

REPORT

Cicerostr. 24
D-10709 Berlin
Germany
Tel +49 (0)30 536 53 800
Fax +49 (0)30 536 53 888
www.kompetenz-wasser.de

Monitoring von Wassergüteparametern an Mischwasserüberläufen

Project acronym: MONITOR-1

by

Pascale Rouault
KompetenzZentrum Wasser Berlin

for

Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Preparation of this report was financed in part through funds provided by BWB, VEOLIA



Berlin, Germany

2009

Important Legal Notice

Disclaimer: The information in this publication was considered technically sound by the consensus of persons engaged in the development and approval of the document at the time it was developed. KWB disclaims liability to the full extent for any personal injury, property, or other damages of any nature whatsoever, whether special, indirect, consequential, or compensatory, directly or indirectly resulting from the publication, use of application, or reliance on this document.

KWB disclaims and makes no guaranty or warranty, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of any information published herein. It is expressly pointed out that the information and results given in this publication may be out of date due to subsequent modifications. In addition, KWB disclaims and makes no warranty that the information in this document will fulfill any of your particular purposes or needs.

The disclaimer on hand neither seeks to restrict nor to exclude KWB's liability against all relevant national statutory provisions.

Wichtiger rechtlicher Hinweis

Haftungsausschluss Die in dieser Publikation bereitgestellte Information wurde zum Zeitpunkt der Erstellung im Konsens mit den bei Entwicklung und Anfertigung des Dokumentes beteiligten Personen als technisch einwandfrei befunden. KWB schließt vollumfänglich die Haftung für jegliche Personen-, Sach- oder sonstige Schäden aus, ungeachtet ob diese speziell, indirekt, nachfolgend oder kompensatorisch, mittelbar oder unmittelbar sind oder direkt oder indirekt von dieser Publikation, einer Anwendung oder dem Vertrauen in dieses Dokument herrühren.

KWB übernimmt keine Garantie und macht keine Zusicherungen ausdrücklicher oder stillschweigender Art bezüglich der Richtigkeit oder Vollständigkeit jeglicher Information herein. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die in der Publikation gegebenen Informationen und Ergebnisse aufgrund nachfolgender Änderungen nicht mehr aktuell sein können. Weiterhin lehnt KWB die Haftung ab und übernimmt keine Garantie, dass die in diesem Dokument enthaltenen Informationen der Erfüllung Ihrer besonderen Zwecke oder Ansprüche dienlich sind.

Mit der vorliegenden Haftungsausschlussklausel wird weder bezweckt, die Haftung der KWB entgegen den einschlägigen nationalen Rechtsvorschriften einzuschränken noch sie in Fällen auszuschließen, in denen ein Ausschluss nach diesen Rechtsvorschriften nicht möglich ist.

Colophon

Title

Monitoring von Wassergüteparametern an Mischwasserüberläufen

Authors

Pascale Rouault, Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Quality Assurance

Kai Schroeder, Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Dr. Bernd Heinzmann, Berliner Wasserbetriebe

Publication / Dissemination approved by technical committee members:

Christelle Pagotto, Veolia Eau

Cyrille Lemoine, Veolia Environnement Recherche & Innovation

Matthias Rehfeld-Klein, Senatsverwaltung für Gesundheit Umwelt und Verbraucherschutz Berlin

Dörthe von Seggern, Senatsverwaltung für Gesundheit Umwelt und Verbraucherschutz Berlin

Regina Gnirß, Berliner Wasserbetriebe

Kay Joswig, Berliner Wasserbetriebe

Erika Pawlowsky-Reusing, Berliner Wasserbetriebe

Nicolas Rampnoux, Veolia Environnement Recherche & Innovation

Emmanuel Soyeux, Veolia Environnement Recherche & Innovation

Yann Moreau-Le Golvan, Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Deliverable number

D 2

Abstract (English)

MONITOR-1: Simultaneous Monitoring of Combined Sewer Overflows and Receiving Water

Contact: Pascale Rouault, Kompetenzzentrum Wasser Berlin

Sub-study: Monitoring of Water Quality Parameters in Combined Sewer Overflows

The objective of the MONITOR-1 project is to analyse the acute impacts of combined sewer overflows on the Stadtspree, the Berlin segment of the River Spree, in order to develop a model-based tool for recipient/impact based management of combined sewer systems.

To determine the extent of impacts from CSO discharges on water quality of the Stadtspree, water quality parameters will be measured in the sewer system and receiving water during the monitoring campaign. Both water quality and water flow will be assessed.

As acute impacts of combined sewer overflows are the focus of interest, online sensors will be used to obtain high-resolution measurements of various water quality parameters. This approach makes it possible to achieve quasi continuous monitoring. However, online sensor technology is only available for selected water quality parameters such as total organic carbon, ammonia and other "classical" water quality parameters like temperature (T), pH, conductivity and dissolved oxygen.

The two main reasons for the limited use of online water quality sensors in combined sewer overflows so far are:

- The lack of legal requirements making it mandatory to monitor CSO discharges;
- The high maintenance requirements of online water quality monitoring systems, particularly those that generate high-quality data sets. The high maintenance work load is related to the specific composition of the medium (grease, rough waste), the aggressive nature of the monitoring environment, and the frequently poor accessibility of the measuring sites.

This report summarizes the experience gained using online water quality sensors for online water quality monitoring in combined sewer systems in previous monitoring campaigns. These valuable lessons will be used to develop appropriate construction and operation solutions when planning the future monitoring network in Berlin.

We identified nine European projects concerned with online water quality monitoring in combined and sanitary sewer systems. An overview is provided in this report. Most of the experience gained in such monitoring campaigns has been acquired in the fields of research and engineering. This report is the product of our extensive exchange of experiences with experts who have planned and conducted sewer monitoring campaigns. In addition, we toured and evaluated two monitoring stations operated for research purposes. One is located in Graz, Austria (IMW Project) and the other in Lyon, France (OTHU Project).

A standardised reporting format will be used to describe the nine identified projects. The reasons for conducting the sewer monitoring campaigns, the monitoring strategies and the types of online sensors used will be explained. Specific details of online sensor operation, calibration and maintenance and of the transmission and validation of data during the monitoring campaigns will also be provided.

These systematic project descriptions will shed light on the following aspects of the monitoring campaigns:

- Monitoring objectives

Water quality monitoring in combined sewer overflows is performed for different reasons, which can be grouped into three main categories:

- Technical questions relating to further sewer system development
- Operational issues
- Compliance with regulatory authority rules and regulations

Projects performed for research applications had a broader scope that included additional issues such as improvement of online sensor operation (sensor calibration and data validation).

- Site selection criteria

The ideal monitoring site must meet a variety of different criteria such as representativeness of the site and wastewater matrix, safety of the working environment, and ease of access to the site. It is rarely possible to find a site that meets all of the selection criteria. Therefore, compromise solutions are often necessary.

- Installation of sensors in-situ or in a bypass line

Another core issue during online sewer monitoring site planning is the question of whether to install the sensors directly inside the sewer or in a bypass line outside the sewer. This decision depends mainly on local conditions at the site. Advantages and disadvantages of the two approaches will be discussed.

- Sensor calibration

The sensor types to be used in the MONITOR project are: 1) optical sensors and 2) ion-selective sensors. These sensors are calibrated by different methods and at different frequencies. The present report provides introductory information on sensor calibration. Further details can be found in a previous project report on the testing of online water quality sensors (Barjenbruch and Rettig 2009).

- Data transmission

Data sets from the sensors can be transmitted either via a direct cable connection to a local data logger or via a long-distance data transmission line to a remote central server. Local data storage requires intensive support and is therefore best suited for short-term monitoring campaigns. Remote data storage is recommended for long-term sewer monitoring. Concepts for such systems will be described.

- Data validation

Online water quality sensors generate huge quantities of data. Consequently, automated data validation methods are required because the data load would be too large to handle by manual validation alone. However, automated data validation alone also is not advised because it generally is not possible to define all potential errors and measurement phenomena in advance when programming the software. It is better to perform automated pre-validation screening followed by a manual check of all data classified as questionable during screening. Proposed automated pre-validation screening methods will be discussed in this report.

After reviewing the information from institutes and individuals with previous experience monitoring combined sewer overflows, we found that no standard for the design and operation of online water quality monitoring sites exists. Four key points must be considered when planning the monitoring sites:

- Specific local conditions
- Study objective
- Feasibility of the maintenance workload
- Budget.

Previous monitoring campaigns have generated a knowledge base that can facilitate the planning and design of future monitoring stations. Existing knowledge on the use of sensors for online sewer monitoring, particularly UV-VIS and ion-selective sensors, is summarised in this report. The in-depth experience with online sensor calibration in complex media such as wastewater and combined sewer systems has yielded "standard" sensor calibration methods that can be directly extended to other studies. This knowledge base allows for more efficient planning of online sewer monitoring system operation and maintenance. Certain aspects, however, must be adapted to specific local conditions, particularly the local wastewater matrix. Researchers have already learned valuable lessons on the management of sewer monitoring systems under extremely variable hydraulic conditions, ranging from the very small discharges occurring during dry weather flow (DWF) to very large discharges during wet weather flow (WWF). The data transmission technology currently available for transmission of the collected data is very advanced, reflecting recent developments in the entire field of information technology. Regarding data calibration, new developments for research and operational applications are currently in the pipeline.

As shown in this report, online water quality monitoring has many advantages over the conventional method of sample collection with subsequent laboratory analysis. Online water quality monitoring permits quasi continuous data recording, elucidating highly dynamic processes within the sewer system. Technical requirements for online water quality monitoring systems are high but necessary for the generation of high-quality data sets that can be used with confidence.

Résumé (Français)

MONITOR-1 Surveillance en continu des déversoirs d'orage et des eaux réceptrices

Contact KWB: Pascale Rouault

Sous-étude: Surveillance en continu de la qualité de l'eau des rejets du réseau unitaire

Au sein du projet MONITOR-1, l'effet immédiat des rejets du réseau unitaire en temps de pluie sur les eaux réceptrices est étudié dans le but de développer un outil de gestion des eaux du réseau unitaire se basant sur des critères d'impact sur les eaux réceptrices (critères d'imitations).

Une campagne de surveillance qui se déroulera de façon parallèle au niveau du canal de rejet et au sein de la rivière Spree permettra d'identifier dans quelle mesure les rejets du réseau unitaire affectent la qualité de l'eau de la rivière Spree. Lors de cette campagne de surveillance les débits des rejets et des paramètres de qualité de l'eau seront mesurés.

Etant donné que ce projet se concentre sur les effets immédiats, des sondes en ligne seront utilisées pour mesurer les paramètres de qualité de l'eau. Elles permettent de mesurer ces paramètres avec une très haute résolution temporelle. On parle alors de mesures « quasi-continues ». Il est possible de mesurer avec des sondes en ligne des paramètres choisis tels que la DBO, la DCO, la concentration en ammonium ou les paramètres classiques la température, le pH, la conductivité et la concentration en oxygène dissous. L'utilisation de sondes en lignes pour la mesure de paramètres de qualité de l'eau des rejets du système unitaire est peu répandue, car :

- Il n'existe pas de loi obligeant à mesurer les émissions du système unitaire
- De telles campagnes nécessitent beaucoup d'entretien, surtout si l'on cherche à obtenir des données de bonne qualité. Cet effort de maintenance est justifié par les caractéristiques du milieu (graisses, corps étrangers) ainsi que par la difficulté à accéder au point de mesure.

Ce rapport témoigne des expériences réalisées avec des sondes en ligne pour la mesure de paramètres de qualité de l'eau. Ces expériences seront prises en compte lors de la planification de la campagne de surveillance des rejets du système unitaire prévue sur Berlin afin de définir un design et une exploitation adaptés aux besoins.

Les expériences de neuf projets européens sont considérées, il s'agit de projets au sein desquels des campagnes de surveillance ont été effectuées afin d'obtenir des informations sur les rejets du réseau d'assainissement unitaire, des eaux usées ou eaux mixtes. Ces expériences appartiennent au domaine de la recherche ou sont conduites par des bureaux d'étude. Ce rapport est le fruit d'un échange intensif avec des experts qui ont eux même planifié et conduit des campagnes de surveillance et de la visite de deux sites issus de la recherche, celui de Graz (projet IMW, Autriche) et celui de Lyon (projet OTHU, France).

Les projets sont décrits de façon systématique. Leur but, les méthodes de mesure et les sondes utilisées sont rapportés ainsi que leurs méthodes d'exploitation, c'est à dire d'étalonnage, de maintenance, de transmission des données et leur validation.

La description systématique des projets est ensuite utilisée afin de faire le point sur les aspects suivants des campagnes de surveillance:

- Objectif des campagnes de surveillance

Les motifs pour la conduite d'une campagne de surveillance sont multiples. Les campagnes faisant l'objet de ce rapport peuvent être classées en trois catégories :

- Questions techniques visant à l'amélioration du système d'assainissement
- Questions visant à l'amélioration de l'exploitation
- Respect des réglementations en vigueur

Au niveau de la recherche d'autres aspects sont étudiés tels que l'optimisation de l'exploitation des sondes en lignes (étalonnage, validation des données).

- Critères à prendre en compte pour le choix de la localisation du site de mesures

Un grand nombre de critères doit être pris en compte lors de la recherche de la localisation du point de mesure telles que la représentativité du point de mesures, la sécurité du matériel et du personnel, la facilité d'accès....Il est très difficile de définir un site pour lequel tous les critères soient réunis, il s'agit alors de trouver un bon compromis.

- Capteurs immergés ou en bac de dérivation

La méthode de mesurage (capteurs immergés ou en bac de dérivation) est une question centrale pendant la conception d'une campagne de surveillance. La décision dépend en premier lieu des conditions locales imposées par le site choisi. Les avantages et inconvénients des deux méthodes possibles de mesurage sont expliqués dans ce rapport.

- Etalonnage des sondes

Il est envisagé d'utiliser des spectromètres et des sondes ISE pendant le projet MONITOR. Ces sondes ont leurs propres méthodes et fréquences d'étalonnage, celles-ci sont présentées dans ce rapport. D'avantage de renseignement à ce sujet sont inclus dans le rapport sur le test de sondes de Rettig et al. (2009).

- Transmission des données

L'acquisition des données peut se faire de façon locale ; les données peuvent aussi être transmises à distance à un serveur central. Une acquisition locale implique un encadrement intensif, elle est plus adaptée à des campagnes de courte durée. Une transmission des données à distance est conseillée pour des campagnes de longue durée. Un concept pour une transmission de données à distance est présenté dans ce rapport.

- Validation des données brutes

Le nombre de données brutes mesurées lors de campagnes avec des sondes en ligne est immense. Une validation manuelle de ces données est une opération fastidieuse, il est conseillé de procéder à une validation automatique des données. En revanche une validation entièrement automatique est déconseillée car il est impossible de prévoir à l'avance tous les phénomènes provoquant des données erronées. Il est donc judicieux de procéder à une validation semi-automatique des données puis de vérifier les données douteuses manuellement. Un protocole de pré-validation est proposé dans ce rapport.

L'échange avec des universitaires ou des personnes ayant acquis de l'expérience dans le domaine des campagnes de surveillances des rejets du système unitaire a montré qu'il n'existe pas de station de mesure standardisée que cela soit pour ce qui est du design du point de mesure ou de l'exploitation du site. Pour la conception d'un site de mesure les points suivants doivent être pris en considération:

- Les conditions locales,
- L'objectif de la campagne,
- L'intensité de l'encadrement possible à fournir puis en dernier ou premier lieu
- Le budget disponible.

Les campagnes de surveillance qui ont été réalisées jusqu'à présent simplifient la planification et le design de nouvelles stations de mesure avec des sondes en ligne. Un savoir faire sur l'art de manipuler les sondes, notamment les spectromètres et les sondes ISE a été acquis. Les efforts faits afin d'étalonner les sondes dans des milieux difficiles tels que dans des eaux usées ou mixtes ont permis de développer des protocoles d'étalonnage pouvant être utilisés pour de nouvelles applications. L'exploitation et la maintenance peuvent être planifiées de façon plus efficace, même si il faut les adapter aux conditions locales mais surtout au milieu. Les expériences déjà faites en ce qui concerne l'art de procéder avec des conditions hydrauliques très variables, allant de débits très faibles par temps sec jusqu'à des débits importants par temps de pluie, sont précieuses. Les technologies pour la transmission de données sont déjà disponibles grâce aux dernières évolutions faites dans ce domaine. Les techniques et méthodes d'étalonnage évoluent grâce aux expériences venant du domaine de la recherche et des applications diverses.

Ce travail rappelle aussi les avantages qu'a une mesure des paramètres de qualité de l'eau en ligne par rapport à un échantillonnage puis une analyse en laboratoire. Des mesures en continu (quasi-continu) permettent de gagner des informations sur des phénomènes à évolution très rapide. L'effort à fournir pour obtenir des séries de données de bonne qualité et exploitables reste néanmoins non négligeable.

Abstract (German)

MONITOR-1 Monitoring von Mischwasserüberläufen und betroffenen Gewässern

Kontakt im KWB: Pascale Rouault

Teilstudie: Monitoring von Wassergüteparametern an Mischwasserüberläufen

Im Rahmen des Projektes MONITOR-1 wird die akute Auswirkung von Mischwasserüberläufen auf die Stadtspreewasser untersuchen, mit dem Ziel, ein modellbasiertes Werkzeug für immissionsorientiertes Mischwassermanagement zu entwickeln.

Inwiefern die Mischwasserüberläufe die Wassergüte des betroffenen Gewässers Stadtspreewasser beeinträchtigen, soll durch ein Monitoring erfasst werden, das parallel im Kanal und im Gewässer stattfinden wird. Bei diesem Monitoring sollen Wassergüteparameter und Durchflüsse überwacht werden.

Da die akuten Auswirkungen im Fokus des Projektes stehen, bietet sich der Einsatz von Onlinesonden zur Messung von Gewässergüteparametern an. Sie ermöglichen die Messung von Gewässergüteparametern mit sehr hoher zeitlicher Auflösung. Solche Messungen werden auch als quasi-kontinuierliche Messungen bezeichnet. Es sind allerdings ausgewählte Wasserqualitätsparameter mit Online Sonden messbar, wie die Kohlenstoffparameter, die Ammonium-Konzentration oder die klassischen Parameter Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt.

Der Einsatz von Online Sonden für die Messung von Gewässergüteparametern an Mischwasserüberläufen ist bisher wenig verbreitet, da:

- es keine gesetzlichen Verpflichtungen zur Messung der Mischwasseremissionen gibt und
- der Wartungsaufwand eines solchen Monitorings hoch ist, insbesondere wenn Datensätze mit hoher Qualität aufgenommen werden sollen. Der hohe Aufwand ist durch die Beschaffenheit des Mediums (Fette, Grobstoffe), die aggressive Messumwelt und die häufig begrenzte Zugänglichkeit der Messorte bedingt.

In diesem Bericht sind Erfahrungen zusammengetragen, die mit Online Sonden zur Messung von Gewässergüteparametern in der Mischwasserkanalisation gesammelt wurden. Diese Erfahrungen werden bei der Planung des Kanalmonitorings an der Stadtspreewasser in Berlin berücksichtigt, um eine geeignete Lösung für den Bau und den Betrieb der Anlage zu definieren.

Es wird über neun europäische Projekte informiert, die sich mit der Online Messung von Gewässergüteparametern an Mischwasserüberläufen, in der Mischwasser- oder in der Schmutzwasserkanalisation befassen. Erfahrungen mit solchen Überwachungskampagnen liegen im Forschungs- und teils im Ingenieurbereich vor. Der Bericht ist das Ergebnis eines intensiven Austausches mit Experten, die Monitoringkampagnen geplant und durchgeführt haben, und der Besichtigung von zwei Monitoringstationen aus dem Forschungsbereich. Dabei handelt es sich um die Stationen in Graz (Projekt IMW, Österreich) und in Lyon (Projekt OTHU, Frankreich).

Die identifizierten Projekte sind in einer standardisierten Form beschrieben. Es wird über die Ziele, die Messkonzepte und die verwendeten Online Sonden berichtet. Auch die Merkmale der Kampagnen bezüglich des Betriebes der Online Sonden, das heißt der Kalibrierung und Wartung der Sonden, der Datenübertragung und -validierung werden dargestellt.

Die systematische Beschreibung der Projekte wird dann verwendet, um folgende Aspekte der Überwachungskampagnen zu beleuchten:

- Ziel der Monitoring Projekte

Die unterschiedlichen Motive für die Durchführung eines Monitorings von Mischwasserüberläufen werden dargestellt. Die in diesem Bericht beschriebenen Kampagnen können in folgende Kategorien zusammengefasst werden:

- Technische Fragestellungen zur Weiterentwicklung des Abwassersystems
- Betriebliche Fragestellungen
- Einhaltung von Regelungen und behördlichen Vorschriften

Im Forschungsbereich werden zusätzliche Aspekte untersucht, wie die Optimierung des Betriebes von Online Sonden (Kalibrierung, Datenvalidierung).

- Kriterien für die Wahl des Standortes.

Eine Vielfalt an Kriterien (Repräsentativität des Standortes, der Wassermatrix, Gewährleistung der Arbeitssicherheit, Einfache Zugänglichkeit...) ist bei der Suche nach einer geeigneten Messstelle zu berücksichtigen. Da es selten möglich ist, alle Kriterien zu erfüllen, muss für die ausgewählte Messstelle häufig ein Kompromiss gefunden werden.

- Bypassmessung/ Direktmessung

Eine Kernfrage bei der Planung einer Messstelle ist die der Messmethode, d.h. ob eine Direktmessung oder eine Bypassmessung gewählt wird. Die Entscheidung hängt im Wesentlichen von den lokalen Randbedingungen ab. Im Bericht erfolgt eine Erläuterung der Vor- und Nachteile der beiden Methoden.

- Sondenkalibrierung

Die Sonden, die bei der Umsetzung des Projektes MONITOR verwendet werden sollen, sind optische Sonden und ionenselektive Sonden. Diese Sonden müssen mit unterschiedlichen Methoden und Häufigkeiten kalibriert werden. Es werden in diesem Bericht einführende Hinweise gegeben. Ausführlichere Informationen finden sich im Projektbericht über den Test von Online Sonden (Rettig et al. 2009).

- Datenübertragung

Die Datenspeicherung kann lokal vor Ort vorgenommen werden oder über ein geeignetes Netzwerk (DFÜ) auf einem zentralen Server erfolgen. Eine lokale Datenspeicherung bedeutet eine intensive Betreuung, sie eignet sich eher für kurze Messkampagnen. Für eine lange Messkampagne wird eine Datenfernübertragung empfohlen. Konzepte dafür sind vorgestellt.

- Datenvalidierung

Durch die große Menge von Daten, die mit Online Sonden erhoben werden können, besteht die Notwendigkeit einer automatischen Validierung der Daten, da eine manuelle Validierung alleine zu viel Zeit in Anspruch nehmen würde. Allerdings wird von einer vollständigen automatischen Validierung der Messdaten abgeraten, da in der Regel nicht alle möglichen Fehler und Messphänomene im Voraus bekannt sind und definiert werden können. Es wird empfohlen, eine automatische Vorvalidierung (Filterung) der Daten durchzuführen und dann nur noch die als unsicher bewerteten Daten manuell zu prüfen. Vorschläge für eine automatische Vorvalidierung werden im Bericht vorgestellt.

Der Austausch mit Instituten und Personen, die mit dem Monitoring von Mischwasserüberläufen Erfahrung gesammelt haben, zeigt, dass es keinen Standard für die Einrichtung und den Betrieb von entsprechenden Messstellen gibt. Bei der Konzeption müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

- die örtlichen Randbedingungen,
- die Zielstellung der Untersuchung,
- der leistbare Betreuungsaufwand und zuletzt oder zuerst
- das Budget.

Die bisher durchgeführten Messkampagnen leisten ihren Beitrag dazu, das Design von weiteren Monitoringstationen zu vereinfachen. Über den Umgang mit Online Sonden, insbesondere mit UV-VIS Spektrometern und ionenselektiven Sonden wurde das vorhandene Know-how zusammengefasst. Die intensive Auseinandersetzung mit der Kalibrierung der Sonden im schwierigen Medium Abwasser bzw. Mischwasser haben dazu geführt, dass „standardisierte Verfahren zur Kalibrierung“ für weitere Untersuchungen direkt übernommen werden können. Auch der Betrieb und die Wartung der Anlagen können jetzt effizienter geplant werden, auch wenn diese an die lokalen Randbedingungen angepasst werden müssen, insbesondere an die Abwassermatrix. Auch für den Umgang mit den sehr unterschiedlichen hydraulischen Bedingungen, von sehr kleinen Abflüssen während Trockenwetter bis zu sehr hohen Abflüssen während Regenwetter, sind die schon gewonnenen Erfahrungen wertvoll. Die verfügbaren Technologien im Bereich der Datenübertragung sind entsprechend der jüngeren Entwicklung im gesamten IT Bereich weit fortgeschritten. Zur Datenkalibrierung laufen derzeit Entwicklungen sowohl im Forschungs-, wie auch im Anwendungsbereich.

Diese Arbeit zeigt auch, dass die Online-Messung von Wasserqualitätsparametern viele Vorteile gegenüber der herkömmlichen Probenahme mit anschließender Laboranalyse hat. Sie ermöglicht durch eine quasi-kontinuierliche Datenaufnahme Informationen über hoch dynamische Prozesse zu gewinnen. Insbesondere der Betriebsaufwand ist jedoch hoch und die Voraussetzung für die Erhebung von Daten hoher Qualität, das heißt von Daten, die verlässlich genutzt werden können.

Acknowledgements

Mein ganz besonderer Dank gilt Günter Gruber (TU Graz, Österreich) und Jean-Luc Bertrand-Krajewski (INSA de Lyon, Frankreich) für den wunderbaren Empfang, den sie uns bereitet haben. Der Austausch vor Ort war eine außerordentliche Bereicherung für die Planung und die Vorbereitung der Gewässergütemessstellen in Berlin. Mit ihren langjährigen Erfahrungen im Kanalmonitoring sowie ihrer offenen Art und ihrer Bereitschaft, trotz vollgefügter Terminkalender, Ihre Anlagen im Detail zu zeigen und zu erläutern, bleiben diese Besuche als besondere Erlebnisse in Erinnerung.

Ich möchte mich bei Kai Klepiszewski (CRTE Luxembourg), bei Holger Hoppe (Dr. Pecher AG) und Ulrich Dittmer (Universität Stuttgart) ganz herzlich bedanken. Sie haben aus ihrer umfangreichen wertvollen Erfahrung über die Projekte berichtet, die für mich von Interesse waren, sie waren offen für Fragen, gaben Rat und nahmen die Zeit, um meine standardisierten Fragebögen geduldig auszufüllen. Vielen Dank auch an Remy Schilperoort (TU Delft) für die Informationen über das Monitoring in Eindhoven.

Ein Bravo an alle zuvor genannten, sie haben nicht nur über die Erfolge und tolle Ergebnisse berichtet, die sie im Laufe der Zeit im Kanalmonitoring sammeln konnten, sondern auch über die Schwierigkeiten und Fehler. Dies wird uns hoffentlich ermöglichen, ein paar dieser Fehler zu vermeiden.

Table of Contents

1	Einleitung.....	1
2	Online Monitoring von Mischwasserüberläufen	3
2.1	Projekt OTHU - Observatoire de terrain en hydrologie urbaine, Lyon (Frankreich)	5
2.2	Projekt IMW, Messstation Graz.....	6
2.3	Homburg-Bröl, Deutschland.....	8
2.4	Tholey-Sotzweiler, Deutschland.....	10
2.5	Dudelange, Luxemburg.....	10
2.6	Odenthal, Deutschland.....	11
2.7	Bochum, DFG Forschungsprojekt, Deutschland.....	12
2.8	Eindhoven, Niederlande.....	13
2.9	Wuppertal, Deutschland.....	15
2.10	Parametermessungen Wuppertal	15
3	Auswertung der Projekte.....	16
3.1	Ziel der Monitoring von Mischwasserüberläufen.....	16
3.1.1	Technische Fragestellungen zur Weiterentwicklung des Abwassersystems	16
3.1.2	Betriebliche Fragestellungen.....	17
3.1.3	Einhaltung von Regelungen und behördlichen Vorschriften.....	17
3.2	Kriterien für die Wahl des Standortes	17
3.3	Bypassmessung/ Direktmessung.....	18
3.4	Sondenkalibrierung	20
3.4.1	Kalibrierung von optischen Sonden	20
3.4.2	Kalibrierung von ionenselektiven Sonden.....	21
3.5	Datenübertragung	21
3.6	Datenvalidierung	23
4	Zusammenfassung.....	25

1 Einleitung

Im Rahmen des Projektes MONITOR wird die akute Auswirkung von Mischwasserüberläufen auf die Stadtspreewasserversorgung untersucht, mit dem Ziel, ein modellbasiertes Werkzeug für immissionsorientiertes Mischwassermanagement zu entwickeln.

Die theoretischen Voruntersuchungen, die bezüglich der immissionsorientierten Bewertung von Mischwasserentlastungen in Tieflandflüssen am Kompetenzzentrum Wasser Berlin im Rahmen des ISM-Projektes durchgeführt wurden (s. Leszinski et al., 2007), haben gezeigt, dass die akute Beeinträchtigung des langsam fließenden Gewässers „Stadtspreewasserversorgung“ vorrangig durch Ammoniaktoxizität und Sauerstoffmangel hervorgerufen wird.

Inwiefern die Mischwasserüberläufe die Wassergüte des betroffenen Gewässers Stadtspreewasserversorgung beeinträchtigen, soll durch ein Monitoring erfasst werden, das parallel im Kanal und im Gewässer stattfinden wird. Bei diesem Monitoring sollen Wassergüte- und Quantitätsparameter überwacht werden. Damit wird geklärt:

- welche Frachten aus dem Mischwasserkanal an einer Haupteinleitung emittiert werden und
- welchen Einfluss diese auf die Gewässergüte der Stadtspreewasserversorgung haben.

Da die akuten Auswirkungen im Fokus des Projektes stehen, bietet sich der Einsatz von Onlinesonden zur Messung von Gewässergüteparametern an. Sie ermöglichen die Messung von Gewässergüteparametern mit sehr hoher zeitlicher Auflösung. Solche Messungen werden auch als quasi-kontinuierliche Messungen bezeichnet. Es sind allerdings ausgewählte Wasserqualitätsparameter mit Online Sonden messbar, wie die Kohlenstoffparameter, die Ammonium-Konzentration oder die klassischen Parameter Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt.

Der Einsatz von Online Sonden für die Messung von Gewässergüteparametern an Mischwasserüberläufen ist bisher wenig verbreitet, da:

- es keine gesetzlichen Verpflichtungen zur Messung der Mischwasseremissionen gibt und
- der Wartungsaufwand eines solchen Monitorings hoch ist, insbesondere wenn Datensätze mit hoher Qualität aufgenommen werden sollen. Der hohe Aufwand ist durch die Beschaffenheit des Mediums (Fette, Grobstoffe), die aggressive Messumwelt und die häufig begrenzte Zugänglichkeit der Messorte bedingt.

Es existiert kein Standard für die Überwachung von Gewässergüteparametern mit online Sonden, obwohl der Bedarf dafür bereits erkannt ist (Rieger und Vanrolleghem, 2007). Der Bedarf wird dadurch begründet, dass Probleme beim Monitoring immer wieder aus einer Vielfalt von Gründen auftreten. Die oben genannten Autoren haben aus diesem Grund das Projekt *monEAU* ins Leben gerufen, mit dem Ziel, ein System zu entwickeln, das folgende Eigenschaften besitzen sollte:

- flexibel (für verschiedene Messeinrichtungen an verschiedenen Stellen, unterschiedliche Sensoren und Kommunikationsstandards)

- offen und modular aufgebaut (Software mit Basisfunktion, weitere Funktionen können in Standard Software Sprachen geschrieben und modular hinzugefügt werden)
- ferngesteuert
- Liefert eine Datenbank mit hoher Qualität
- mit automatischer Datenqualitätsüberwachung
- benutzerfreundlich
- proaktives und flexibles Wartungskonzept

Im Rahmen des Projekts MONITOR-1 ist das Monitoring von Mischwasserüberläufen von Interesse.

Ziel dieses Berichtes ist es, Erfahrungen zusammenzutragen, die mit Online Sonden zur Messung von Gewässergüteparametern in der Mischwasserkanalisation gesammelt werden konnten. Diese Erfahrungen werden bei der Planung des Monitorings an der Stadtspre in Berlin berücksichtigt, um die geeignete Lösung für den Bau und den Betrieb zu definieren.

In diesem Bericht wird über Projekte informiert, die sich mit Online Messung von Gewässergüteparametern in der Mischwasser- und Schmutzwasserkanalisation befassen. Erfahrungen mit solchen Überwachungskampagnen liegen im Forschungs- und teils im Ingenieurbereich vor. Der Bericht ist das Ergebnis eines intensiven Austausches mit Experten, die Monitoringkampagnen geplant und durchgeführt haben, und der Besichtigung von Monitoringstationen.

Im zweiten Kapitel werden die identifizierten Projekte in einer standardisierten Form beschrieben. Es wird über ihre Ziele, ihr Messkonzept und die verwendeten Online Sonden berichtet. Auch die Merkmale der Kampagnen bezüglich der Kalibrierung und Wartung der Sonden, der Datenübertragung und -validierung werden dargestellt. Im dritten Kapitel werden die Projekte analysiert, Ziele und einzelne Aspekte des Monitorings mit ihren vor- und Nachteile werden dabei beleuchtet.

2 Online Monitoring von Mischwasserüberläufen

Zuerst wird ein Überblick über die identifizierten Monitoringprogramme an Mischwasserüberläufen oder im Mischwasserkanal zur Ermittlung von Gewässergüteparametern gegeben (Tabelle 2.1). Die Projekte werden dann einzeln beschrieben. Es handelt sich um Projekte, die über einen längeren Zeitraum durchgeführt wurden. Zeitlich kurze Messprojekte wurden hier nicht berücksichtigt, da Messtechnik und –einrichtungen dabei weniger beansprucht werden. Im Rahmen des Projektes MONITOR-1 hingegen sind für die Vorbereitung des Monitorings Langzeiterfahrungen von Bedeutung.

Tabelle 2.1: Überblick der Projekte zur Online Überwachung von Mischwasserüberläufen

Projektname	Durchführende Institution	Zeitraum Überwachungskampagne
Lyon, Frankreich	OTHU (Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine/ Field observatory for urban water management))	Seit 1999
IMW (Innovative Messtechnik in der Wasserwirtschaft) Kanal-Monitoring-Messstation Graz, Österreich	TU Graz, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau	Seit 2002
Homburg-Bröl	Aggerverband Gummersbach Fachhochschule Köln	2 Jahre
Tholey-Sotzweiler	Entsorgungsverband Saar	12.2006-6.2008
Dudelange	CRTE/CRP Henri Tudor und Nivus	5.3.2007-12.4.2007
Odenthal	Ruhr-Universität Bochum	2000-2002 (verschiedene Messungen in diesem Zeitraum)
Bochum (DFG-Forschungsprojekt)	Ruhr-Universität Bochum	1999-2000

Es wird weiterhin über Projekte zur Überwachungen von Wasserquantitäts- und Wasserqualitätsparametern mit online Messtechnik im Abwasserkanal berichtet (Tabelle 2.2).

Tabelle 2.2: Projekte Online Überwachung in der Mischwasser-, bzw. Schmutzwasserkanalisation

Projektort	Durchführende Institution	Zeitraum Überwachungskampagne
Eindhoven	Delft University of Technology	Seit 2007
Einleiterkontrolle	Dr. Pecher AG WSW Energie und Wasser AG	verschieden

Die Monitoring-Stationen von Lyon und Graz (Projekt IMW) wurden im Rahmen dieser Arbeit besichtigt. Der Kontakt zu den Planern bzw. Betreiber von weiteren Messkampagnen wurde aufgebaut, um die Kerndaten der Kampagnen systematisch zusammenzutragen (Ausnahme: Projekt Homburg-Bröl).

Die aufgelisteten Projekte werden in diesem Kapitel kurz erläutert. Die Erläuterungen basieren auf einer Literaturrecherche und dem Austausch mit den Projektverantwortlichen. Die Informationen wurden dabei in einheitlichen Tabellen zusammengetragen, die in der Anlage zu finden sind. Sie beinhalten folgende Informationen:

- Kerndaten der Messkampagne
- Beschreibung der Messstation und des Standortes
- Eingesetzte Online Sonden sowie Angaben zu den Betriebsbedingungen.

Die Informationen konzentrieren sich auf die Fragestellung der Gewässergütemessung, auch wenn bei den meisten Projekten auch andere Parameter gemessen werden.

Es ist darauf hinzuweisen, dass bei einer Messung mit einem Spektrometer im UV-VIS Bereich die Wassergüteparameter nicht direkt bestimmt werden. Die Messungen basieren darauf, dass jede Substanz elektromagnetische Wellen bestimmter Wellenlängenbereiche absorbiert. Die Wellenlänge ist charakteristisch für den jeweiligen Stoff, die Intensität der Absorption für dessen Konzentration. Das Absorptionsspektrum eines Wassers ergibt sich aus der Überlagerung der Absorption der enthaltenen Substanzen. Die gemessenen Absorptionen werden im Rahmen der Gerätekalibrierung ins Verhältnis zu den Ergebnissen einer nasschemischen Analyse gesetzt. Die mit einem Spektrometer gemessenen Werte werden als äquivalente Parameter (CSBeq, BSBeq, DOCEq, TOCEq, AFSeq, NO₃-Neq) bezeichnet. Die Überprüfung der Richtigkeit der Messungen erfolgt mittels Null-Wert Messung in einer bekannten Wassermatrix, dies wird Referenzierung genannt.

2.1 Projekt OTHU - Observatoire de terrain en hydrologie urbaine, Lyon (Frankreich)

Das OTHU Projekt ist das Projekt, in dem über den bisher längsten Zeitraum Erfahrungen im Kanal-Monitoring gesammelt werden konnten. Eine der Monitoring-Stationen dieses Projektes wurde im Rahmen der Vorbereitung für das in Berlin geplante Monitoring besichtigt.

OTHU ist ein Observatorium urbaner Einleitungen und deren Auswirkung auf die Umwelt insbesondere bei Regenwetter. Acht Forschungseinrichtungen und vier operative Partner nehmen teil an der Durchführung dieses Projektes, wie z.B. die INSA de Lyon (Jean-Luc Bertrand-Krajewski).

Die Aktivitäten sind vielfältig, sie konzentrieren sich auf die Regenverteilung, die Wasser- und Schadstoffeinführung aus Einzugsgebieten im Regen- und Trockenwetter, die Auswirkung der Einleitungen auf Boden, Grundwasser und Gewässer, die Wechselwirkung zwischen urbanen und ländlichen Einzugsgebieten und auf die Entwicklung von Strategien für ein nachhaltiges urbanes Wassermanagement.

Fünf Standorte in Lyon und Umgebung wurden für den Bau von Messstationen zum Zweck der Gewässergütemessung gewählt. Weitere Parameter wie z.B. Durchflüsse werden zudem gemessen. Am Standort Ecully wird die Auswirkung von Mischwasserüberläufen auf das betroffene Gewässer untersucht. Bei dem dort untersuchten Mischwasserüberlauf handelt es sich um den Hauptüberlauf in diesem Einzugsgebiet.

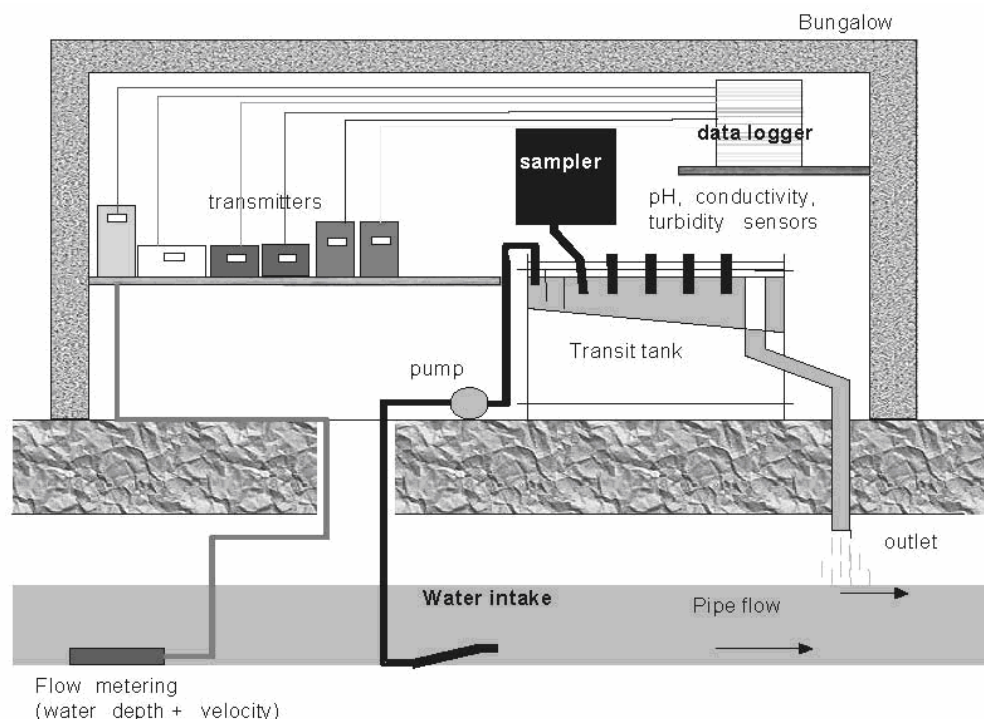


Abbildung 2.1: Schematische Darstellung einer Bypass-Anlage für das Monitoring im OTHU Projekt, aus Barraud et al. (2001)

In Lyon werden alle Messstationen zur Überwachung der Gewässergüte in einem Bypass betrieben, ihr Aufbau ist in Abbildung 2.1 schematisch dargestellt. Sowohl Aufbau wie auch Betrieb wurden im Rahmen des Arbeitspaketes „Messtechnik“ optimiert und standardisiert. Grundlage hierfür waren umfangreichen Untersuchungen, z.B. zur Kalibrierung der verwendeten Online Sonden.

Zur Messung von CSB_{eq} und AFS_{eq} kommen UV-VIS Spektrometer zum Einsatz. Der Spektrometer wurde einmalig über einen Tagesgang kalibriert. Die Daten werden in einem 2-Minuten-Takt erhoben. Neben der automatischen Reinigung mit Druckluft erfolgt eine manuelle Reinigung mit anschließender Referenzierung nach Bedarf oder mindestens wöchentlich. Weiterhin werden Temperatur, Leitfähigkeit, Trübung und der pH-Wert mit Online-Sonden gemessen. Alle Einzelheiten über die Sonden und deren Betrieb sind in der Anlage zu finden.

In „Mesures en hydrologie urbaine et assainissement (Messungen in der Stadthydrologie und Abwasserreinigung)“ (Bertrand-Krajewski et al., 2000) sind Empfehlungen zusammengetragen, die von der Planung bis zum Betrieb von Messanlagen reichen und auf den im Projekt OTHU gewonnenen Erfahrungen basieren.

In diesem Projekt wird auch das Datenmanagement sorgfältig organisiert. Beim Standardmonitoring unterliegen die gewonnenen Daten einer Vorvalidierung in Form von einer Serie von sieben Tests (Mourad, M. and Bertrand-Krajewski, J.-L, 2002). Die Vorvalidierung ist in 3.6 erläutert. Die endgültige Validierung erfolgt manuell.

2.2 Projekt IMW, Messstation Graz

Innerhalb des IMW-Projektes sind mehrere Monitoringstationen zur Messung von Gewässergüterparametern im urbanen Wasserkreislauf errichtet worden. Die Station in Graz (Siehe Abbildung 2.2) befindet sich an einem Mischwasserüberlauf, sie wurde vom Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der Technischen Universität Graz (Günther Gruber) geplant und seitdem auch betreut. Diese Station wurde im Rahmen der Vorbereitung für das in Berlin geplante Monitoring besichtigt, ein ausführlicher Austausch fand statt.

Die Messung von CSB_{eq} , AFS_{eq} , Temperatur und NO_3-N_{eq} erfolgt durch einen in einem Ponton eingebauten UV-VIS Spektrometer. Es handelt sich um eine Direktmessung. Der Ponton ist in der Schmutzwasserrinne des Zulaufkanals montiert, siehe Abbildung 2.3 .

Der UV/VIS Spektrometer wurde anhand einer 24-Stunden Trockenwetter-Messkampagne lokal kalibriert. Während Trockenwetter werden die Daten alle drei Minuten, während Regenwetter jede Minute ermittelt. Zusätzlich zu der automatischen Druckluft-Reinigung wird die Sonde nach Bedarf manuell gereinigt und anschließend referenziert.

Direktmessungen, wie die in Graz, sind nur dann möglich, wenn die verwendeten Sonden eine Ex-Schutz Zertifizierung (ATEX-Produktrichtlinie 94/9/EG) besitzen und somit in der Kanalisation eingesetzt werden dürfen. In Graz erfolgt zusätzlich in einer im Bypass angeordneten Messzelle die Bestimmung von NH_4-N , NO_3-N und des pH-Wertes mittels einer ionenselektiven Sonde. Anzumerken ist, dass die Membranen der

ionenselektiven Sonde regelmäßig ersetzt werden müssen. Weitere Einzelheiten über die Sonden und deren Betrieb sind der Anlage zu entnehmen.

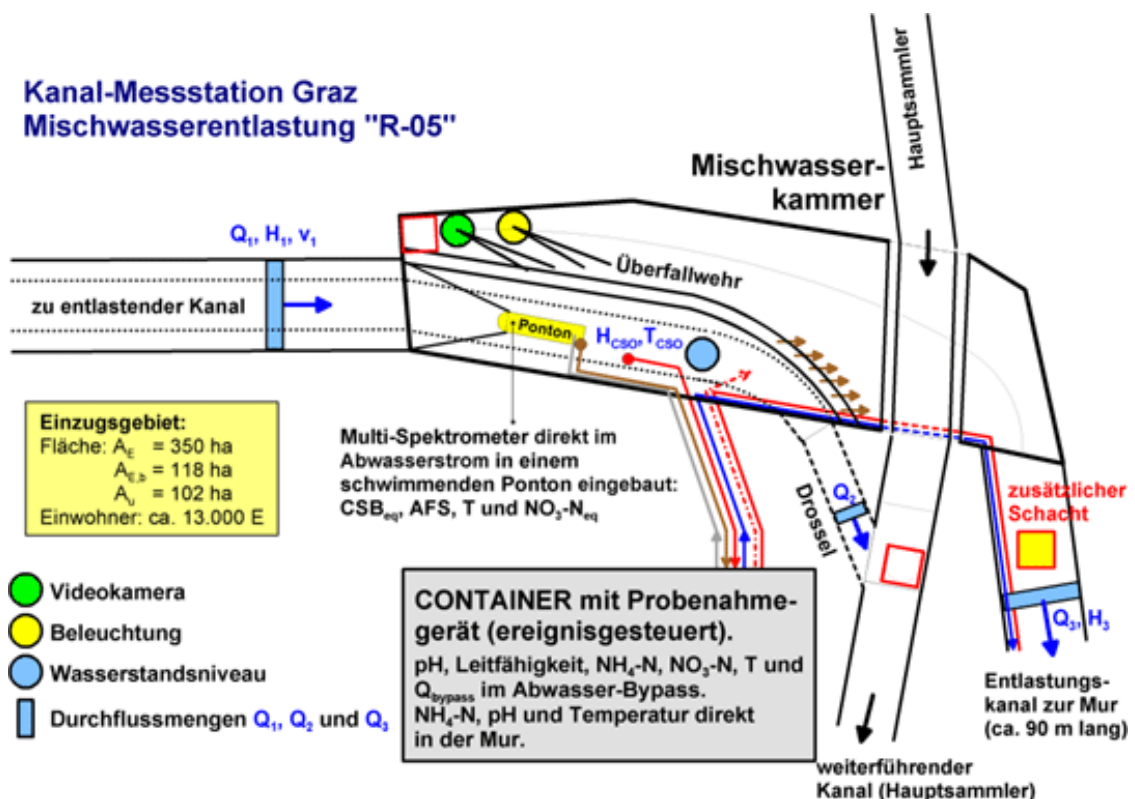


Abbildung 2.2: Übersicht der eingebauten Messsysteme der Monitoring Messtation in Graz , Gruber et al. (2003)

Die Datenübertragung erfolgt zu einer zentralen Messnetzzentrale. Alle Messsysteme sind vor Ort nach Möglichkeit digital über eine Schnittstelle an einem Industrie-PC angebunden. Sensoren, die über keine digitale Schnittstelle verfügen, sondern nur analoge Messsignale liefern, sind über ein analog-digital Modul ebenfalls digital an dem Industrie-PC angeschlossen. Vom Industrie-PC werden die gemessenen Daten je nach Anbindung entweder über ein GSM-Modem, über Breitband oder über ein analoges Modem in regelmäßigen Abständen zur Messnetzzentrale übertragen, wo sie in strukturierter Form in einer Datenbank abgelegt werden. Der Transferspeicher des Industrie-PCs der Messtation in Graz wurde in der Regel einmal pro Stunde zur Messnetzzentrale übertragen. Dort findet die Plausibilisierung der übertragenen Rohdaten und bei Bedarf auch eine Alarmierung der Messtationsbetreiber statt, wenn gewisse vordefinierte Systemzustände verletzt werden.

Eine automatische Messdatenvvalidierung erfolgt zurzeit nicht, soll jedoch in der nächsten Projektphase umgesetzt werden.

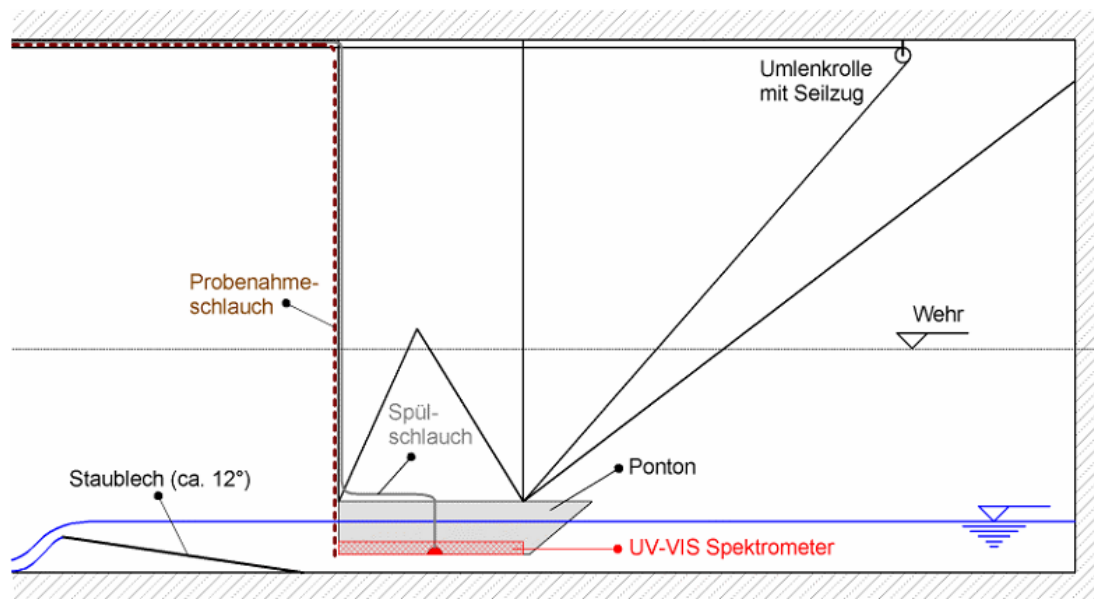


Abbildung 2.3: Schnitt durch den Ponton mit Ansaugschlauch und Seilzug, Gruber et al. (2003)

2.3 Homburg-Bröl, Deutschland

Die Untersuchungen in Homburg-Bröl, durchgeführt vom Aggerverband Gummersbach und die Fachhochschule Köln, haben das Ziel, eine Steuerstrategie für das Kanalnetz und die Kläranlage zu entwickeln. Dabei wurde der Einsatz von Online Messgeräten für die Ermittlung der Parameter Ammonium, CSB_{eq} , pH-Wert und Temperatur getestet.

Es wurde mit ionenselektiven Sonden gearbeitet, um NH_4-N zu messen. Die Praxistauglichkeit bezüglich Messsicherheit unter realen Bedingungen und der erforderliche Wartungsaufwand stellten die wesentlichen Zielgrößen dar. Die Betriebskosten im Dauerbetrieb wurden abgeschätzt. Sonden von vier verschiedenen Anbietern wurden getestet.

Aus Platzgründen wurde für die Messungen in einem Regenüberlaufbecken eine Bypasslösung auf der Höhe der Entlastung gewählt, siehe Abbildung 2.4 und 2.5.

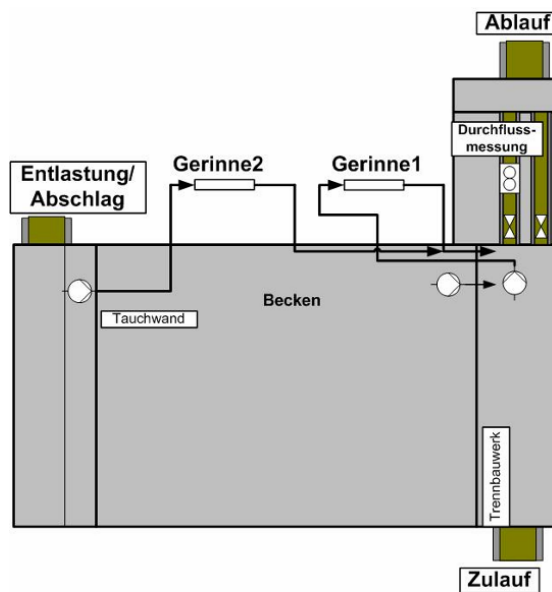


Abbildung 2.4: Aufbau Messstellen im Regenüberlaufbecken., aus Graner et al. (2007)

Es wird berichtet, dass die Membranen der ionenselektiven Sonden häufig ersetzt werden mussten, nämlich alle 7 bis 10 Tage. Die Erfahrungen in Homburg-Bröl haben gezeigt, dass nach verschiedenen Verbesserungsmaßnahmen eine Verfügbarkeit der Daten von 85% der Jahres-Messwerte zu erreichen ist. Die Störanfälligkeit und Wartungsintensität ist im Sommer größer als im Winter, da die Pumpe (Schneidwerkpumpe) im Sommer mehr Feststoffe zerkleinern muss und weniger Flüssigkeit zur Kühlung zur Verfügung steht. Der Betriebsaufwand beträgt 50 bis 70 Stunden/Jahr um eine Messgenauigkeit von +/- 10 % (d.h. ca. +/- 1mg/l vom Messwert) zu erreichen.

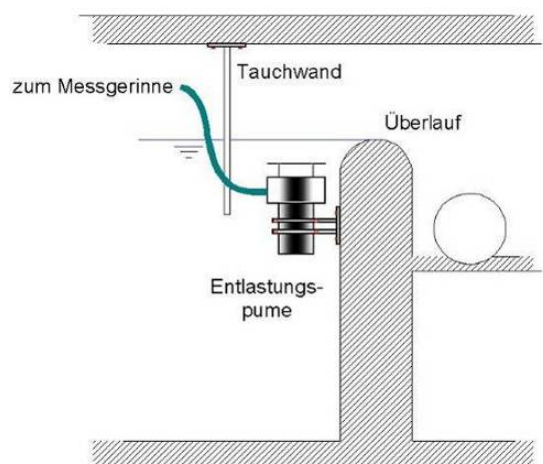


Abbildung 2.5: Links: Foto Messgerinne für Kanal und Entlastung. Rechts: Probenahmestelle Entlastung RÜB. Beide aus Graner et al. (2007)

Es wurde der Schluss gezogen, dass die ionenselektiven Sonden für den robusten Praxisbetrieb geeignet sind, weil sie ohne jegliche Probenvorbereitung auskommen und zuverlässig für eine Kanalnetzsteuerung hinreichend genaue Messwerte liefern.

2.4 Tholey-Sotzweiler, Deutschland

Für den integrierten Betrieb von Kanalnetz und Kläranlage fanden in der Abwasseranlage Tholey-Sotzweiler Untersuchungen zur Steuerung des Mischwasserzuflusses zur Kläranlage statt. Gewässergütemessungen wurden im Zulauf zur Kläranlage und an einem Regenüberlaufbauwerk durchgeführt. Sie wurden zur Kalibrierung von Simulationsmodellen verwendet. Die Untersuchungen erstreckten sich über zwei Jahre und wurden von Entsorgungsverband Saar (EVS), der TU Kaiserslautern / Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft und der NIVUS GmbH durchgeführt. Zur Messung von CSB_{eq} und AFS_{eq} wurde ein UV-VIS Spektrometer verwendet. Das Gerät wurde auf Basis umfangreicher Mischproben kalibriert und im monatlichen Abstand nach der manuellen Reinigung referenziert, die automatische Reinigung lief über Druckluft. Zur Messung von NH_4-N wurde eine ionenselektive Sonde verwendet, die ebenfalls über eine Druckluftreinigung verfügte und im gleichen Abstand wie der Spektrometer gereinigt und kalibriert wurde. Die Kalibrierung erfolgte über eine zwei-Punkt Kalibration. Es handelte sich bei dieser Kampagne um Direktmessungen im Medium. Dabei wurde auch eine Ammonium-Sonde verwendet, die keine Ex-Schutz Zertifizierung besaß, diese wurden jedoch abgeschaltet, sobald über ein Gaswarngerät kritische Gaskonzentrationen gemessen wurden. Die Sonden für die Messung des Regenüberlaufs wurden unmittelbar vor der Entlastungsschwelle montiert. Um eine Trockenlagerung der Ammonium-Sonde zu verhindern lagerte sie während Trockenwetter in einem abgedichteten Rohrstück. Durch einen Schwimmer wurden die Sonden bei Entlastungsereignissen aus dem Behälter herausgehoben. Diese Trockenwetterschutzlösung stellte sich jedoch als unbefriedigend heraus.

2.5 Dudelange, Luxemburg

In Dudelange erfolgten durch das CRTE (Resource Centre for Environmental Technologies) / CRP Henri Tudor und die Firma Nivus Untersuchungen zur Nutzung der Speicherkapazität von großen Abwasserkanälen. Dafür wurden aufwendige Messungen von Durchflüssen und von Gewässergüteparametern an einem Regenüberlauf durchgeführt.

Ein UV/VIS Spektrometer wurde zur Messung von CSB_{eq} , AFS_{eq} verwendet. Er wurde unter einem Schwimmkörper eingebaut (Siehe Abbildung 2.6), so dass Direktmessungen möglich waren. Zusätzlich erfolgte parallel in einem Bypass die Messung von SAK mit einer weiter UV-VIS Sonde. Einzelheiten über die verwendeten Sonden und den Betrieb sind der Anlage zu entnehmen.

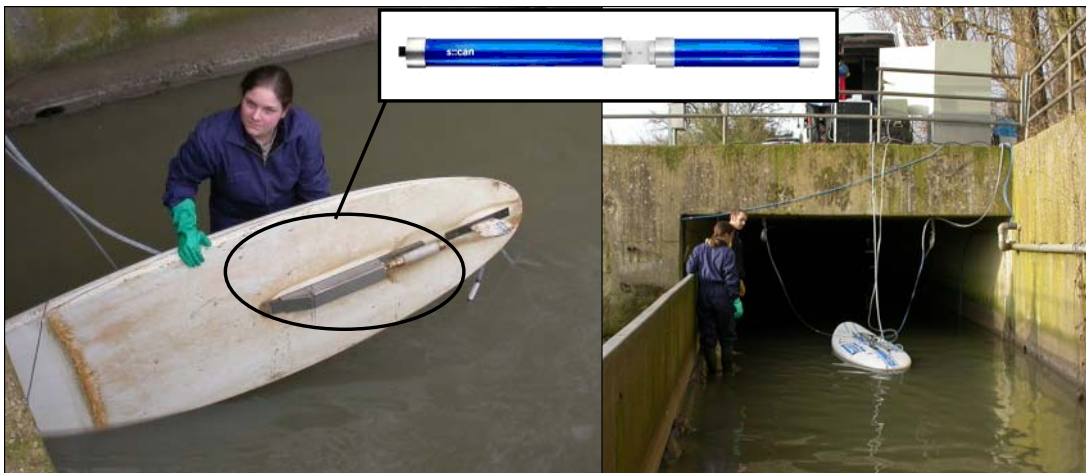


Abbildung 2.6: Unter dem Schwimmkörper (Surfbrett) montierter UV-VIS Spektrometer, Messstelle in Dudelage, http://www.crte.lu/mmp/online/website/function/327/238_EN.html

Die Daten wurden jede Minute erhoben. Eine Kalibrierung der Sonden erfolgte über den Vergleich zu analysierten Proben. Eigene Prozeduren zur Kalibrierung erzielten weit bessere Korrelation als die Kalibrierung mit der Standard-Software des Herstellers. Neben der automatischen Reinigung der Sonden wurde zwei Mal während des einmonatigen Messprogramms manuell gereinigt.

Die Übertragung von Wasserstandsdaten und Regendaten erfolgte über den Abruf über GSM-Modem. Die Daten aus der Durchflussmessung und UV/VIS-Messung wurden lokal ausgelesen.

Die Datenvalidierung erfolgte über den Vergleich mit Trockenwetter-Ganglinien anderer Gemeinden in Luxemburg und über den Vergleich der Trockenwetter-Ganglinie mit Wasserverbrauchsdaten (stündliche Verbräuche). Bei den UV/VIS Sonden erfolgte ein gegenseitiger Vergleich der Messdaten der zwei verwendeten Sonden.

2.6 Odenthal, Deutschland

Das Messprogramm in Odenthal war Teils eines Forschungsprojektes, das die Ziele hatte, die immissionsorientierte Bewertung von Mischwassereinleitungen in empfindliche Lachslaugewässer und die Konzeptionsgrundlage für eine Steuerung Kanalnetz und Kläranlage festzulegen. Die Messungen wurden über zwei Jahre von der Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik und dem Wupperverband durchgeführt.

Während dieses Projektes sind eine Vielzahl von Messungen an verschiedenen Stellen des Abwassersystems durchgeführt worden, im Kanal, in der Kläranlage, im Entlastungskanal eines Regenüberlaufbeckens sowie im Gewässer. Hier wird nur über die Messgeräten berichtet, die im Entlastungskanal des Regenüberlaufbeckens verwendet wurden, siehe Abbildung 2.7. Alle Messungen waren Direktmessungen.

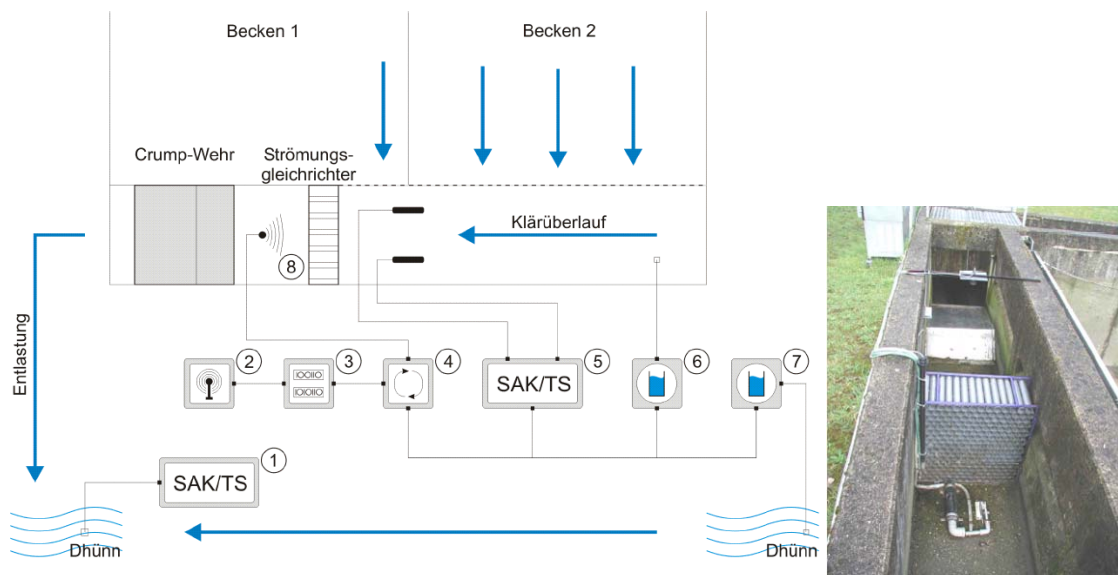


Abbildung 2.7: Links, Messstelleneinrichtung am Ablauf des RÜB (1 SAK / TS Sonde, 2 Modem, 3 Datenlogger, 4 Messwertumformer, 5 SAK / TS Sonde, 6 Probenehmer, 7 Probenehmer mit YSI Sonde, 8 Ultraschallsonde). Rechts, Einbau der Messung im Entlastungskanal des RÜB. Aus Hoppe und Weilandt (2003).

Die Datenerhebung erfolgte jede Minute. Es wurde ein Messkonzept zum Betrieb aller Sensoren aufgestellt, das auch Reinigung und Kalibrierung umfasste. Die bedarfsorientierte Reinigung stand dabei im Vordergrund.

2.7 Bochum, DFG Forschungsprojekt, Deutschland

Das Messprogramm in Bochum war Teil eines Forschungsprojekts der DFG und lief an der Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik. Ziel war es, eine integrierte Kanalnetzsteuerung zu entwickeln auf Grundlage des Stoffaustragsverhaltens eines Stauraumkanals. Die Kampagne lief über zwei Jahre, wobei 20 Ereignisse ausgewertet wurden.

Es wurden Direktmessungen im Mischwasserkanal durchgeführt. Die verwendete Sonde zur Messung des SAK wurde direkt an der Kanalsohle fixiert (Abbildung 2.8). Messwerte wurden alle fünf Minuten erhoben. Einzelheiten über die Messkampagne sind der Anlage zu entnehmen.

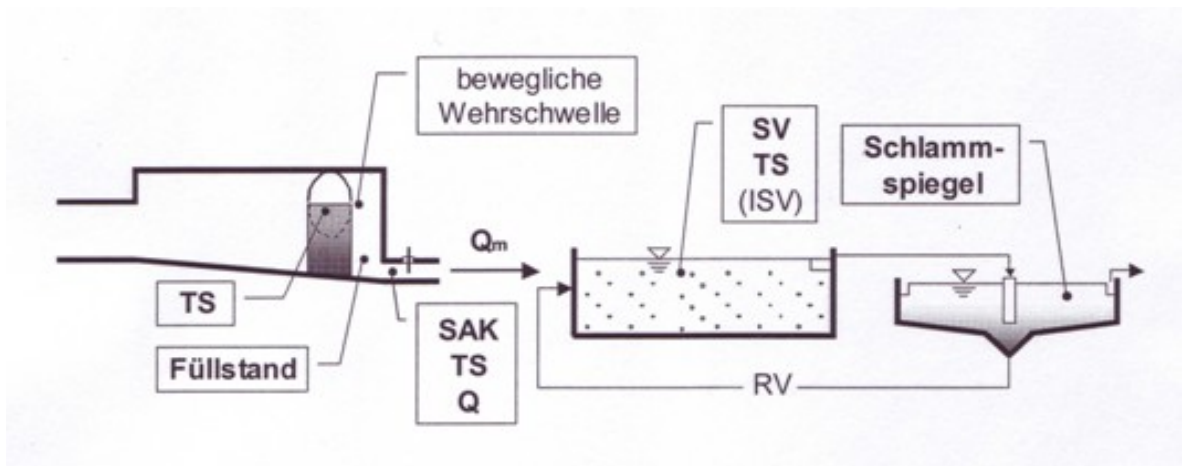


Abbildung 2.8: Prinzip der untersuchten Messtechnik für eine stofforientierte Verbundsteuerung in Echtzeit, aus Grüning und Orth (2004)

2.8 Eindhoven, Niederlande

Das Projekt in Eindhoven dient der Verminderung der Belastung eines Flusses durch Einleitungen aus der Kläranlage und der Mischwasserüberläufe. Es handelt sich um eine Zusammenarbeit zwischen dem lokalen Wasserverband Waterschap de Dommel und der Technische Universität Delft

Ein sehr aufwendiges Programm wird seit 2006 durchgeführt, sechs Messstellen für Gewässergütemessungen im Mischwasserkanal sind in Betrieb. Die Wasserqualität aus den drei Einzugsgebieten sowie innerhalb der Gebiete wird gemessen. Alle Gewässergütemessungen finden in Bypässen statt. Der UV-VIS Spektrometer wurde zur Messung von CSB_{eq} und AFS_{eq} gewählt. Alle Messungen finden im Minutentakt statt.

Ein Überblick über das Entwässerungssystem ist in Abbildung 2.9 gegeben, Angaben zu den Messpunkten sowie -Parameter in Abbildung 2.10. Einzelheiten über Messmethoden und Betrieb der Messungen sind der Anlage zu entnehmen.

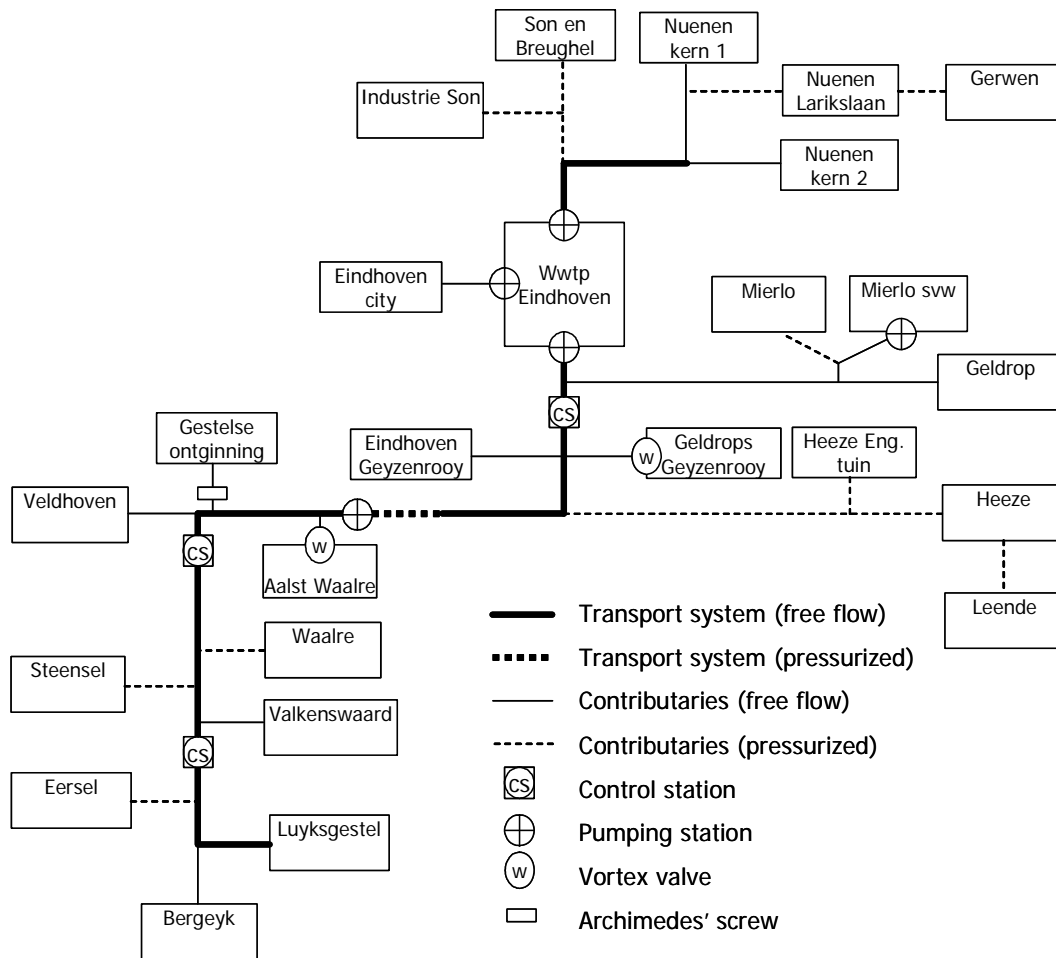


Abbildung 2.9: Entwässerungssystem Eindhoven, Schilperoort et al. 2006.

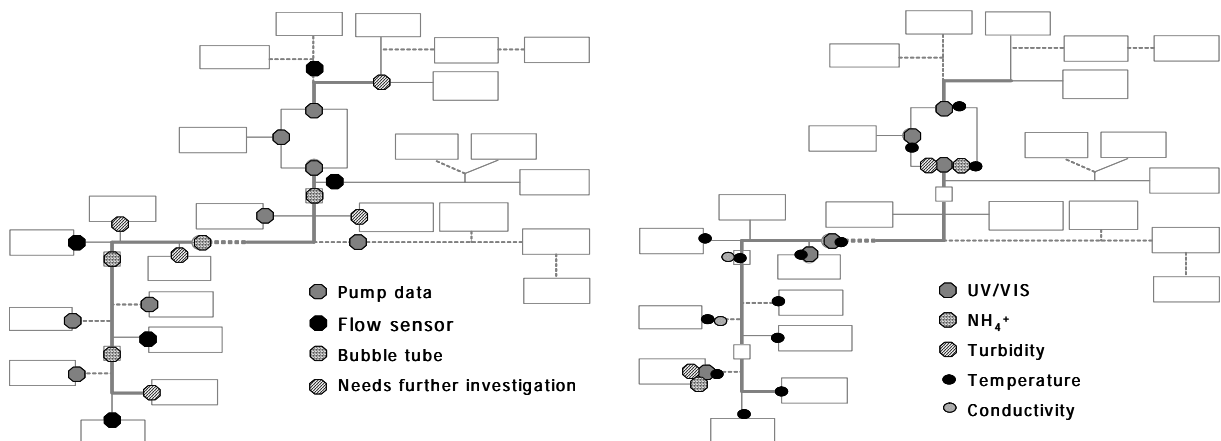


Abbildung 2.10: Überblick Messstellen und gemessene Parameter in Eindhoven, Schilperoort et al. 2006.

2.9 Wuppertal, Deutschland

Im Rahmen eines Messprogramms wird die Wasserqualität einem Schmutzwasserkanal kontrolliert. Ziel dieser Messungen ist es, da das Abwasser eines Neubaugebietes vor der Einleitung in ein benachbartes Kanalnetz zu überwachen. Der Bau eines neuen Kanals für das Neubaugebiet konnte damit vermieden werden. Die Messungen werden seit 2008 von WSW Energie und Wasser AG und dem Ingenieurbüro Dr. Pecher AG durchgeführt.

Zur Erfassung der Stoffkonzentration im Zufluss in das industrielle Kanalnetz ist ein UV-VIS Spektrometer in einer Pumpstation eingebaut. Die Kalibrierung erfolgte über eine Mehrfach-kalibrierung. Die automatische Druckluftreinigung ist ergänzt durch eine manuelle Reinigung alle vier Wochen und anschließende Referenzierung.

2.10 Parametermessungen Wuppertal

In Wuppertal laufen weitere Untersuchungen, bei denen Messgeräte zur kontinuierlichen Erfassung von Abwasserinhaltsstoffen in Kanalisationssystemen seit 2007 zum Einsatz kommen. Die Wuppertaler Stadtwerke AG (WSW) setzen mit dem Ingenieurbüro Pecher AG an unterschiedlichen Stellen im Kanalnetz UV-VIS Spektrometer ein. Das Anwendungsspektrum reicht von Einleiterüberwachungen über den Nachweis der Wirkung von Behandlungsmaßnahmen bis zur Regelung / Steuerung von Abwasserentsorgungssystemen, Grüning und Hoppe (2007).

Es handelt sich nicht um zeitbegrenzte Messkampagnen, sondern um fest installierte, operative Messpunkte. Für den Langzeitbetrieb ist es hier wichtig, dass die Sonden zuverlässig messen und der Wartungsaufwand gering gehalten werden kann. Die Sonden werden für Direktmessungen installiert, es erfolgen zwei sorgfältige Kalibrierungen mit jeweils über 40 Referenzmessungen. Im Betrieb werden die Sonden je nach Einsatzort wöchentlich bis alle vier Wochen gereinigt und teilweise anschließend referenziert. Ein Beispiel für eine installierte Messtechnik ist in Abbildung 2.11 gegeben. Messwerte werden alle 5 Minuten erhoben.



Abbildung 2.11: Parameter- und Durchflussmessung im Kanalnetz (temporäre Messstelle), aus Hoppe et al. (2008)

3 Auswertung der Projekte

Der Projektüberblick, der Austausch mit den Experten, die Monitoring-Stationen geplant und betrieben haben und die Literaturrecherche ermöglichen, die besonderen Merkmale der Projekte zusammenzufassen und auf Vor- und Nachteile der gewählten Lösungen einzugehen. Ziel ist es, Lösungen zu identifizieren, die für das geplante Berliner Monitoring von Mischwasserüberläufen geeignet erscheinen. Es wird auf die verschiedenen Ziele der Überwachung, auf die Gründe für die Wahl einer Direkt- oder einer Bypassmessung, auf die Merkmale des laufenden Betriebes, die Datenkalibrierung, Datenübertragung und die Datenvalidierung eingegangen.

3.1 Ziel der Monitoring von Mischwasserüberläufen

Die Gründe für die Durchführung eines Monitorings von Mischwasserüberläufen oder im Mischwasserkanal können verschieden sein, sie können in drei Hauptkategorien zusammengefasst werden, Bertrand-Krajewski et al. (2000):

- technische Fragestellungen zur Weiterentwicklung des Abwassersystems
- betriebliche Fragestellungen
- Einhaltung von Regelungen und behördlichen Vorschriften

Auch im Forschungsbereich besteht ein Bedarf, sich mit dem Monitoring von Mischwasserüberläufen zu beschäftigen. Ziel ist die Optimierung des Einsatzes von Online Sonden für die Ermittlung von Stoffeinträgen zu erzielen. Der besondere Bedarf liegt in der Verbesserung der Kalibrierung (Graz, Lyon, Dudelange), der Optimierung des Betriebes und der Datenvalidierung.

3.1.1 Technische Fragestellungen zur Weiterentwicklung des Abwassersystems

Das Kanal-Monitoring kann genutzt werden, um die Systemprozesse besser zu verstehen und die Leistung des Systems zu evaluieren. Weiterhin dient ein solches Monitoring als Planungswerkzeug und zur Überprüfung der Wirkungsweise realisierter Maßnahmen zur Verbesserung des Systems. Anhand des Erfahrungsaustausches und der Recherche über das Monitoring von Mischwasserüberläufen wurden folgenden Anwendungen identifiziert:

- Zur Unterstützung der Planung zukünftiger Investitionen in das Entwässerungssystem. In Utrecht z.B. wird das numerische Modell des Abwasserkanals anhand der Monitoring-Daten kalibriert, Szenarien werden dann simuliert, geplante Maßnahmen werden anschließend bewertet und entsprechend umgesetzt.
- Zur Erfassung der Emissionen eines Entwässerungssystems (OTHU, Lyon und Graz). Über Kenntnisse bezüglich der Schadstoffeinträge in das Gewässer können Strategien für ein urbanes Wassermanagement identifiziert werden.
- Zur Unterstützung des Prozessverständnisses, dies gilt für die meisten Projekte.

3.1.2 Betriebliche Fragestellungen

Das Monitoring kann für die Überwachung und das Management betrieblicher Einrichtungen genutzt werden, wie das Füllen oder Entleeren von Speicherbauwerken (z.B. Regenbecken), zur Überwachung des Abwassersystems an kritischen oder repräsentativen Stellen im System, um betriebliche Anomalien zu identifizieren, zur Erstellung betrieblicher Jahresbilanzen, zur Analyse von Funktionsstörungen und ihren Folgen, zur Anpassung des Betriebes und zur Festlegung der notwendigen Wartungen im System. Während des fachlichen Austausches und der Literaturrecherche wurden folgende Anwendungen identifiziert:

- Die Optimierung des Betriebes des vorhandenen Entwässerungssystems erfolgt in Eindhoven, Homburg-Bröl, Tholey-Sotzweiler, Odenthal, Bochum und Dudelage. Zielstellung ist die Verringerung der Belastung der Vorfluter. Die Betriebsoptimierung erfolgt teils mittels integrierter Betrachtung des Kanalnetzes und der Kläranlage, teils mittels Überprüfung der Nutzung von Kanalspeicherkapazitäten im Regenwetterfall.
- Die Unterstützung von betrieblichen Abläufen, wie z.B. durch Abflusssteuerung (real-time control) zur optimalen Nutzung von Speicherraum im Kanal.

3.1.3 Einhaltung von Regelungen und behördlichen Vorschriften

Die behördlichen Auflagen zum Betrieb von Entwässerungssystemen unterscheiden sich von Land zu Land. Teilweise ist vorgeschrieben, Emissionen aus der Mischwasserkanalisation zu messen. Industrieeinleiter müssen je nach Herkunft und Größenordnung überwacht werden. Im Allgemeinen können mit einem Online Monitoring gesetzliche Verpflichtungen kontrolliert werden. Während des fachlichen Austausches und der Recherche wurde folgende Anwendung identifiziert:

- Einleiterüberwachung: In Wuppertal werden die Einträge aus einem Neubaugebiet überwacht, bevor sie in das Kanalnetz eines Industrieunternehmens eingeleitet werden.

3.2 Kriterien für die Wahl des Standortes

Eine Vielfalt an Kriterien müssen bei der Suche nach einer geeigneten Messstelle berücksichtigt werden. Es ist selten möglich, alle Kriterien zu erfüllen. Somit muss für die ausgewählte Messstelle häufig ein Kompromiss zwischen den im Folgenden genannten Kriterien gefunden werden:

- Repräsentativität der Messstelle für die Zielsetzung der Untersuchung, d.h.:
 - des Standortes - Häufigkeit und Verhältnismäßigkeit der zu messenden Ereignisse gegenüber anderen Messstellen
 - der Wassermatrix - gute Durchmischung
- Gewährleistung der Arbeitssicherheit
- Einfache Zugänglichkeit
- Ausreichend Platz zur Aufstellung eines Containers, wenn erforderlich

- Vorhandensein der erforderlichen Infrastrukturen
 - Strom
 - Wasser
 - Internet-/Breitbandanbindung
- Ausreichender Schutz vor Vandalismus, Unauffälligkeit der Messvorrichtung wird empfohlen
- Genehmigungsfähigkeit des Einbaus von Instrumenten in die Kanalisation und des Aufstellen des Containers, wenn erforderlich
- Räumliche Nähe zur Durchführenden Institution (kein Ausschlusskriterium aber hilfreich, da hoher Wartungsaufwand)

Die genannten Kriterien gelten allgemein, je nach Ziel der Untersuchung können weiteren Kriterien wichtig sein.

3.3 Bypassmessung/ Direktmessung

Bei der Planung eines Monitorings müssen im Vorfeld zunächst grundlegende Fragen geklärt werden, wie z.B.

- Was muss gemessen werden (Hydraulik, welche Stoffgrößen)?
- Wo soll gemessen werden?
- Wann, über welchen Zeitraum und in welcher zeitlicher Auflösung?
- Welche Unsicherheiten sind zu erwarten/tolerierbar?

Diese Fragen sind im Wesentlichen abhängig von der Zielsetzung des Monitorings und müssen von Fall zu Fall geklärt werden. Eine Kernfrage ist die der Messmethode, d.h. ob eine Direktmessung (wie in Graz oder Dudelange) oder eine Messung im Bypass (wie in Lyon, Eindhoven) gewählt wird. Die Entscheidung hängt im Wesentlichen von den lokalen Randbedingungen ab. Eine Erläuterung der Vor- und Nachteile der Methoden kann die Wahl der Messmethode erleichtern.

Eine Direktmessung, bei der die Messsonden z.B. an einem Ponton oder direkt an einem Bauwerk befestigt sind, hat den Vorteil, die Mediums-Eigenschaften ohne Zeitverzögerung und in situ zu erfassen. Allerdings ist der Zugang und somit der Einbau und die Wartung der Messgeräte erschwert durch die Notwendigkeit des Einstieges in den Kanal. Bei der Installation von Messsonden in einem zeitweise trocken fallenden Kanalabschnitt besteht die Gefahr von Verkrustungen (Weilandt et al. 2001). Die Installation der Messgeräte im Abwassersystem ist allerdings nur möglich, wenn diese eine Ex-Schutz-Zertifizierung besitzen (ATEX-Produktrichtlinie 94/9/EG). In Homburg-Bröl z.B. waren die eingeschränkten Platzverhältnisse und die geringen Wassermengen maßgebend für die Wahl einer Bypasslösung.

Tabelle 3.1: Vergleich von Direkt- mit Bypass-Messung, angepasst nach Gruber, G., H. Kainz, et al. (2006).

Direktmessung	Bypassinstallation
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensor-Position direkt im Abwassermedium im Kanal (schwimmendes Ponton) ▪ Keine Probenförderung aus dem Kanal erforderlich ▪ Keine zeitliche Verzögerung und Entmischung der Probe durch die Förderung ▪ Messbedingungen sind insbesondere bei Mischwasserabfluss sehr instabil und eine ständige Gefahr für die Sensoren ▪ Gefahr einer Sensorbeschädigung ist hoch ▪ Geringerer Energiebedarf ▪ Nur der Ponton muss gewartet und vor etwaigen Verzapfungen befreit werden, was über einen Seilzug relativ leicht möglich ist ▪ Optischer Messpfad der Sonde muss im Kanal gereinigt werden ▪ Bei Trockenwetter wird sohlnahes, bei Mischwasserabfluss oberflächennahes Abwasser gemessen ▪ Regelmäßiger Zugang in den Kanal zum Ponton erforderlich ▪ Wenn Zugriff durch Schacht nicht möglich, Kernbohrungen für ein Datenkabel, eine Luftleitung und Reinwasserleitung erforderlich ▪ Luftkompressor für die automatische Reinigung des Messfensters erforderlich ▪ Luftdruckspülung ist im Kanal und im Ponton schwieriger zu kontrollieren ▪ Messcontainer empfohlen ▪ Keine Biofouling-Probleme 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensor-Position in einem Proben-durchlaufbehälter außerhalb der Kanalisation ▪ Kontinuierliche Probenförderung aus dem Kanal erforderlich ▪ Zeitliche Verzögerung und möglicherweise Entmischung der Probe durch die Förderung ▪ Messbedingungen für die Sensoren sind sehr stabil und konstant, solange die Probenförderung zuverlässig funktioniert ▪ Gefahr einer Sensorbeschädigung ist gering ▪ Höherer Energiebedarf durch Förderung ▪ Ansaugpunkt des Bypasses und Proben-durchlaufbehälter müssen regelmäßig gewartet werden und vor etwaigen Verstopfungen bzw. Sedimentationen befreit werden ▪ Optischer Messpfad der Sonde kann relativ leicht im Container gereinigt werden ▪ Bei kontinuierlichem Bypass-Betrieb wird immer nur sohlnahes Abwasser gefördert und gemessen, außer bei Verwendung eines flexiblen Ansaugschlauches mit Schwimmer ▪ Zugang zum Ansaugpunkt im Kanal erforderlich (weniger häufig) ▪ Wenn Zugriff durch Schacht nicht möglich, Kernbohrungen für den Ansaugschlauch vom Messcontainer in den Kanal erforderlich ▪ Luftkompressor für die automatische Reinigung des Messfensters erforderlich ▪ Luftdruckspülung ist im Messcontainer relativ leicht zu kontrollieren ▪ Messcontainer unbedingt erforderlich ▪ Biofouling-Vorgänge im Ansaugschlauch ▪ Q-Messung im Bypass empfohlen!

In Tabelle 3.1, angepasst nach Gruber und Kainz (2006) sind die Vor- und Nachteile von Direkt- und Bypassmessungen ausgeführt. Die hier beschriebene Direktmessung erfolgt mit einer Sonde, die an einem Ponton befestigt ist, wobei die meisten Argumente auch für Messgeräte, die an den Bauwerken fixiert sind, gelten. Diese Tabelle zeigt, dass es keine ideale Lösung gibt, die Konsequenzen einer gewählten Lösung müssen allerdings bewusst sein.

Hinweise zur Gestaltung einer Bypasslösung geben Bertrand-Krajewski et al. (2000) in „Mesures en hydrologie urbaine et assainissement“. Es wird dabei auf alle Elemente einer Bypasslösung eingegangen, von den Abmessungen bis zur Wahl des Materials.

Praktische Informationen zur Gestaltung einer Direktmessung sind in Gruber et al. (2004) zu finden.

3.4 Sondenkalibrierung

Sowohl die optischen Sonden wie auch die ionenselektiven Sonden müssen mit unterschiedlichen Methoden und Häufigkeiten kalibriert werden. Ausführliche Informationen werden im Projektbericht über den Test von Online Sonden gegeben (Rettig et al. 2009).

Weilandt et al. (2001) weisen darauf hin, dass zusätzlich zur Kontrolle der Güte der Messungen bei der Sondenkalibrierung auch die Kontrolle der aufgezeichneten Uhrzeit der einzelnen Sonden notwendig ist. Diese Kontrolle muss nach und vor der Reinigung erfolgen. Sie ist die Voraussetzung für eine plausible Verknüpfung der Ergebnisse von Qualitätsmessung mit Abflussmessung.

3.4.1 Kalibrierung von optischen Sonden

Bei den optischen Sonden werden zwei Arten von Kalibrierungen unterschieden:

- Die Kalibrierung, bei der die optischen Messwerte in Verbindung zu den interessierenden Parametern (AFS, CSB. etc.) gesetzt werden. Sie erfolgt anhand eines Vergleichs der optischen Werte, die von der Sonde gemessen werden, mit den Parametern, die im Labor für zeitgleich genommene Proben ermittelt werden. Beispielsweise werden für die Ermittlung von Parametern im Abwasserkanal über einen ganzen Tag verteilt 24 Proben im stündlichen Abstand genommen und zur Kalibrierung herangezogen, um den Wertebereich eines Tagesganges abzudecken. Für Messungen im Mischwasserkanal, bei denen auch der Regenwetterabfluss von Interesse ist, ist eine Kalibrierung anhand der Analyse von Proben, die während und nach einem Regenereignis genommen werden wünschenswert. Ein spezielles Augenmerk muss der Probenahme und der Analysenmethode gewidmet werden (Bertrand-Krajewski et al. 2007 und Hoppe *et al.* 2008). Bei den hier dargestellten Messkampagnen handelte es sich bei der Kalibrierung um eine einmalige Anpassung an die zu messende Wassermatrix zu Beginn des Monitorings.
- Die Referenzierung, bei der die optische Sonde in destilliertes Wasser getaucht wird. So erfolgt die Null-Messung, das heißt eine Kontrolle bzw. Neujustierung

des Null-Wertes. Es handelt sich um eine Kalibrierung, die in regelmäßigen zeitlichen Abständen zur Kontrolle der Messqualität stattfindet. Die Referenzierung in destilliertem Wasser erfolgt je nach Kampagne zwischen zweimal pro Jahr und zusätzlich nach Bedarf (in Graz) bis zu einmal monatlich (bei den meisten Monitoring Projekten). Es werden zusätzliche Referenzierungen durchgeführt, wenn die aufgenommenen Werte fraglich sind, z.B. aufgrund einer erkennbaren Drift des Signals.

3.4.2 Kalibrierung von ionenselektiven Sonden

Bei den ionenselektiven Sonden wird eine Zweipunktkalibrierung empfohlen. Die Sonden werden in Lösungen getaucht, die gemessenen Werte werden festgehalten. Anhand der bekannten Konzentrationen der verwendeten Lösungen erfolgt die Kalibrierung. Im Einsatz erfolgt eine Anpassung an dem Medium (Offset oder Einpunktkalibrierung genannt). In Graz erfolgt die Einpunktkalibrierung alle zwei Wochen und die Zweipunktkalibrierung alle acht Wochen. In Homburg-Bröl erfolgt die Einpunktkalibrierung im wöchentlichen Rhythmus.

3.5 Datenübertragung

Die Datenspeicherung kann lokal vor Ort vorgenommen werden oder über ein geeignetes Netzwerk (DFÜ) auf einem zentralen Server erfolgen.

Bei der lokalen Lösung müssen die Daten regelmäßig ausgelesen werden. Diese Lösung eignet sich eher für kurzzeitige Kampagnen, da zur Qualitätssicherung empfohlen wird, die Daten einer Messkampagne täglich zu prüfen. So sind Datenprobleme schnell erkennbar. Der Aufwand ist entsprechend hoch.

Bei Kampagnen über einen längeren Zeitraum wird die Datenfernübertragung zu einem zentralen Server empfohlen. Dabei werden die von den Onlinesonden gemessenen Daten zunächst lokal gespeichert und von dort aus in regelmäßigen Abständen zu einem zentralen Server übertragen. Die Datenfernübertragung kann über verschiedene Medien erfolgen, entweder über Kabel (Telefonleitung, DSL, etc.) oder über Funk (GSM, GPRS, UMTS, etc.). Auf dem zentralen Server werden die Daten in einer Datenbank gespeichert. Die Datenbank sollte einen einfachen und schnellen Zugriff (über das Internet) und damit eine direkte Bewertung der Daten durch das Projektteam ermöglichen. Die Synchronisation der Uhren der verschiedenen Sensoren ist ein entscheidender Punkt zur Sicherung der Datenqualität. Ein Beispiel für ein Konzept der Datenübertragung zu einem zentralen Server ist in Abbildung 3.1 gegeben.

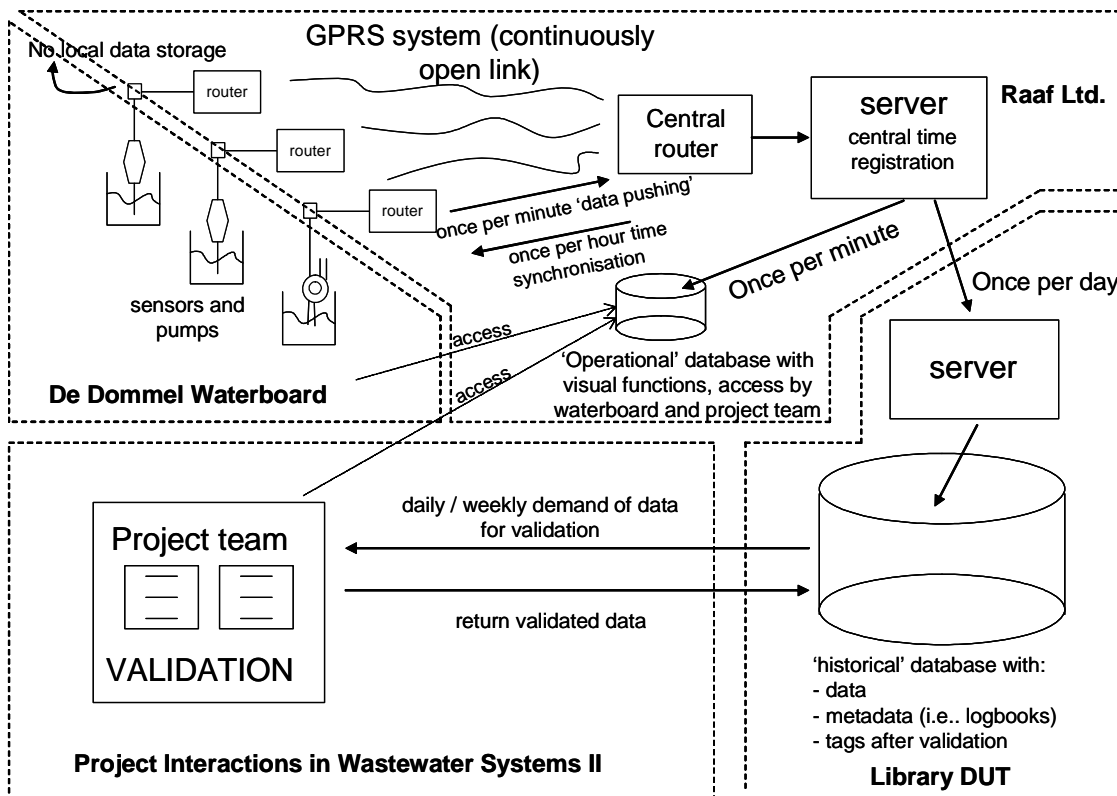


Abbildung 3.1 Datenübertragung, Datenvalidierung in Eindhoven, Schilperoot et al. 2006.

Gruber et al. (2004) erläutert mögliche Ursachen für Datenlücken beim Online Monitoring von Qualitätsparametern im Gewässer in Wien. Viele davon sind auf die Datenübertragung zurückzuführen. Es besteht daher die Notwendigkeit, die Übertragung mit Sorgfalt zu planen und durchzuführen. Die aufgelisteten Gründe sind:

- Ausfall einer Sondensoftware: eine Sondensoftware ist entweder nicht geöffnet, oder sie befindet sich nicht im externen Triggermodus (d.h. keine Datenübertragung zur zentralen Stationssoftware)
- Kabeldefekt zur Messsonde (ausgesteckt): eine/mehrere Messsonde(n) liefert/liefere keine Daten an den lokalen Industrie-PC
- Ausfall des lokalen Industrie-PCs: Es können keine Daten im Industrie-PC gespeichert werden, es ist daher auch keine GSM Verbindung zur Messstation möglich.
- Wartungsarbeiten
- Ausfall eines Sonden-Transmitters
- Ausfall der GSM Verbindung: Daten werden zwar weiterhin im Industrie-PC gespeichert, aber nicht zum zentralen Server transferiert
- Stromausfall: Mit Hilfe eines USV-Gerätes (unterbrechungsfreie Stromversorgung) kann der Betrieb der Station bei Stromausfall z.B. für eine Stunde überbrückt werden, danach schaltet sich der Rechner kontrolliert ab, es werden keine weiteren Daten mehr gespeichert.

3.6 Datenvalidierung

Die Nutzung von zweifelhaften oder falschen Daten kann zu falschen Schlussfolgerungen führen. Dies kann, je nach Zweck des Monitorings, erhebliche Folgen für den Betrieb von Anlagen haben oder zu Fehlplanungen führen. Um eine hohe Datenqualität zu erzielen, sind nicht nur eine sorgfältige Messstellenplanung und Betriebsdurchführung notwendig, sondern auch eine eingehende und gründliche Validierung der Daten.

Durch die große Menge von Daten, die mit Online Sonden erhoben werden können (hohe zeitliche Auflösung, Vielzahl von Signalen pro Zeitstempel), besteht die Notwendigkeit einer automatischen Vorvalidierung, da eine manuelle Validierung allein zu viel Zeit in Anspruch nehmen würde.

Oft erfolgt die manuelle Validierung anhand graphischer Visualisierung. Dies ist eine unrealistische Herangehensweise für Langzeitserien von Daten. Bei kurzen Kampagnen wird aber die manuelle Validierung bevorzugt, da der Aufwand für die Entwicklung/Anpassung eines automatischen Validierungssystems zu groß ist. In Dudelange erfolgte die Validierung manuell über den Vergleich mit Daten aus anderen Messungen oder mit einer Doppelmessung (zwei UV/VIS Spektrometer wurden verwendet).

Unter automatischer Vorvalidierung wird die Einteilung der Messdaten in die Kategorien „richtig“, „fragwürdig“ oder „falsch“ verstanden. Nur die fragwürdigen Daten müssen dann noch manuell validiert werden. Aufgrund des Entwicklungs-/Anpassungsaufwandes lohnt sich eine automatische Validierung jedoch nur für Projekte, die über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden. Ein Standardvalidierungsprotokoll für alle denkbaren Messorte/Sensoren kann es aufgrund der Vielzahl möglicher Applikationen nicht geben. Die Validierungsroutine muss immer an die Wassermatrix und an die lokalen Randbedingungen angepasst werden.

Eine vollständig automatische Validierung der Messdaten mittels entsprechender Software wird nicht empfohlen, da in der Regel nicht alle möglichen Fehler und Messphänomene im Voraus bekannt sind und definiert werden können. Die automatische Validierung kann somit eine kritische visuelle Prüfung nicht vollständig ersetzen.

In Tholey-Sotweiler z.B. erfolgt eine halbautomatisierte Prüf- und Korrekturroutine mit Ausreißer- und Drifterkennung und Bilanzierung auf Grundlage von Regressionsbeziehungen. Bei Projekten über längere Zeiträume, wie in Graz, wurde die Notwendigkeit einer automatischen Validierung erkannt, sie ist für die nächste Projektphase geplant. In Utrecht wurde ein Werkzeug zur automatischen Validierung entwickelt (Van Bijnen und Korving 2008). Täglich werden dort 55.000 Datenobjekte gespeichert. Die Validierung besteht aus einer Gruppe von Tests, wie der Identifizierung von fehlenden Daten und von Werten außerhalb des zu erwartenden Messbereiches. Regressionsmodelle unterstützen die Detektion von Tendenzen. In Lyon (Mourad, M. and Bertrand-Krajewski, J.-L. 2002) erfolgt eine Vorvalidierung mittels einer Serie von sieben Tests. Bei jedem Test wird dem Messwert eine Bewertung zugeordnet, A für „Wert korrekt“, B für „Wert fragwürdig“ und C für „Wert falsch“. Die Endbewertung ergibt sich aus der schlechtesten Bewertung der einzelnen 7 Tests. Diese Methode muss für

jeden Sensor angepasst werden. Für laut Vorvalidierung fragwürdige oder falsche Daten erfolgt die endgültige Validierung manuell. Schließlich sind dann nur noch zwei Zuordnungen möglich, der Wert ist falsch oder richtig.

Die sieben Tests sind:

- 1- Betrieb des Sensors: Check des on/off Modus
- 2- Befindet sich der gemessene Wert innerhalb des möglichen physikalischen Messbereiches?
- 3- Realistischer lokaler Wert?
- 4- Bewertung der Messgüte in Abhängigkeit vom zeitlichen Abstand der Messung zur letzten Wartung. Messungen die kurz nach einer Wartung erfolgen fallen in die Kategorie „richtig“, Messungen, die einen längeren Zeitraum nach einer Wartung erfolgen, fallen in die Kategorie „fragwürdig“.
- 5- Liegt der Gradient der gemessenen Werte im realistischen Bereich?
- 6- Redundanz der gemessenen Werte zwischen 2 Sonden, die den gleichen Parameter am (fast) gleichen Ort messen, wenn vorhanden
- 7- Analytische Redundanz (zwischen 2 Messparametern, die untereinander korrelieren)

4 Zusammenfassung

Der Austausch mit Instituten und Personen, die mit dem Monitoring von Mischwasserüberläufen Erfahrung gesammelt haben, zeigte, dass es keinen Standard für die Einrichtung und den Betrieb von entsprechenden Messstellen gibt. Bei der Konzeption müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

- die örtlichen Randbedingungen,
- die Zielstellung der Untersuchung,
- der leistbare Betreuungsaufwand und zuletzt oder zuerst
- das Budget.

Die bisher durchgeführten Messkampagnen leisten ihren Beitrag dazu, das Design von weiteren Monitoringstationen zu vereinfachen, in dem sie z.B. die Vor- und Nachteile von Direktmessungen gegenüber Bypasslösungen aufgezeigt haben. Über den Umgang mit Online Sonden, insbesondere mit UV-VIS Spektrometern und ionenselektiven Sonden, wurde das schon gewonnene Know-how zusammengefasst. Die intensive Auseinandersetzung mit der Kalibrierung der Sonden im schwierigen Medium Abwasser bzw. Mischwasser haben dazu geführt, dass „standardisierte Verfahren zur Kalibrierung“ für weitere Untersuchungen direkt übernommen werden können. Auch der Betrieb und die Wartung der Anlagen können jetzt effizienter geplant werden, auch wenn diese an die lokalen Randbedingungen angepasst werden müssen, insbesondere an die Abwassermatrix. Auch für den Umgang mit den sehr unterschiedlichen hydraulischen Bedingungen, von sehr kleinen Abflüssen während Trockenwetter bis zu sehr hohen Abflüssen während Regenwetter, sind die schon gewonnenen Erfahrungen wertvoll. Die verfügbaren Technologien im Bereich der Datenübertragung sind entsprechend der jüngeren Entwicklung im gesamten IT Bereich weit fortgeschritten. Zur Datenkalibrierung laufen derzeit Entwicklungen sowohl im Forschungs-, wie auch im Anwendungsbereich.

Diese Arbeit zeigt auch, dass die Online-Messung von Wasserqualitätsparametern viele Vorteile gegenüber der herkömmlichen Probenahme mit anschließender Laboranalyse hat. Sie ermöglicht durch eine quasi-kontinuierliche Datenaufnahme Informationen über hoch dynamische Prozesse zu gewinnen. Insbesondere der Betriebsaufwand ist jedoch hoch und die Voraussetzung für die Erhebung von Daten hoher Qualität, das heißt von Daten, die verlässlich genutzt werden können.

Bibliography

- Aalderink, R.H. & Lijklema, L. (1985): Water quality effects in surface waters receiving stormwater discharges, Water in Urban Areas, TNO Committee on Hydrological Research, Proceedings and Information No. 33, pp. 143 – 159.
- Barraud, S.; Gibert, J.; Winiarski, T. & Bertrand-Krajewski, J.-L. (2001): Impact of a storm infiltration drainage system on soil and groundwater: Presentation of the OTHU project; Proceedings of INTERUBA II, 19 – 22 February 2001, Lisbon, Portugal.
- Bertrand-Krajewski, J.-L., Laplace, D., Joannis, C. and Chebbo, G. (2000). Mesures en hydrologie urbaine et assainissement. Tec et Doc, Paris, France, 794p. ISBN 2-7430-0380-4.
- Bertrand-Krajewski J.-L., Barraud S., Chocat S. (2000). Need for improved methodologies and measurements for sustainable management of urban water systems. Environmental Impact Assessment Review, 20(3), 323-331. ISSN 0195-9255.
- Bertrand-Krajewski J.-L. (2003). Sewer sediment management: some historical aspects of egg-shaped sewers and flushing tanks. Water Science and Technology, 47(4), 109-122. ISSN 0273-1223.
- Bertrand-Krajewski J.-L. (2004). TSS concentration in sewers estimated from turbidity measurements by means of linear regression accounting for uncertainties in both variables. Water Science and Technology, 50(11), 81-88. ISSN 0273-1223.
- Bertrand-Krajewski J.-L., Bardin J.-P., Mourad M., Béranger Y. (2003). Accounting for sensor calibration, data validation, and measurement and sampling uncertainties in monitoring of urban drainage systems. Water Science and Technology, 47(2), 95-102. ISSN 0273-1223.
- Bertrand-Krajewski J.-L., Bardin J.-P., Gibello C. (2006). Long term monitoring of sewer sediment accumulation and flushing experiments in a man-entry sewer. Water Science and Technology, 54(6-7), 109-117. ISSN 0273-1223.
- Bertrand-Krajewski, J.-L., Winkler, S. Saracevic, E. Torres, A. and Schaar, H. (2007): Uncertainties of laboratory and in-sewer measurements of COD in raw sewage. In: Proc. 6th International Conference on sustainable techniques and strategies in urban water management. NOVATECH 2007, Vol. 3, pp. 1433-1440. Lyon, France. ISBN 2-9509337-9-3.
- Bornemann, C., Bernard, M., Rieger, L., Weingartner, A., Hofstädter, F. 2001. Einsatz einer online UV/VIS-Spektrometersonde im Abwasser. 5. Dresdner Sensor Symposium, December 10-12, 2001, Dresden, Germany.
- Butler, D. & Davies, J.W. (2000): Urban Drainage, E & FN Spon publishing, London, United Kingdom, ISBN 0-419-22340-1.
- Fletcher, T D., Deletic, A. (2008): Data requirements for integrated urban water management. Urban Water Series –UNESCO.-IHP- ISSN 1749-0790.
- Graner, M., F. Hoffmann, et al. (2007). Einsatz von Online-Messungen im Kanal und in der Entlastung von Regenüberlaufbecken für Kanalnetzsteuerungen - Ein Erfahrungsbericht. Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen, DWA und VDI/VDE Tagung, Wuppertal.
- Gruber, G., Hochedlinger, M., Kainz, H. (2003). Quantifizierung von Schmutzfrachten aus Mischwasserentlastungen mit Online-Messtechnik, Wiener Mitteilungen.

Gruber, G., S. Winkler, et al. (2004). "Quantification of pollution loads from CSOs into surface water bodies by means of online techniques." *Water Science & Technology* 50 (11), 73-80.

Gruber et al. (2004). *Kanal-Messstation: Aufbau und Betriebserfahrungen*, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Band 42, Innovative Messtechnik in der Wasserwirtschaft., Graz.

Gruber G., Bertrand-Krajewski J.-L., de Bénédictis J., Hochedlinger M., Lettl W. (2006). Practical aspects, experiences and strategies by using UV/VIS sensors for long-term sewer monitoring. *Water Practice and Technology* (paper doi10.2166/wpt.2006.020), 1(1), 8 p. ISSN 1751-231X.

Gruber, G., H. Kainz, et al. (2005). "Unterschiedliche Konzepte und Erfahrungen mit Kanal-Online-Messstationen." *VDI-Berichte* 1890. S. 19-28.

Gruber, G., S. Winkler, et al. (2005). "Continuous monitoring in sewer networks an approach for quantification of pollution loads from CSOs into surface water bodies." *Water Science & Technology* 52 (12), 215-223.

Gruber, G., H. Kainz, et al. (2006). *Langzeiterfahrungen mit dem Betrieb von Kanal-Online-Messstationen in Österreich*. DBU Fachtagung "Abflusssteuerung-Schwallspüllung-Gewässerschutz", Zentrum für Umweltkommunikation, Osnabrück.

Grüning H. und Hoppe H. (2007). *Anwendung der Spektralphotometrie in Schmutz- und Regenwasserkanälen*.

Fachtagung "Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen, Gemeinschaftstagung der DWA und VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) am 20./21. November 2007 in Wuppertal, S. 1/1-1/8.

Grüning H. und Orth H. (2004) *Untersuchungen zur Effizienz einer Verbundsteuerung auf der Basis innovativer Messtechniken*. *Korrespondenz Abwasser* (51) Nr. 7, S. 727-735

Hasselbach, R., Hansen, J. Dittmer, U. (2007): *Online-Messungen als Basis einer integralen Simulation*. *wwt Wasserwirtschaft Wassertechnik* 11-12/2007.

Hoppe, H., Messmann, S., Giga, A. and Grüning, H. (2008). *Options and limits of quantitative online-monitoring of industrial discharges into municipal sewage systems*. *Proceedings on 11th International Conference on Urban Drainage*, Edinburgh, Scotland, UK.

Hoppe H. und Weilandt M. (2003). *Messstellenbericht Kanalisation – Durchflussmessung – Parametermessung – Niederschlagsmessung*. Anlagenband zum Abschlussbericht. Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik, 2003.

Hochedlinger, M. (2005). *Assessment of Combined Sewer Overflow Emissions*. Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft Nr. 44. Technische Universität Graz. ISBN 3-85444-044-8.

House, M.; Ellis, J.; Herricks, E.; Hvitved-Jacobsen, T.; Seager, J.; Licklema, L.; Alderink, R.H. & Clifforde, I. (1993): *Urban drainage – impacts on receiving water quality*, *Water Science and Technology*, Vol. 27, No. 12, pp. 117 – 158.

Leszinski, M., F. Schumacher, K. Schröder, E. Pawlowsky-Reusing, und B. Heinzmann. 2006. *ISM Teilstudie: Auswirkungen urbaner Nutzungen auf den Stoffhaushalt und die Biozönosen von Tieflandflüssen unter besonderer Berücksichtigung der Mischwasserentlastung*, p. 138. Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH.

Leszinski, M., F. Schumacher, K. Schröder, E. Pawlowsky-Reusing, und B. Heinzmann. 2007. ISM Teilstudie: Immissionsorientierte Bewertung von Mischwasserentlastungen in Tieflandflüssen, p. 40. Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH.

Mourad M., Bertrand-Krajewski J.-L. (2002). A method for automatic validation of long time series of data in urban hydrology. *Water Science and Technology*, 45(4-5), 263-270. ISSN 0273-1223.

Mourad M., Bertrand-Krajewski J.-L., Chebbo G. (2005). Sensitivity to experimental data of pollutant site mean concentration in stormwater runoff. *Water Science and Technology*, 51(2), 155-162. ISSN 0273-1223.

Barjenbruch, M, Rettig, S. (2009). Test und Bewertung von moderner Online-Sensorik zum kanalnetz- und Gewässermonitoring. Bericht MONITOR-1, Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH.

Rieger, L. and P. A. Vanrolleghem (2007). monEAU: A Platform for Water Quality Monitoring Networks. 3rd International IWA Conference on Automation in Water Quality Monitoring - AutMoNet2007, Gent - Belgium.

Seggelke, K. (2002): Integrierte Bewirtschaftung von Kanalnetz und Kläranlage zur Reduzierung der Gewässbelastung, in German, Veröffentlichung des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover, PhD Thesis, Vol. 124, University of Hannover.

Schilperoort, R. P. S., C. M. L. Flamink, et al. (2006). Long-term monitoring campaign in the wastewater transport system of WWTP Eindhoven, the Netherlands: the set-up. SOM 06. 2nd International IWA Conference on Sewer Operation and Maintenance. Vienna, Austria.

Van Bijnen, M., Korving, H. (2008): Application and results of automatic validation of sewer monitoring data. Proceedings on 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.

Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2008). Partial Least Squares local calibration of a UV-visible spectrometer used for in situ measurements of COD and TSS concentrations in urban drainage systems. *Water Science and Technology*, 57(4), 581-588.

U.S. Environmental Protection Agency (2001). Report to Congress: Implementation and Enforcement of the CSO Control Policy. EPA 833-R-01-003, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

Weilandt M., Hoppe H. und Orth H. (2001). Aufbau und Betrieb von Messeinrichtungen zur Beurteilung der Gewässerbelastungen durch Mischwassereinleitungen. Online-Messungen in Kanalisationsnetzen, Ruhr-Universität Bochum, Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum, Band 40, S.33-50.

Winkler, S., L. Rieger, et al. (2004). "Application of ion-sensitive sensors in water quality monitoring." *Water Science & Technology* Vol 50 (11), 105-114.

Winkler, S., J.-L. Bertrand-Krajewski, et al. (2007). Benefits, limitations and uncertainty of in-situ spectrometry. 3rd International IWA Conference on Automation in Water Quality Monitoring - AutMoNet2007, Gent, Belgium.

Appendix A

Tabelle A-1: Angaben zum Monitoring OTHU in Lyon, Frankreich

Ort	Lyon und Umgebung
Motivation	<p>OTHU ist ein Observatorium urbaner Einleitungen und deren Auswirkung auf die Umwelt insbesondere bei Regenwetter. Ziel ist es, Lösungswege zu finden für ein besseres Management der Abwasserreinigung.</p> <p>Die Forschungsaktivitäten konzentrieren sich auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ die Regenverteilung, ▪ die Wasser- und Schadstoffeinleitung aus Einzugsgebieten im Regen und Trockenwetter, ▪ die Auswirkung der Einleitungen auf Boden, Grundwasserleiter und Gewässer, ▪ die Wechselwirkung zwischen urbanen und ländlichen Einzugsgebieten, ▪ die Nachhaltige Strategieentwicklung im urbanen Wassermanagement. <p>5 repräsentative experimentelle Standorte in Lyon und Umgebung wurden gewählt für:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unterschiedliche Urbanisationsarten ▪ Misch- und Trennentwässerung ▪ Mischwasserüberläufe, Versickerungs- und Regenrückhaltebecken ▪ Auswirkung auf Gewässer und Grundwasserleiter
Ziel der hier dokumentierten Überwachung	<p>Untersuchung der Auswirkung von Mischwasserüberläufen auf das betroffene Gewässer (schnell fließendes Gewässer) im Standort Ecully (Die anderen Standorte haben weitere Schwerpunkte und werden hier nicht betrachtet).</p>
Durchführende Institutionen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 8 Forschungseinrichtungen: BRGM, Cemagref, Ecole centrale de Lyon, ENTPE, INSA de Lyon, Université Lyon I, Université Lyon II, Université Lyon III, davon 13 Institute ▪ Operative Partner : Grand Lyon, Agence de l'Eau, Ministères de l'Équipement, de l'Écologie et de la Recherche, Région Rhône-Alpes
Kontaktperson	Jean-Luc Bertrand-Krajewski, Laboratoire de Génie-Civil et d'Ingénierie Environnemental, INSA de Lyon

Dauer der Kampagne	Seit 1999
Wahl Standort	Standort Ecully: Kleines urbanes Einzugsgebiet mit mittlerer Einwohnerdichte
Einzugsgebiet	Hauptsächlich Mischwasserentwässerung, Überläufe fließen in ein kleines schnell fließendes Gewässer. Die Messungen finden am Überlauf du Valvert statt. Größe: 245 ha
Messstation/ Art der Messung	Messungen im Bypass, alle Gewässergütemessungen innerhalb dieses Projektes erfolgen in einem Bypass des gleichen Aufbaus. Die Durchflussmessung erfolgt im Kanal vor und hinter dem Mischwasserüberlauf. Förderung durch Peristaltikpumpe in eine Rinne, Durchfluss 1l/s, max. Förderhöhe 7 m (Der interne Schlauch muss wegen Verschleiß alle 3 Wochen gewechselt werden). Durchflussmessung Bypass über die Pumpe. Die Pumpe wird zur Reinigung des Bypasszulaufes alle 12 Minuten in der entgegengesetzten Richtung benutzt (gleich nach einer Messung).

Tabelle A-2: Einsatz von online Sonden, Monitoring OTHU in Lyon, Frankreich

Art der Messung	Firma	Ex-Schutz Zertifizierung	Gemessene Parameter	Weitere Messtechnik	Häufigkeit Datenerhebung	Kalibrierung	Referenzierung	Automatische Reinigung		Manuelle Reinigung	
								Art	Häufigkeit	Art	Häufigkeit
UV-VIS Spektrometer	s::can	ja	CSBeq AFSeq T	Automatischer Probenehmer Kompressor für autom. Reinigung	Alle 2 Minuten	Einmalig über Tagesgang	Monatlich	Druckluft	Alle paar Minuten	Mechanisch mit Wasser	1-2 Mal wöchentlich, je nach Bedarf
Turbidimeter (doppelte Messung zur Sicherheit)		nein	Trübung		Alle 2 Minuten					Mechanisch mit Wasser	1-2 Mal wöchentlich, je nach Bedarf
Piezometer Ultraschall (Doppler)		Ja	pH Leitfähigkeit Durchfluss (doppelte Messung zur Sicherheit)		Alle 2 Minuten					mechanisch	Monatlich und nach großen Ereignissen

Tabelle A-3: Allgemeine Angaben zum Monitoring in Graz, Österreich, Projekt IMW

Ort	Graz
Motivation	Langzeit-Online-Monitoring zur Erfassung der Stofftransportvorgänge in Kanälen.
Ziel der hier dokumentierten Überwachung	Online Erfassung der abgeschlagenen Jahresschmutzfrachten im Bereich einer Mischwasserentlastung im Stadtgebiet von Graz in den Vorfluter Mur.
Durchführende Institution	<p>Forschungsgemeinschaft IMW (Innovative Messtechnik in der Wasserwirtschaft):</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Institut für Wasserversorgung, Gewässerökologie und Abfallwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Wien ▪ Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Technische Universität Graz ▪ Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien ▪ DDI Dieter Depisch und Silvia Kerschbaumer-Depisch ZT GmbH
Kontaktperson	Günter Gruber, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau, Technische Universität Graz
Dauer der Kampagne	Seit 2002
Wahl Standort	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mischwasserentlastung ohne Vorentlastung ▪ Zugänglichkeit ▪ Platz für Aufstellen eines Messcontainers für Unterbringung von nicht explosionsgeschützten elektronischen Geräten ▪ Vorhandensein der erforderlichen Infrastruktur (Strom, Wasser, Internetbreitbandanbindung) ▪ Nähe zum Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der Technischen Universität Graz ▪ Ausreichender Schutz gegen Vandalismus und besonderes Augenmerk auf Unauffälligkeit
Einzugsgebiet	<p>Größe 350 ha</p> <p>Anzahl Einwohner 13.000</p>

**Messtation/ Art der
Messung**

Direktmessung im Kanal für die explosionsgeschützten, elektronischen Geräte, Spektrometer in einem Ponton eingebaut.

Ponton mit Stahlseilen von der Decke der Mischwasserkammer abgehängt (ermöglicht Messung bei geringsten Abwassermengen während der Nachtstunden) und mit zusätzlichen Seilen von der Rück- und Seitenwand fixiert (Rückkehr des Pontons in die Schmutzwasserrinne nach Regenereignis).

Staublech unterhalb des Pontons, um ein Aufstauen des Abwassers während der Nachtminima zu erzielen und die Verzopfungsgefahr zu reduzieren.

Bypass-Messung in einem Messcontainer für die nicht explosionsgeschützten elektronischen Geräte.

Förderung in einen geschlossenen Bypass mit einer Durchflusszelle mittels Peristaltikpumpe, Durchfluss 3 l/s, max. Förderhöhe 6 m.

Durchflussmessung Bypass durch MID (magnetisch induktiv)

Bypass-Förderung kann z.B. nur im Falle von Regenereignissen aktiviert werden (getriggert durch die gemessene Wassertiefe in der Mischwasserkammer). Die Reinigung des Bypasses erfolgt durch den Betrieb der Pumpe in die umgekehrte Richtung und durch gleichzeitiges Spülen des Bypasses mit Reinwasser.

Tabelle A-4: Einsatz von online Sonden, Monitoring in Graz, Österreich

Art der Messung	Firma	Ex-Schutz Zertifizierung	Gemessene Parameter	Weitere Messtechnik	Häufigkeit Datenerhebung	Kalibrierung	Referenzierung	Automatische Reinigung		Manuelle Reinigung	
								Art	Häufigkeit	Art	Häufigkeit
UV-VIS Spektrometer	s::can	ja	CSBeq AFSeq NO3-Neq T	Videokamera zur Überwachung Scheinwerfer Kompressor zur Druckluftreinigung	Trockenwetter: alle 3 Minuten Regenwetter: jede Minute	Lokale Kalibrierung anhand einer 24 Stunden Kampagne mit stündlichen Proben Kontrolle	Wenn sich ein nicht entfernbarer Belag bildet dann Nullreferenzierung mit destilliertem Wasser, 2 Mal/Jahr	Druckluft 5 bar	Alle 5 Messungen oder alle 15 Min. Trockenwetter, alle 5 Minuten Regenwetter	mechanisch	Nach Bedarf
Ionenselektive Sonde	Nadler	nein	NH ₄ -N, pH NO ₃ -N		Gleichzeitige Messung der Sonde	1-Punkt: alle 2 Wochen 2-Punkt: alle 8 Wochen		Reinwaserspülung oder mit Druckluft			Nach Bedarf
Radar-Doppler Verfahren Flo Dar™	Marsh Mc Burney	ja	Q, v, H im Zulaufkanal								Nach Bedarf
Ultraschall-Durchflusssonde r OCM Flow		ja	Q, v, H im Entlastungskanal								Nach Bedarf
Leitfähigkeitssonde			lf								
Pt100			T								

Tabelle A-5: Allgemeine Angaben zum Monitoring in Homburg-Bröl, Deutschland

Ort	Homburg-Bröl, Deutschland
Motivation	Entwicklung einer integrierten Steuer- und Regelungsstrategie für Kanalnetz und Kläranlage
Ziel der Überwachung	Test Einsatz von Online-Messungen für die Parameter Ammonium, CSB, pH-Wert und Temperatur im Zulaufkanal einer Kläranlage und in der Entlastung von Regenüberlaufbecken
Durchführende Institution	Aggerverband Gummesbach Fachhochschule Köln
Dauer der Kampagne	2 Jahre
Messstation/ Art der Messung	Zwei Messstellenarten: Bypasssystem, das für unterschiedliche Bauformen von Regenüberlaufbecken geeignet ist. Freistromradpumpe zwischen Tauchwand und Entlastungskante, Konstruktion ermöglicht schon bei kleinen Ereignissen ausreichend Probegut zu fördern Ein Bypasssystem für Untersuchungen aus dem Kanalnetz. Eingeschränkte Platzverhältnisse und geringe Wassermenge lassen keine Pontonlösung (Direktmessung) zu. Abwasserförderung durch Schneidwerkpumpe, weitgehend verstopfungsfrei.

Tabelle A-6: Einsatz von online Sonden, Monitoring Homburg Bröl, Deutschland

Art der Messung	Firma	Ex-Schutz Zertifizierung	Gemessene Parameter	Kalibrierung	Referenzierung	Automatische Reinigung		Manuelle Reinigung	
						Art	Häufigkeit	Art	Häufigkeit
Ionenselektive Sonden ISE	Vier verschiedene Anbieter	Nein	NH ₄	Zahlreiche Laboranalysen zur Kalibrierung (monatlich eine Tagesganglinie mit Zweistunden Mischproben) macht 12 Ganglinien aus 3 Ereignisarten (Trockenwetter, Kurzereignis und Starkereignis) 24 Stück 10 Minuten Mischproben	Bei Einsatz neuer Membranen alle 10 Tage	Druckluft			Alle 7 Tage (mit der Referenzierung zusammen)

Tabelle A-7: Allgemeine Angaben zum Monitoring in Tholey-Sotzweiler, Deutschland

Ort	Abwasseranlage Tholey-Sotzweiler, Deutschland
Motivation	Optimierung Steuerung des Mischwasserzuflusses zur Kläranlage für integrierten Betrieb Kanalnetz und Kläranlage. Kalibrierung des Kanalnetzmodells.
Ziel der Überwachung	Messungen im Kanalnetz und im Zulauf zur Kläranlage zur Kalibrierung der verwendeten Simulationsmodelle
Durchführende Institution	EVS, Entsorgungsverband Saar TU Kaiserslautern, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft NIVUS GmbH
Kontaktperson	Ralf Hasselbach, Entsorgungsverband Saar
Dauer der Kampagne	12.2006-6.2008
Wahl Standort	In drei Stauraumkanälen, damit 70% der Schmutzfrachten erfasst werden können.
Einzugsgebiet	Größe: 400 ha Anzahl Einwohner: 12332
Messstation/ Art der Messung	Direktmessung, sogar mit nicht-explosionsgeschützten Messsonden, die abgeschaltet werden, wenn das Gaswarngerät zu hohe Konzentrationen misst. Sonden sind unmittelbar vor der Entlastungsschwelle montiert. Im Trockenwetter lagern die Sonden in einem abgedichteten Rohrstück. Durch einen Schwimmer werden die Sonden bei Entlastungsereignissen aus dem Behälter herausgehoben (Trockenwetterschutz nach Aussage des Betreibers unbefriedigend).

Tabelle A-8: Einsatz von online Sonden, Monitoring Tholey-Sotzweiler, Deutschland

Art der Messung	Firma	Ex-Schutz Zertifizierung	Gemessene Parameter	Kalibrierung	Referenzierung	Automatische Reinigung		Manuelle Reinigung	
						Art	Häufigkeit	Art	Häufigkeit
UV-VIS Spektrometer	s::can	ja	CSBeq AFSeq	Umfangreiche Kalibrierung, Tagesgang aus 2 Std. Mischproben	1 Mal im Monat im destilliertem Wasser	Druckluft			1 Mal im Monat und nach Bedarf
Ionenselektive Elektroden	WTW, VARION mit Kaliumkomp	nein	NH ₄		2-Punkt Kalibration	Druckluft			1 Mal im Monat u. Bedarf
Ultraschal mit Kreuzkorrelation,	Nivus OCM Pro		V um Q zu berechnen h über piezoresistive Druckmessung an Zu- und Ablauf von Stauraumkanälen			Annäherend wartungsfrei			
Luft-Ultraschallsonde	Nivus NivuMaster		h um Beckenfüllstand zu berechnen						

Tabelle A-9: Allgemeine Angaben zum Monitoring in Dudelange, Luxemburg

Ort	Dudelange, Luxemburg
Motivation	Untersuchung der Nutzung der Speicherkapazität von großen Abwasserkanälen als Mischwasserspeicher im Regenwetter.
Ziel der Überwachung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Onlinemessung von Quantität (l/s, m²/d), Qualität (CSB, AFS, NO₃) in Trockenwetterabfluss (Ganglinien) und Mischwasserabflüssen (externes Ziel) ▪ Bestimmung des Fremdwasserabflusses (externes Ziel) ▪ Durchführen von Tracertest zur Evaluierung der Durchflussmessung (internes Ziel) ▪ Kalibrieren UV/VIS-Absorptionsmessung durch lokale multiple Kalibrierung (CSB) (internes Ziel) ▪ Vergleich UV/VIS –Messungen mit s::can-spektrolyser und U-VAS-/SOLITAX-Sonde (Fa. HachLange) (internes Ziel)
Durchführende Institution	CRTE (Resource Centre for Environmental Technologies) / CRP Henri Tudor Nivus
Kontaktperson	Kai Klepiszewski, CRTE Emmanuel Henry, CRTE
Dauer der Kampagne	5.3.2007-12.4.2007
Kriterien zur Wahl des Standortes	Zulauf eines Regenüberlaufs unterhalb der Ortslage Dudelange. Zukünftiger Standort eines DB im Nebenschluss
Messstation/ Art der Messung	<p>Direktmessung (Die Direktmessungen im Entlastungskanal zeigten sich anfälliger gegenüber Witterungseinflüssen)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 3 OCM Pro Durchflusssonden verteilt über Fließquerschnitt ▪ s::can-spektrolyser unter Schwimmkörper ▪ Hach Lange Sampler ausgerüstet mit UVAS-Sonde (SAK) und SOLITAX-Sonde (Trübung) (Bypassmessung) ▪ ISCO 4250 Sonde zur Wasserstandmessung (Ansteuerung Probennehmer) ▪ ISCO „AVELANGE“ (gekühlter Probennehmer)

-
- Niederschlagsmessung ISCO 674
-

Tabelle A-10: Einsatz von online Sonden, Monitoring Dudelange, Luxemburg

Art der Messung	Firma	Ex-Schutz Zertifizierung	Gemessene Parameter	Weitere Messtechnik	Häufigkeit Datenerhebung	Kalibrierung	Referenzierung	Automatische Reinigung		Manuelle Reinigung	
								Art	Häufigkeit	Art	Häufigkeit
UV-VIS Spektrometer	S::can	ja	CSBeq AFSeq	Automatisch er Probennehmer von ISCO	min	Anhand Probennahme und Vergleichsanalytik mit Hach-Lange Küvet- tentests (37 Vergleichspr oben)	Referenzmessung dest. Wasser	Druckluft	5 min	Bürste e u. Reinigung smittel	2 mal während Mess- kampagne
Ultraschall mit Kreuzkorrelation	Nivus	ja	V, H		min	Wasser- standmessung mit Zollstock			Bürste		Wöchentlich
UV/VIS-Messung	Hach-Lange	Nein	SAK, Trübung		2 min			Wischer	5 min		
Wasserstand (Druckmessung)	ISCO	nein	mm		min						
N (Wipper)	ISCO	nein	min								

Tabelle A-11: Allgemeine Angaben zum Messprogramm Odenthal, Deutschland

Ort	Odenthal (NRW, Deutschland)
Motivation	Messprogramm zur immissionsorientierten Bewertung von Mischwassereinleitung in empfindliche Lachslaugewässer im Rahmen des Forschungsprojektes „Odenthal“ und als Konzeptionsgrundlage einer Kanalnetzsteuerung (Kanalnetz-Kläranlage).
Ziel der Überwachung	<p>Online-Erfassung von Mischwassereinleitungen sowie der Zuflüsse und des Ablaufs der Kläranlage.</p> <p>Die Messungen bilden die Grundlage zur Erstellung eines:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Schmutzfrachtmodells ▪ Hydrodynamischen Abflussmodells ▪ Gewässergütemodells <p>Dynamischen Simulationsprogramm für die Kläranlage</p> <p>Die Beschreibung der hydraulischen und stofflichen Gewässerbelastung</p>
Durchführende Institution	<p>Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik</p> <p>Wupperverband</p>
Kontaktperson	Dr. Holger Hoppe, Ruhr-Universität Bochum jetzt Dr. Pecher AG, Erkrath
Dauer der Kampagne	verschiedene Messungen im Zeitraum 2000 bis 2002
Kriterien zur Wahl des Standortes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mischwasserentlastung an maßgebenden Bauwerken ▪ Zugänglichkeit und Arbeitssicherheit ▪ Repräsentativität
Einzugsgebiet	<p>Größe: 318 ha</p> <p>Befestigte Fläche 62,86 ha</p> <p>Anzahl Einwohner: ca. 12.500</p>
Messstation/ Art der Messung	<p>UV-Direktmessungen (Firma Dr. Lange) im Zulauf (hinter dem Rechen) und Ablauf der Kläranlage sowie dem Entlastungskanal eines RÜB (vor einem Crump-Wehr)</p> <p>Montage auf der Kanal- bzw. Gerinnesohle</p> <p>UV-Direktmessungen (Vergleichsmessungen UV-VIS der Firma s::can) im Zulauf der Kläranlage</p> <p>Parameter-Direktmessungen im Gewässer (Leitfähigkeit, Temperatur und O₂-Gehalt)</p>

Tabelle A-12: Einsatz von Sonden in Odenthal, Deutschland

Art der Messung	Firma	Ex-Schutz Zertifizierung	Gemessene Parameter	Weitere Messtechnik	Häufigkeit Datenerhebung	Kalibrierung	Referenzierung	Automatische Reinigung		Manuelle Reinigung	
								Art	Häufigkeit	Art	Häufigkeit
SAK-Sonde	Dr. Lange	nein	SAK	Automatischer gekühlter Probenehmer Bühler	1 Min.		Bei Bedarf				Ereignisabhängig
TS Sonde	Dr. Lange	nein	TS		1 Min.		Bei Bedarf				Ereignisabhängig
	WTW	nein	T Lf		1 Min.		Bei Bedarf				< 4 Wochen
Ultrascha II FDU 80	Endress & Hauser		H, V				Bei Bedarf				< 4 Wochen

Tabelle A-13: Allgemeine Angaben zum Messprogramm Bochum, Deutschland

Ort	Bochum, Deutschland
Motivation	Messprogramm zur Bewertung des Stoffaustragsverhaltens eines Stauraumkanals als Grundlage einer integrierten Kanalnetzsteuerung
Ziel der Überwachung	Online-Erfassung von Mischwassereinleitungen sowie des Drosselabflusses zur Kläranlage
Durchführende Institution	Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik
Kontaktperson	Dr. Helmut Grüning, jetzt: Dr. Pecher AG, Erkrath
Dauer der Kampagne	1999-2000 (12 Monate, Detailauswertung von 20 Einzelereignissen)
Kriterien zur Wahl des Standortes	Erfassung der Stoffkonzentration der Mischwasserentlastung und des Drosselabflusses an einem SKU Zugänglichkeit und Arbeitssicherheit Repräsentativität
Einzugsgebiet	Größe: 360 ha Befestigte 165 ha Anzahl Einwohner: 15000
Messstation/ Art der Messung	UV-Direktmessungen (Firma Dr. Lange) im Entlastungskanal und der Drosselstrecke Montage auf der Kanal- bzw. Gerinnesohle zusätzlich Probenehmer Stauraumkanal V= 1680 m ³ Drosselstrecke DN 800 Entlastungskanal DN 2500

Tabelle A-14: Einsatz von Sonden in Bochum, Deutschland

Art der Messung	Firma	Ex-Schutz Zertifizierung	Gemessene Parameter	Weitere Messtechnik	Häufigkeit Datenerhebung	Kalibrierung	Automatische Reinigung		Manuelle Reinigung	
							Art	Häufigkeit	Art	Häufigkeit
SAK Sonde	Dr. Lange	nein	CSBeq, BSB5eq		5 Min.					
TS	Dr. Lange	nein	TS		5 Min.					

Tabelle A-15: Allgemeine Angaben zum Monitoring Eindhoven, Niederlande

Ort	Eindhoven, Niederlande
Motivation	Optimierung des Entwässerungssystems: Verminderung der Belastung des Flusses bedingt durch Einleitung des gereinigten Abwassers aus der Kläranlage und Mischwasserüberläufe
Ziel der Überwachung	Auswertung der Auswirkung einer Kanalnetzsteuerung auf die Schadstoffemissionen, Messungen im Mischwasserkanal
Durchführende Institution	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technische Universität Delft ▪ Waterschap de Dommel
Kontaktperson	Remy Schilperoort, Technische Universität Delft
Dauer der Kampagne	Seit 2006
Wahl Standort	<p>Verfolgt das Ziel, dynamische Veränderungen der Wasserqualität zeitlich und räumlich aufzunehmen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Messung in Hauptkanälen, in denen das gesamte Abwasser aus einem Teilgebiet gesammelt wird ▪ Zugänglichkeit ▪ Bei Durchflussmessungen muss die Messtechnik eine Mindestentfernung hinter einem Schacht oder einer Veränderung der hydraulischen Verhältnissen von 25 mal dem Kanaldurchmesser haben
Einzugsgebiet	<p>10 Kommunen</p> <p>Größe 60.000 ha</p> <p>Anzahl Einwohner 425 000</p>
Messstation/ Art der Messung	<p>6 Messstellen, 3 feste bei den Zuflüssen zu der Kläranlage und 3 mobile im System</p> <p>Bypass Messungen, da der Zugang zu den Messorten schwierig ist.</p> <p>Förderung in eine Tonne durch nicht-schreddernde Pumpe, Durchfluss 8 l/s, max. Förderhöhe 7 m</p>

Tabelle A-16: Einsatz von Sonden in Eindhoven, Niederlande

Art der Messung	Firma	Ex-Schutz Zertifizierung	Gemessene Parameter	Häufigkeit Datenerhebung
UV-VIS Spektrometer	si::can	ja	CSBeq CSB soluble eq AFSeq	Jede Minute
			Leitfähigkeit Temperatur	Jede Minute
			NH4-N	
			Trübung	
Elektromagnetisch Flo-Tote-3™	Marsh mc		Q	Jede Minute
Ultraschall (zum Vergleich der Methoden)			Q	Jede Minute
Röhrenlibelle (Bubble tube?)			H	Jede Minute

Tabelle A-17: Allgemeine Angaben zum Messprogramm Kulloch, Wuppertal, Deutschland

Ort	Wuppertal (NRW)
Motivation	Einleiterkontrolle
Ziel der Überwachung	Online-Erfassung von Schmutzwasserabflüsse eines Neubaugebietes als Einleiterkontrolle (Anbindung eines Neubaugebietes an das Kanalnetz eines Industrieunternehmens)
Durchführende Institution	<ul style="list-style-type: none"> ▪ WSW Energie und Wasser AG ▪ Dr. Pecher AG
Kontaktperson	Dr. Helmut Grüning, Dr. Holger Hoppe, Dr. Pecher AG, Erkrath
Dauer der Kampagne	Seit 2008
Kriterien zur Wahl des Standortes	<p>Erfassung der Stoffkonzentration im Zufluss in das benachbarte Kanalnetz</p> <p>Zugänglichkeit und Arbeitssicherheit</p> <p>Repräsentativität (Durchmischung des Abwassers)</p>
Messstation/ Art der Messung	UV-VIS Direktmessungen (Firma s::can) fest installiert im Pumpensumpf. Verschlammung verhindert durch regelmäßige Reinigung (Aussaugen) des Schachtes im Rahmen der Routinenwartungen der Pumpstation

Tabelle A-18: Einsatz von Sonden in Kulloch, Wuppertal, Deutschland

Art der Messung	Firma	Ex-Schutz Zertifizierung	Gemessene Parameter	Weitere Messtechnik	Kalibrierung	Referenzierung	Automatische Reinigung		Manuelle Reinigung	
							Art	Häufigkeit	Art	Häufigkeit
Spektrometer UV-VIS	S::can	ja	CSBeq, AFSeq	Labor Analysen	Mindestens 2Punkt Kalibrierung	Alle 2 Wochen	Druckluft			Alle 2 Wochen

Tabelle A-19: Allgemeine Angaben zum Messprogramm Industrieeinleiter Wuppertal, Deutschland

Ort	Wuppertal
Ziel der Überwachung	Kanalnetzsteuerung (Parameterabhängig) Bewertung von Regenwasserbehandlungsanlagen
Durchführende Institution	<ul style="list-style-type: none"> ▪ WSW Energie und Wasser AG ▪ Dr. Pecher AG
Kontaktperson	Dr. Helmut Grüning, Dr. Holger Hoppe, Dr. Pecher AG, Erkrath
Dauer der Kampagne	Seit 2007
Kriterien zur Wahl des Standortes	Erfassung der Stoffkonzentration im Abfluss einer Industrie im Kanalnetz der Gemeinde Zugänglichkeit und Arbeitssicherheit Repräsentativität
Messstation/ Art der Messung	UV-VIS Spektrometer Firma s::can) Direktmessungen

Tabelle A-20: Einsatz von Sonden, Messprogramm Industrieeinleiter, Wuppertal, Deutschland

Art der Messung	Firma	Ex-Schutz Zertifizierung	Gemessene Parameter (u.a.)	Weitere Messtechnik	Häufigkeit Datenerhebung	Kalibrierung	Referenzierung	Automatische Reinigung		Manuelle Reinigung	
								Art	Häufigkeit	Art	Häufigkeit
Spektrometer UV-VIS	S::can	ja	CSBeq AFSeq	Labor Analysen	1 bis 5 Min.	2 Referenzierungen mit insgesamt 43 Kontrollmessungen	Jede Woche	Druckluft			Jede Woche bis alle 4 Wochen
Magnetische induktive Durchflussmessung					1 bis 5 Min						