchfluss wurden auch die minimalen Konzentrationen in der Regel während der Nachtstunden beobachtet.

### III. Bewertung und Plausibilitätsprüfung der Messdaten:

Zur Bestimmung des Fremdwasseranteils nach der o.a. Berechnungsformel dürfen nur die bei Trockenwetter gemessenen Durchflüsse und Konzentrationen verwendet werden. Inwieweit die Messergebnisse durch den Abfluss von Niederschlagswasser beeinflusst werden, wurde anhand der für den Messzeitraum verfügbaren Niederschlagsdaten geprüft. Dabei zeigte sich, dass insbesondere die vom 25. bis zum 27.03. aufgezeichneten Messdaten auf Grund von Niederschlägen kaum für die weitere Auswertung genutzt werden konnten (vgl. Bild 5). Hinzu kommt, dass sich mit dem Einsetzen der Niederschläge am 25.03. ein weitgehend gleich bleibender Drosselabfluss von 28 l/s einstellte und bereits wenige Stunden später ein ansteigender Wasserstand im RÜB registriert wurde. D.h. in dieser Zeit kam es am Trennbauwerk des RÜB zu einer Entlastung von Mischwasser ins Regenbecken, das sich in den folgenden Tagen vollständig füllte. Die in Bild 5 dargestellten Wasserstände zeigen, dass in der Folge über mehrere Tage Mischwasser ins Gewässer abgeschlagen wurde.

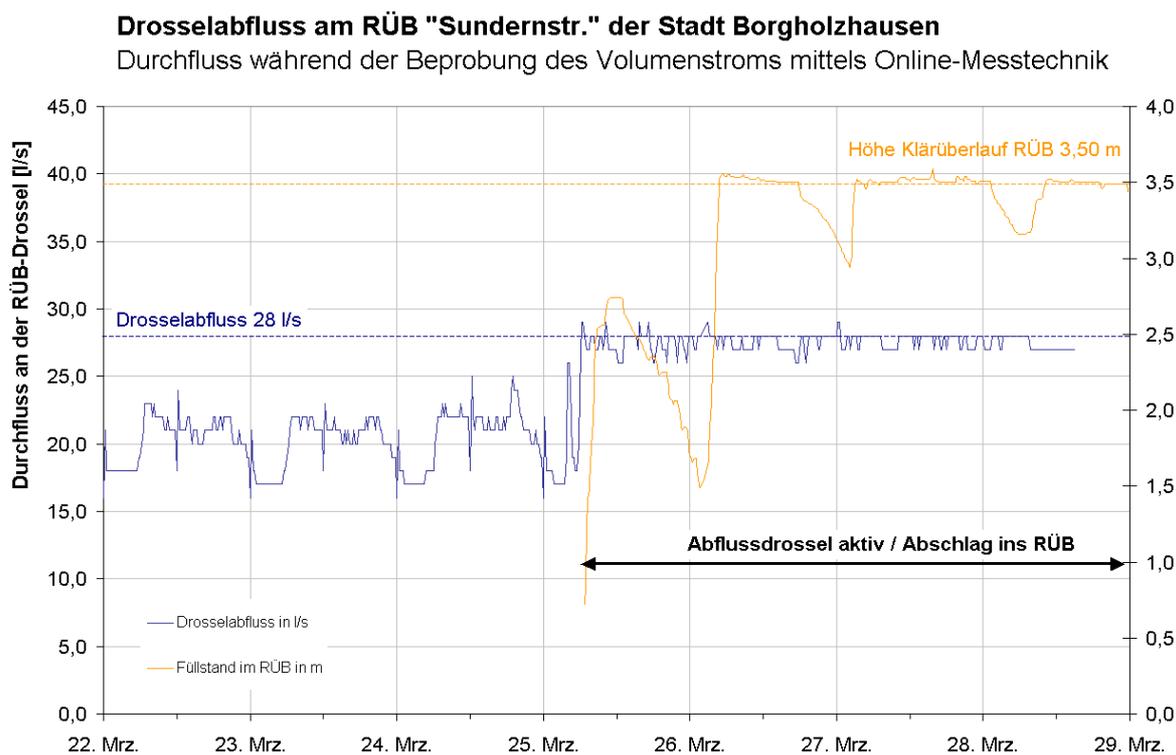


Bild 5: Durchflussganglinie während der Beprobung am RÜB Borgholzhausen

Mit den so ermittelten Eingangsgrößen wurde für die am RÜB gemessenen Abflüsse jeweils ein täglicher Fremdwasseranteil bestimmt. Die Ergebnisse dieser Fremdwasserberechnung sowie die dabei berücksichtigten Eingangswerte sind für den gesamten Messzeitraum vollständig in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgelistet. Um zu verdeutlichen, welchen Einfluss die in der zweiten Hälfte des Messzeitraums auftretenden

Niederschläge auf die Ermittlung des Fremdwasseranteils haben, sind auch diese Werte in der Tabelle vollständig wiedergegeben.

Bedingt durch die Umstellung auf Sommerzeit wurden von der automatischen Messwertregistrierung der Stadt Borgholzhausen am 26.03.2006 zwischen 2:00 und 3:00 Uhr keine verwertbaren Durchflussmessdaten aufgezeichnet. In der Folge ist davon auszugehen, dass die für diesen Tag bestimmten Fremdwasseranteile, zusätzlich zum einsetzenden Niederschlag, fehlerbehaftet sind.

*Tabelle 1: Bestimmung des Fremdwasseranteils (FWA) durch Beprobung des Abwasserstroms am RÜB Sundernstraße und Auswertung von NH<sub>4</sub>-N und PO<sub>4</sub>-P Konzentrationen*

Datum	Auswertung von NH <sub>4</sub> -N Konzentrationen			Auswertung von PO <sub>4</sub> -P Konzentrationen		
	m [ - ]	FWA (NH <sub>4</sub> -N)		m [ - ]	FWA (PO <sub>4</sub> -P)	
	c [ - ]			c [ - ]		
	s [ - ]			s [ - ]		
22.03.2006	1,27	70,0	%	1,27	70,2	%
	0,26			0,52		
	0,20			0,13		
23.03.2006	1,25	69,5	%	1,25	63,9	%
	0,30			0,70		
	0,24			0,21		
24.03.2006	1,29	64,5	%	1,29	72,2	%
	0,35			0,33		
	0,27			0,12		
25.03.2006	1,58	41,2	%	1,58	55,2	%
	0,51			0,29		
	0,32			0,15		
26.03.2006	1,06	32,7	%	1,06	74,7	%
	0,80			0,48		
	0,76			0,39		
27.03.2006	1,03	20,4	%	1,03	55,5	%
	0,89			0,68		
	0,87			0,61		
28.03.2006	1,02	36,5	%	1,02	76,5	%
	0,79			0,52		
	0,78			0,41		
<b>Mittelwert aller Tage</b>		<b>50,4</b>	<b>%</b>		<b>65,6</b>	<b>%</b>
<b>Mittelwert 22. – 24.03.</b>		<b>68,0</b>	<b>%</b>		<b>68,8</b>	<b>%</b>

Berücksichtigt man ausschließlich die an niederschlagfreien Tagen aufgezeichneten Messwerte und den daraus abgeleiteten Fremdwasseranteil, so liegt dieser bei etwa 68%. Unabhängig davon, ob Ammonium- oder Phosphatkonzentrationen als Qualitätsparameter verwendet werden, ergibt sich aus der Berechnung ein nahezu glei-

cher Fremdwasseranteil. Im Vergleich dazu liegt der allein auf Grund des minimalen Nachtabflusses bestimmte Fremdwasseranteil ( $Q_{t,min}/Q_{t,max}$ ) bei rund 72 % (18 l/s zu 25 l/s).

Die am 25.03. einsetzenden Niederschläge führten zu einer Annäherung der minimalen und mittleren Konzentrationswerte, so dass sich aus der Berechnung insgesamt ein geringerer Fremdwasseranteil ergibt. Besonders sensibel scheinen diesbezüglich die gemessenen Ammonium-Konzentrationen, während der über die Phosphatkonzentration bei Niederschlag ermittelte Fremdwasseranteil weniger von den, an niederschlagsfreien Tagen berechneten Werten abweicht.

➔ **Billerbeck**

Die Messungen im Kanalnetz der Stadt Billerbeck wurden als Kurzzeitmessungen in der Nacht zum 08.02.2006 durchgeführt. Die für die Untersuchung ausgewählten vier Messorte wurden mit dem Messfahrzeug nacheinander angefahren und beprobt. Für die Auswertung der Messungen standen somit keine kontinuierlichen Ganglinien, sondern ausschließlich die über eine Dauer von drei bis sechs Minuten an den einzelnen Zuläufen registrierten Messwerte zur Verfügung (vgl. Bild 6).

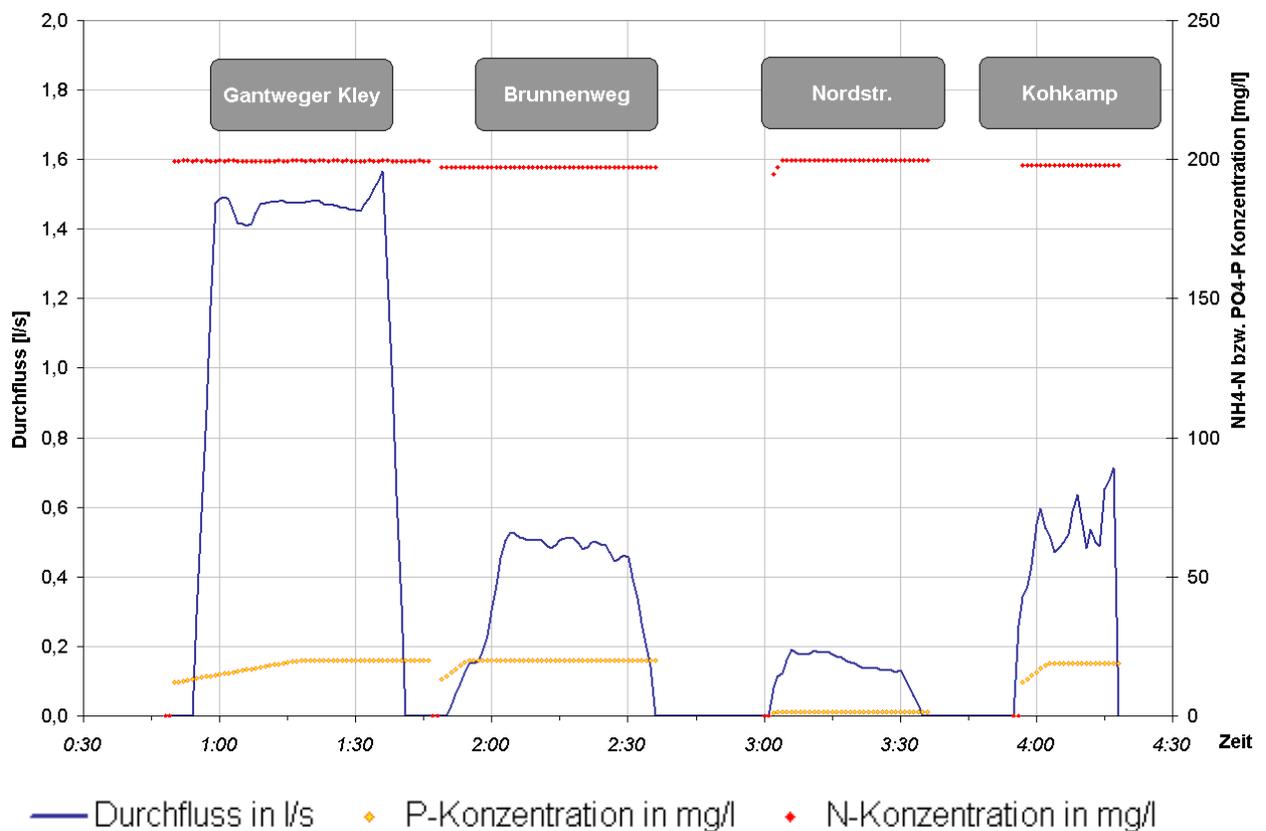


Bild 6: Ergebnisse der qualitativen und quantitativen Messungen im Kanalnetz der Stadt Billerbeck

Die Ergebnisse der qualitativen und quantitativen Messung sind für die jeweils beprobten Messstellen nachfolgend in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Übersicht über die Messergebnisse im Kanalnetz der Stadt Billerbeck

Messgröße		① Kohkamp	② Gantweger Kley	③ Brunnenweg	④ Nordstraße
Durchfluss	l/s	0,6	1,5	0,5	0,2
Ammonium NH <sub>4</sub> -N	mg/l	197,82	199,57	197,12	199,57
Phosphat PO <sub>4</sub> -P	mg/l	19,03	19,95	19,98	1,27

Eine Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse zeigt, dass diese im Kanalnetz der Stadt Billerbeck gemessenen Konzentrationen deutlich über den für kommunales Abwasser üblichen Werten liegen. Mit Ausnahme der an der Messstelle „Nordstr.“ registrierten Phosphatkonzentration lagen die gemessenen Werte bei etwa 200 mg/l (Ammonium) bzw. 20 mg/l (Phosphat). Im Vergleich dazu liegen die Konzentrationswerte für kommunales Abwasser je nach Fremdwasseranteil sowie Anzahl und Art industrieller Einleitungen „üblicherweise“ bei 20 - 50 mg/l (NH<sub>4</sub>-N) bzw. 8 - 12,5 mg/l (P<sub>ges</sub>) [8]. In der Folge ist davon auszugehen, dass die gemessenen Konzentrationen fehlerbehaftet sind. Die Ursache für diese Messfehler konnte nicht abschließend ermittelt werden. Wahrscheinlich lässt sich dies jedoch auf die sehr kurzen Messzeiten zurückführen. Sowohl die Bestimmung der Ammoniumwerte als auch die Phosphatmessung sind an die Messung chemischer Reaktionen gebunden, so dass grundsätzlich eine mehrminütige Reaktionszeit erforderlich ist, bevor zuverlässige Messwerte erzielt werden.

Bedingt durch den häufigen Wechsel des Messortes während der nächtlichen Untersuchung ist davon auszugehen, dass diese Reaktionszeiten in der Regel unterschritten und somit keine verwertbaren Messergebnisse aufgezeichnet wurden. Hinzu kommt, dass die Einrichtung des Messfahrzeugs für jede neue Messstelle in der Regel als sehr zeitaufwändig zu bezeichnen ist, so dass die Mobilität des Messsystems insgesamt als eingeschränkt zu bewerten ist.

## 5 Zusammenfassung und Bewertung

Für die Betreiber kommunaler Kläranlagen ist die Bestimmung des Fremdwasseranteils schon seit vielen Jahren eine regelmäßig wiederkehrende betriebliche Aufgabe. Dabei wird auf unterschiedliche Methoden zurückgegriffen, die in der Regel alle auf einer Auswertung der kontinuierlich gemessenen Kläranlagendurchflüsse basieren. Als anerkannte Methoden gelten z.B. die Auswertung der „Jahresschmutzwassermenge“ oder die in Baden-Württemberg weit verbreitete Methode des „gleitenden Minimums“.

Diese statistischen Methoden zur Auswertung quantitativer Messungen werden ergänzt durch die bereits 1984 entwickelte „chemische Methode“, welche darauf basiert, den Verdünnungsgrad des Abwassers zu bestimmen. Je mehr Fremdwasser sich mit dem Schmutzwasser vermischt, desto geringer wird die Konzentration der im Schmutzwasser enthaltenen Inhaltsstoffe. Bisher zählt diese Methode jedoch nicht zu den regelmäßig angewendeten Auswertungen. Nur in Einzelfällen werden auf diese Weise z.B. die im Kläranlagenzulauf gemessenen Qualitätsparameter, wie z.B. BSB, CSB oder TOC ausgewertet, um einen Fremdwasseranteil für das Einzugsgebiet der Kläranlage zu bestimmen. Eine Anwendung der „chemischen Methode“ zur weiteren Eingrenzung von Fremdwasserquellen, z.B. durch Messungen innerhalb des Kanalnetzes, ist nicht bekannt. Dies lässt sich insbesondere mit dem hohen Aufwand für die Entnahme und die Analyse der notwendigen Abwasserproben begründen.

Neuere Entwicklungen in der Analysetechnik versprechen jedoch, den technischen Aufwand zu reduzieren. Unter Zuhilfenahme moderner Online-Messtechnik wurden nun vom IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur in den Kanalnetzen der Städte Billerbeck und Borgholzhausen qualitative Messungen zur Bestimmung des Fremdwasseranteils durchgeführt. Ziel war es, zunächst geeignete, online messbare Parameter zu finden, die eine zuverlässige Bestimmung des Fremdwasseranteils ermöglichen. Darüber hinaus sollten durch den praktischen Einsatz die Möglichkeiten und Einsatzgrenzen moderner Online-Messtechnik aufgezeigt werden, um im Ergebnis eine praxisorientierte Hilfestellung zur Bestimmung von Fremdwasserabflüssen anhand qualitativer Abwasserparameter zu erarbeiten.

Die Ergebnisse der Messung an einem RÜB der Stadt Borgholzhausen zeigen, dass die eingesetzte Messtechnik grundsätzlich geeignet ist, um mit vertretbarem Aufwand eine für mehrere Tage weitgehend autarke Analysestelle einzurichten. Der vom Messfahrzeug kontinuierlich entnommene Probenstrom wurde kontinuierlich analysiert und u.a. die Ammoniumstickstoff- und Phosphatkonzentrationen bestimmt. Die anschließende Bestimmung des Fremdwasseranteils unter Verwendung dieser beiden Qualitätsparameter lieferte grundsätzlich plausible Werte, die zusätzlich durch eine einfache Bestimmung des Fremdwasseranteils mit der Methode des minimalen

Nachabflusses bestätigt werden konnten. Voraussetzung dafür war jedoch, dass der Einfluss von Niederschlagabflüssen ausgeschlossen werden konnte.

Jedoch sind auch diesen modernen Online-Messverfahren Grenzen gesetzt. Am Beispiel von Messungen im Kanalnetz der Stadt Billerbeck wird deutlich, dass eine Eingrenzung von Fremdwasserquellen durch mobile analytische Messungen nur bedingt möglich ist. Die Bestimmung der gemessenen Ammoniumstickstoff- und Phosphatkonzentrationen erfordert verfahrensbedingt die Einhaltung von minimalen Reaktionszeiten. Ein mobiler Einsatz, bei dem mehrere Messstellen innerhalb weniger Stunden beprobt werden sollen ist somit nicht möglich. Statt dessen lieferte eine Auswertung der ebenfalls durchgeführten nächtlichen Durchflussmessungen deutlich bessere Informationen zur Menge und Herkunft der Fremdwasserabflüsse innerhalb des untersuchten Teileinzugsgebietes.

Entsprechend dieser praktischen Erfahrungen, lassen sich die Einsatzmöglichkeiten qualitativer Analytik zur Fremdwasserbestimmung wie folgt zusammenfassen:

- **Einrichtung einer Online-Messstelle:** Bei der Auswahl eines geeigneten Standortes sind insbesondere betriebstechnisch bereits gut überwachte Betriebspunkte, wie z.B. Kläranlagen, Regenbecken oder Abwasserpumpwerke zu bevorzugen. An wesentlichen abwassertechnischen Betriebspunkten können dabei oftmals bereits vorhandene Messeinrichtungen, wie z.B. Durchfluss-, Wasserstands- oder Niederschlagsmessungen, genutzt werden, um somit eine möglichst umfassende Bewertung der qualitativen Messergebnisse zu ermöglichen.
- **Betrieb und Wartung der Messsysteme:** Der Einsatz qualitativer Analysegeräte erfordert in der Regel einen erheblichen Aufwand für die Überprüfung und Wartung der verwendeten Messsysteme. Für die im Bericht dargestellten Untersuchungen wurde ein Messfahrzeug eingesetzt, das entsprechend der praktischen Erfahrungen über ca. fünf Tage ohne Wartung betrieben werden konnte, bevor die ersten für die Messung eingesetzten Analysegeräte ausfielen. Grund für diese Ausfälle war insbesondere die nach diesem Zeitraum unzureichend funktionierende Probenstromaufbereitung durch Ultrafiltration. Mit Blick auf diese Erfahrungen wird deshalb empfohlen, die Messung mit solchen oder vergleichbaren Online-Analysegeräten grundsätzlich auf wenige Messstellen und zeitlich zu beschränken.
- **Aufwand und Nutzen:** Trotz des am Beispiel der Stadt Borgholzhausen nachgewiesenen Nutzens von qualitativen Online-Messungen zur Bestimmung des Fremdwasseranteils, ist nicht davon auszugehen, dass diese in absehbarer Zeit zu einem festen Bestandteil der betrieblichen Überwachung von Kanalisationsnetzen werden. Eine regelmäßige Bestimmung des Fremdwasseranteils mittels der „chemischen Methode“ bleibt, unter Berücksichtigung des derzeitigen Aufwandes für die Analyse und Auswertung der erforderlichen qualitativen Abwas-

serparameter, vor allem anhand der im Kläranlagenzulauf gemessenen Parameter denkbar.

Auch mit Blick auf die zu erwartenden Anschaffungskosten und den erforderlichen Wartungsaufwand erscheinen Online-Messungen, wie im Vorhaben beschrieben, kaum für den praktischen Einsatz zur Bestimmung von Fremdwasserabflüssen geeignet. Der Einsatz des im Vorhaben eingesetzten Messfahrzeugs bleibt somit auch in Zukunft insbesondere wissenschaftlichen Zwecken vorbehalten.

Statt dessen ist zu beobachten, dass zur Ermittlung und Eingrenzung von Fremdwasserzuflüssen zunehmend die Erfassung und Auswertung anderer Messdaten an Bedeutung gewinnt. U.a. sind in den meisten Kanalnetzen bereits mehrere Betriebspunkte mit stationären oder mobilen Durchflussmessgeräten ausgerüstet, deren Daten ebenfalls online erfasst und zur Auswertung an einen zentralen Betriebspunkt übertragen werden. Die Auswertung dieser Messungen gestaltet sich im Vergleich zur Online-Analytik deutlich einfacher und ermöglicht bei systematischer Auswertung ebenfalls eine zuverlässige Bestimmung des Fremdwasseranteils (vgl. [9]).

## 6 Literatur

- [1] DIN 4045: Abwassertechnik – Grundbegriffe; Beuth-Verlag, Berlin, August 2003.
- [2] ATV Arbeitsblatt 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen; Hennef, November 1999.
- [3] Pfeiff, S. H.: Das Problem „Fremdwasser“; Korrespondenz Abwasser 36 (1989) Nr. 4, S. 471 – 481.
- [4] Hager, W. H.; Raymann, B. und Bretscher, U. (1985). Die Berechnung des Fremdwasseranfalls in Abwassersystemen. Gwf- Wasser/ Abwasser 126 (11), S. 582 – 588.
- [5] Weideler, A.; Birkner, T. et al.: Erkennung, Bewertung und Vermeidung von Fremdwasser in kommunalen Kläranlagen; Universität Stuttgart unter Mitwirkung des IKT; Stuttgart, Januar 2006.
- [6] Innovatives Konzept zur Fremdwassersanierung - Zeitlich entkoppelte Nutzung des vorhandenen Mischsystems zur Schmutz-, Regen- und Dränagewasserab-  
leitung; Förderantrag der Stadt Borgholzhausen unter Mitwirkung des IKT – In-  
stitut für Unterirdische Infrastruktur zur Vorlage beim Ministerium für Umwelt  
und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW; Juni  
2006.
- [7] Bosseler, B.; Cremer, S.: Ermittlung und Eliminierung von Fremdwasserquellen  
aus Kanalisationsnetzen; IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsen-  
kirchen; Juni 2001.
- [8] Stier, E.; Fischer, M.: Klärwörter-Taschenbuch, herausgegeben von ATV-  
DVWK, 14. Auflage, München, 2002.
- [9] Birkner, T. Gillar, M. et al.: Wasserstandsmessungen an Regenbecken und  
Stauraumkanälen – Bewertung von Einstau- und Entlastungsereignissen am  
Beispiel des Aggerverbandes; IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gel-  
senkirchen, Mai 2006.