

Großtechnische Erprobung eines standardisierten Optimierungs- und Simulationswerkzeugs zur Online-Kanalnetzsteuerung am Beispiel des Einzugsgebiets der Kläranlage Kenten im Erftverbandsgebiet, Phase II

Abflusssteuerung in Kanalnetzen unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit

Vergabe-Nr. 08/058.2 – Einzelauftrag 10

gefördert durch

**Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen**



Partner



SIEMENS

KURZBERICHT



**Großtechnische Erprobung eines standardisierten
Optimierungs- und Simulationswerkzeugs zur
Online-Kanalnetzsteuerung am Beispiel des
Einzugsgebiets der Kläranlage Kenten im
Erftverbandsgebiet, Phase II**

**Abflusssteuerung in Kanalnetzen unter dem Aspekt
der Wirtschaftlichkeit**

Kurzbericht

Aachen, November 2016 FiW an der
RWTH Aachen

Dr.-Ing. F.-W. Bolle

Projektbearbeitung

	Institution	Bearbeiter
	<p>Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen e.V.</p> <p>Kackerstraße 15-17 52056 Aachen</p> <p>Tel.: 0241 80 26825 Fax: 0241 80 22825 Email: fiw@fiw.rwth-aachen.de</p>	<p>Maja Lange</p>
	<p>Erftverband</p> <p>Bauassessor Norbert Engelhardt Am Erftverband 6 50126 Bergheim</p> <p>Tel.: 02271 88 0 Fax: 02271 80 12 10</p>	<p>Heinrich Dahmen Reinhold Kiesewski Sebastian Kordel</p>
	<p>PFI Planungsgemeinschaft GmbH & Co. KG</p> <p>Dr.-Ing. Richard Rohlfing Karl-Imhoff-Weg 4 30165 Hannover</p> <p>Tel.: 0511 35851-0 Fax: 0511 35851-43</p>	<p>Dr.-Ing. Richard Rohlfing Oliver Pracejus</p>
	<p>Siemens AG</p> <p>Process Industries and Drives Process Automation Automation and Engineering Water & Wastewater PD PA AE W&WW</p>	<p>Dr. Annelie Sohr CT RDA AUC MST-DE Otto-Hahn-Ring 6 81739 München, Deutschland Tel.: +49 89 636-633308 Mobil: +49 152 21859498 Email:annelie.sohr@siemens.com</p> <p>Holger Hanss PD PA AE W&WW Siemensallee 84 76187 Karlsruhe, Deutschland Tel.: +49 721 595-85854 Mobil: +49 1522 2912019 Email:holger.hanss@siemens.com</p>

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	1
2	Beschreibung des Untersuchungsgebiets Kenten	2
2.1	Gebiets- und Netzdaten	2
2.2	Niederschlagsdaten	5
3	Abflusssteuerung im Netz Kenten	5
3.1	Ziele	5
3.2	Umsetzung der Abflusssteuerung in Kenten	5
3.3	Zuflussprognose mit HEC-HMS.....	6
3.4	Steuerung und Simulation des Netzes mit SIWA SEWER	7
3.4.1	Steuergrößen.....	8
3.4.2	Steuerungsalgorithmus.....	9
3.4.3	Datenerfassung und -archivierung	10
3.5	Optimierungen und Anpassungen im Modell und Netz	10
4	Risiko- und Störungsanalyse und Ausfallstrategie	10
5	Ergebnisse des gesteuerten Betriebs	11
5.1	Ausfallstatistik	12
5.2	Entlastungsverhalten	12
5.3	Einfluss der Zuflussprognose	13
5.4	Auswirkungen auf den Betrieb	13
5.5	Steuerungserfolg	14
6	Fazit	16
7	Literatur zum Thema	18

Verzeichnis der Bilder

Bild 2-1:	Lage des Projektgebiets, EZG der Kläranlage Bergheim-Kenten	2
Bild 2-2:	Schematische Übersicht des Kanalnetzes Kenten mit Kennzeichnung der fernwirktechnisch angebundenen Anlagen und Markierung der Punkte, für die der Zufluss mittels HEC-HMS aus Radardaten berechnet wird.....	4
Bild 3-1:	Schnittstellen zwischen Modellen und Datenbanken	6
Bild 3-2:	Schematische Darstellung des Kanalnetzes mit Lage der gesteuerten Becken und Übergabepunkten der generierten Zuflüsse	7
Bild 3-3:	Eingangsgrößen für die Simulation mit SIWA SEWER und Ergebnisse	8
Bild 4-1:	Umgesetzte Ausfallstrategie im SIWA SEWER (Sohr 2015).....	11
Bild 5-1:	Entlastungsschwerpunkte im Netz Kenten im Datenzeitraum März bis Mitte Oktober 2016.....	13
Bild 5-2:	Entlastungsmengen und Einsparpotenzial durch Steuerung für vier ausgewählte Regenereignisse	15

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 2-1:	Kenndaten der steuerwürdigen Becken	3
Tabelle 3-1:	Mögliche Drosselwassermengen für die gesteuerten Becken im ungesteuerten und im gesteuerten Betrieb	9
Tabelle 5-1:	Einsparung der Gesamtentlastungsmenge durch Steuerung für die ausgewählten Regenereignisse	14

1 Zusammenfassung

Im Einzugsgebiet der Kläranlage Kenten des Erftverbands wurde im Rahmen des Forschungsprojekts „Großtechnische Erprobung eines standardisierten Optimierungs- und Simulationswerkzeugs zur Online-Kanalnetzsteuerung am Beispiel des Einzugsgebiets der Kläranlage Kenten im Erftverbandsgebiet“ eine Kanalnetzsteuerung großtechnisch umgesetzt. Das Projekt wurde vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) gefördert und umfasste eine theoretisch orientierte erste Phase (Abschluss 2012) und eine zweite praktische Phase. Der vorliegende Kurzbericht konzentriert sich auf die Ergebnisse der zweiten praktischen Phase. Die erste und zweite Phase wurden zudem in ausführlichen Abschlussberichten dokumentiert (MKULNV 2012, MKULNV 2016).

Die Abflusssteuerung im Bestandsnetz Kenten ist eine Verbundsteuerung von 10 Becken, bei welcher Online-Radardaten für die Prognose des Zuflusses zum Kanalnetz verwendet werden. Der Steuerungsalgorithmus basiert auf der Lösung eines nichtlinearen Optimierungsproblems und ist mit dem Assistenzsystem SIWA SEWER von Siemens über die Anbindung an das Fernwirkssystem umgesetzt.

Die Ergebnisse der Simulationsrechnungen der ersten theoretischen Phase zeigten, dass durch die Abflusssteuerung die Entlastungswassermenge aus dem mischentswässerten Einzugsgebiet z. T. deutlich reduziert werden kann (bis zu ca. 50 %).

In der zweiten praktischen Phase wurde nach Schaffen aller technischen Voraussetzungen (Messtechnik, Anbindung an das Fernwirkssystem, Datenmanagement) die Steuerung großtechnisch erprobt. Die Erprobung umfasste ca. ein Jahr Beobachtung mit Datenaufnahme und -auswertung im ungesteuerten Netzbetrieb mit simultaner offline-Simulation des Steuerungsbetriebs. Die Datenaufnahme und offline-Simulation ermöglichte Anpassungen im Netz, in den Modellen sowie die detaillierte Ausarbeitung der Ausfallstrategie für den Steuerungsbetrieb. Im Januar 2016 wurde die Steuerung aktiv in Betrieb genommen und läuft seit März 2016 im Dauerbetrieb und mit großem Erfolg:

- Das in der ersten Phase abgeschätzte Einsparpotenzial der Entlastungsmenge von 50 % wird z.T. noch deutlich übertroffen und beträgt bis über 80 % gegenüber dem ungesteuerten Betrieb.
- Es hat sich bestätigt, dass das Einsparpotenzial bei der Gesamtentlastungsmenge für kleine und mittlere Regenereignisse am größten ist.
- Die Steuerung weist eine sehr hohe Betriebsstabilität auf, d.h. die Becken wurden zu über 90 % der Zeit aktiv gesteuert.
- Die realen Verhältnisse werden im Modell sehr gut abgebildet (Abweichungen von weniger als 5 % bis 10 %)

- Die Verwendung von Online-Radardaten mit Radarprognose zur Berechnung der Zuflüsse zum Kanalnetz ist geeignet.
- Die automatische Datenbereitstellung und -verarbeitung der Radardaten funktionierte lückenlos und zuverlässig.

Die wesentlichen Ergebnisse der praktische Umsetzung und des erfolgreichen Betriebs der Abflusssteuerung werden im vorliegenden Kurzbericht dargestellt.

2 Beschreibung des Untersuchungsgebiets Kenten

2.1 Gebiets- und Netzdaten

Das Einzugsgebiet des Gruppenklärwerks Bergheim-Kenten umfasst das gesamte Einzugsgebiet der Stadt Kerpen sowie mehrere Ortslagen der Städte Bergheim und Elsdorf sowie der Gemeinde Merzenich (Bild 2-1). Das Kanalnetz entwässert überwiegend im Mischsystem mit einer Gesamtfläche A_{EK} von insgesamt ca. 2.425 ha. Gegenwärtig existieren im Gesamteinzugsgebiet 34 Regenüberlaufbecken (offene/geschlossene Rund- bzw. Rechteckbecken und Stauraumkanäle) sowie 4 Regenüberläufe und ein Retentionsbodenfilter. Das Gesamtspeichervolumen im Netz beträgt rd. 65.000 m³ und das spezifische Speichervolumen ca. 69 m³/ha A_{red} . Die Kläranlage ist auf einen Mischwasser- /Trockenwetterzufluss von 624 l/s entsprechend 54.000 m³/d ausgelegt.

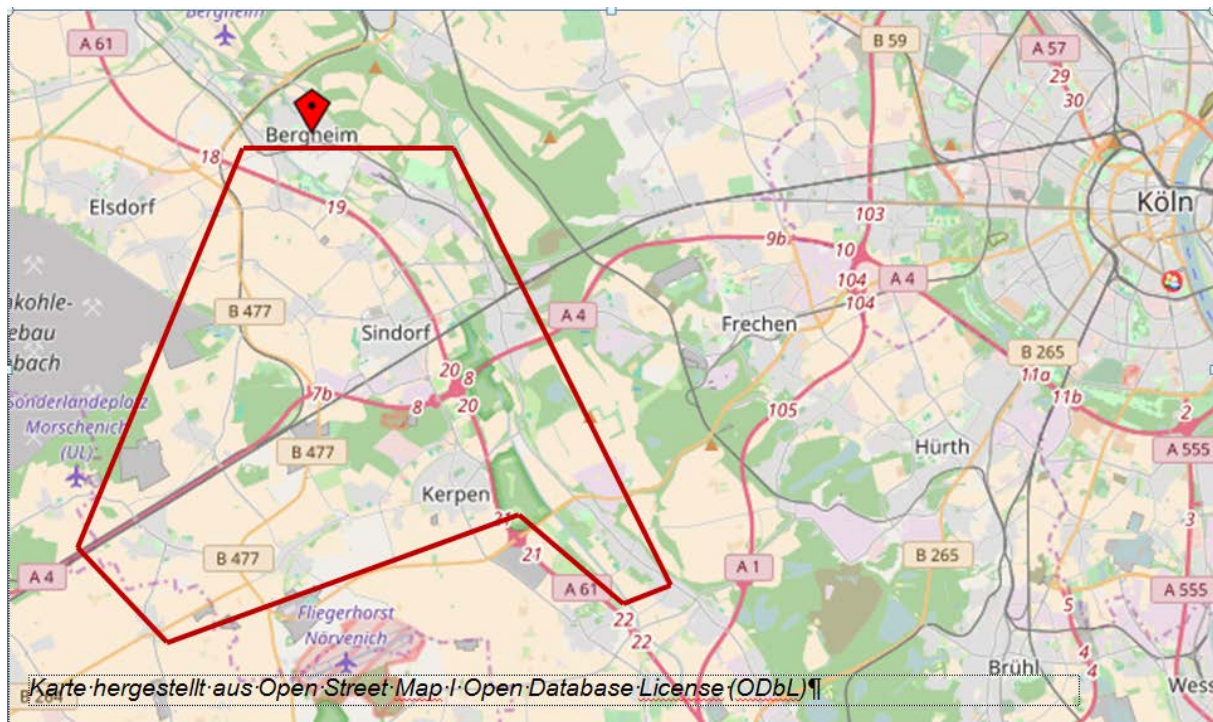


Bild 2-1: Lage des Projektgebiets, EZG der Kläranlage Bergheim-Kenten

Das Einzugsgebiet der Kläranlage Kenten ist relativ flach, die maximale Fließzeit bis zur Kläranlage beträgt über 6 h, wobei die Nachlauf- /Entleerungszeiten im Netz sehr lang sind

(bis über 24 Stunden), so dass es zu langen Einstauzeiten kommt. Die Einleitungen erfolgen in die Erft und deren Nebengewässer, die unterschiedlich sensibel auf Mischwassereinleitungen reagieren.

Für die Abflusssteuerung wurden in der ersten Projektphase 10 Becken mit einem Gesamtspeichervolumen von ca. 37.600 m³ ausgewählt, die mit ihren Kenndaten in der Tabelle 2-1 zusammengestellt sind. Hauptkriterien für die Auswahl der Becken waren sowohl die Lage im Netz, das Speichervolumen und die bereits vorhandene technische Ausrüstung.

Tabelle 2-1: Kenndaten der steuerwürdigen Becken

Nr.	Bezeichnung	RÜB Volumen				Gesamt Volumen	Q _{ab} ungesteuerter Zustand
		KSR	Becken 1	Becken 2	Erd-becken		
		m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	l/s
99	RÜB Gew. Türnich (7609)	1.285				1.285	63
130	RÜB / PW Thorr		310			310	110
218	RÜB Kenten		1.434	2.264		3.698	621
218	RBF Kenten		4.194			4.194	60
492	RÜB Ahestr.	2.675	1.121			3.796	25
625	RÜB Horrem	143	1.374	1.365		2.882	74
628	RÜB Zum Parring, Mödrath	329	1.624	1.611	3.260	6.824	99
629	RÜB Kölnerstr.	1.284	1.000	1.002		3.286	130
633	RÜB Türnich	190	992	992	1.514	3.688	145
635	RÜB Hüttengraben, Sindorf	4.177	1.857	1.181		7.215	99
646	RÜB Im Rauland	497				497	68
Summe						37.675	

Die schematische Übersicht (Bild 2-2) zeigt die Betriebsstellen im Einzugsgebiet des Gruppenklärwerks Kenten mit den Volumina und Weiterleitungsmengen und Markierung der Punkte, für die der Zufluss zum Kanalnetz berechnet wird (siehe Abschnitt 3.3).

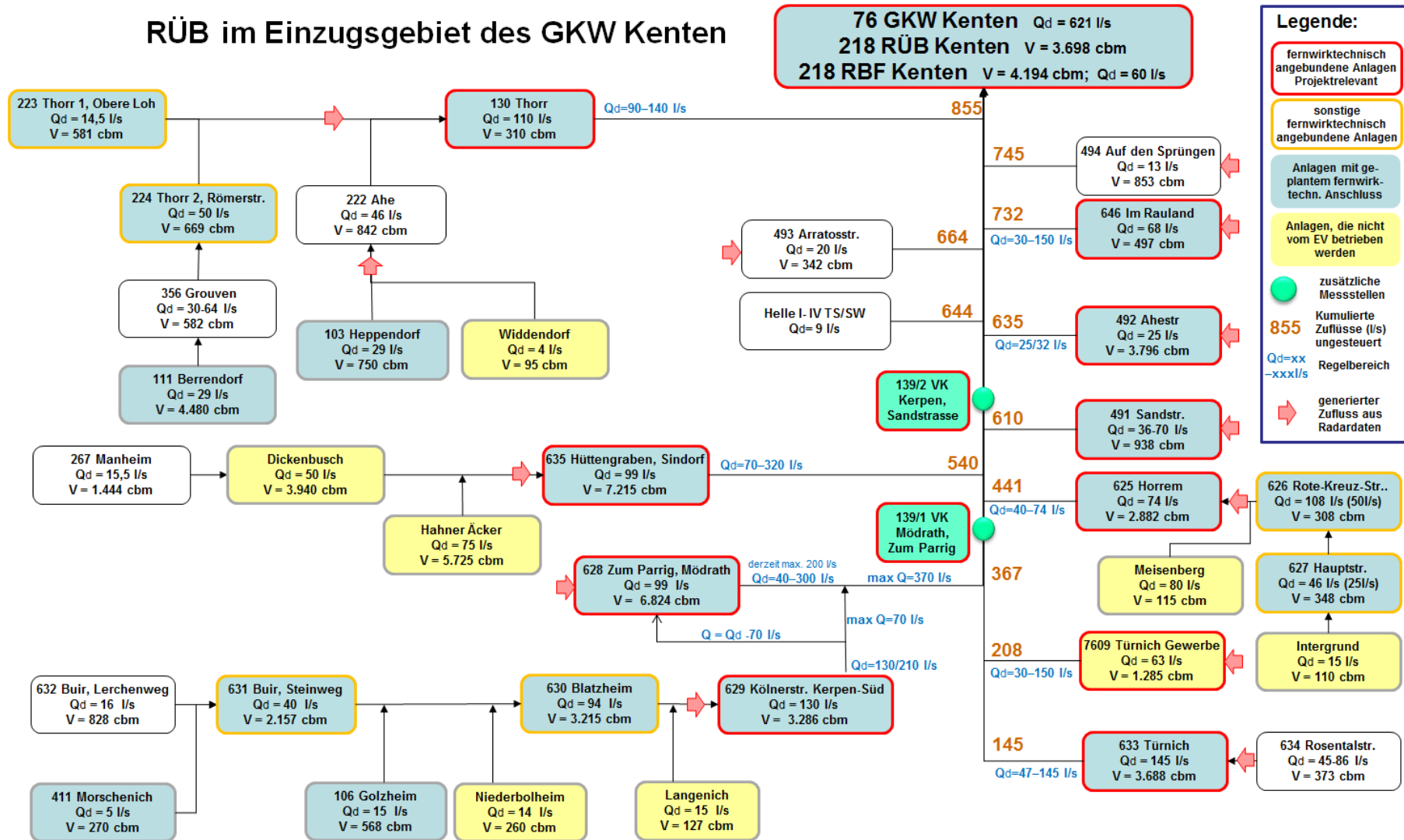


Bild 2-2: Schematische Übersicht des Kanalnetzes Kenten mit Kennzeichnung der fernwerktechnisch angebundene Anlagen und Markierung der Punkte, für die der Zufluss mittels HEC-HMS aus Radardaten berechnet wird

2.2 Niederschlagsdaten

Für die Abflusssteuerung in Kenten wird der Zufluss zum Kanalnetz aus online bereitgestellten Radardaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) berechnet. Der DWD erzeugt aus den Messungen der einzelnen Radarstandorte deutschland- bzw. europaweite Komposite mit unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Auflösungen und Verarbeitungsschritten. Für das Projekt Kenten werden RÜB-spezifische Zeitreihen aus unterschiedlichen Produkten automatisiert alle 6 min. bereitgestellt und im Modell HEC-HMS für eine Zuflussprognose alle 15 min. verarbeitet (siehe Abschnitt 3.3 bzw. Langfassung). Damit wird eine realitätsnahe ungleichmäßige Überregnung über das Einzugsgebiet abgebildet.

3 Abflusssteuerung im Netz Kenten

3.1 Ziele

Das Hauptziel der Abflusssteuerung in Kenten ist die Reduzierung der Entlastungsmenge im Netz Kenten und damit die positive Beeinflussung der Gewässergüte. Damit verbunden ist eine optimierte Weiterleitung zum Klärwerk Kenten und eine hohe Auslastung des Retentionsbodenfilters Kenten (RÜB + RBF).

Ein weiteres Ziel ist die Prüfung von Standardisierungsmöglichkeiten für die Planung und Umsetzung einer Abflusssteuerung. Durch den Einsatz eines aus Modulbausteinen aufgebauten Systems ist die Möglichkeit der Erweiterung und Übertragbarkeit auf andere Netze gegeben. Dadurch lässt sich der Aufwand (Zeit- und Kosten) reduzieren und somit das Interesse an einer Abflusssteuerung steigern, um sie in zukünftigen Projekten als Lösungsvariante in die Planung einzubeziehen.

3.2 Umsetzung der Abflusssteuerung in Kenten

Für die Abflusssteuerung in Kenten wurden technische Anpassungen im Netz vorgenommen, die fernwirktechnische Anbindung ergänzt und die Anbindung an das Steuerungssystem realisiert. Des Weiteren wurden Datenbanken zur Erfassung, Verarbeitung und Archivierung der Daten erstellt und untereinander verknüpft bzw. wurde eine Schnittstelle zum WinCC-System des Ertftverbands eingerichtet.

Zentrale Komponenten der Abflusssteuerung sind die Zuflussprognose (Abschnitt 3.3) und das Steuerungsmodell (Abschnitt 3.4). Die Verknüpfung der Komponenten über die wesentlichen Schnittstellen

- Radardaten – Zuflussprognosemodell – Steuerungsmodell und
- Prozessdaten – Steuerungsmodell

ist in Bild 3-1 dargestellt. Darüber hinaus wurde eine Ausfallstrategie (siehe Abschnitt 4) entworfen und softwaretechnisch umgesetzt. Diese greift, wenn Fehler in den Schnittstellen bzw. in der Messtechnik auftreten und nicht alle Komponenten im gesteuerten Regelbetrieb gefahren werden können.

Station:
Steuer- u. Messtechnik

Zentrale:
Leitsystem, Steuersoftware

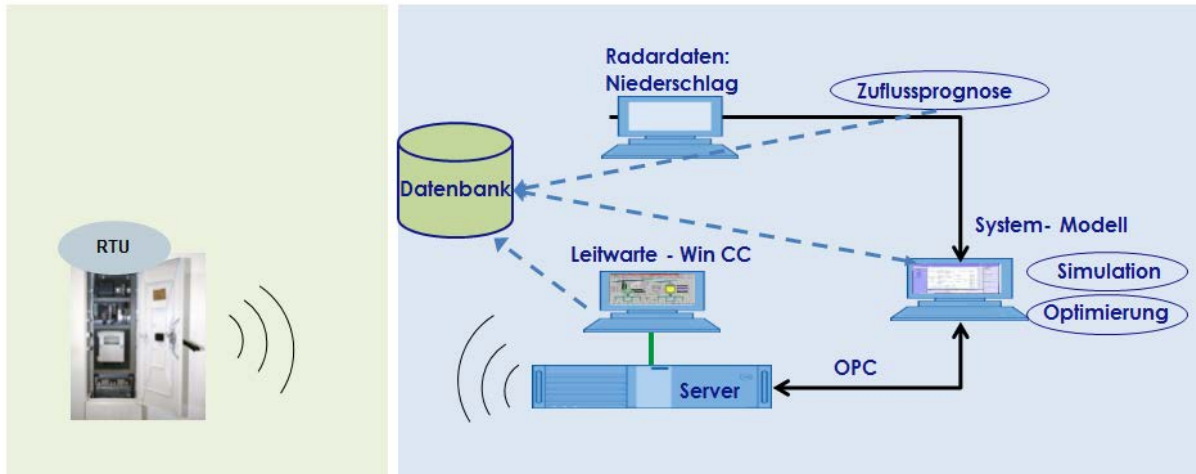


Bild 3-1: Schnittstellen zwischen Modellen und Datenbanken

3.3 Zuflussprognose mit HEC-HMS

Der Zufluss zum Kanalnetz Kenten wird aus online gemessenen Niederschlags-Radardaten generiert (siehe Abschnitt 2.2). Die Niederschlagsdaten werden automatisiert bereitgestellt und alle 15 min. im frei verfügbaren hydrologischen Simulationsmodell HEC-HMS verarbeitet. Der Zufluss zum Kanalnetz wird für 13 ausgewählte Punkte berechnet (Bild 3-2) und als Eingangsdaten an das Steuerungstool SIWA SEWER übergeben.

Das Modell HEC-HMS wurde für das EZG Kenten aufgestellt und die Abflüsse anhand ausgewählter Regenereignisse und gemessener Abflüsse verifiziert. Weitere Details sind in der Langfassung des Abschlussberichts dokumentiert (MKULNV 2016).

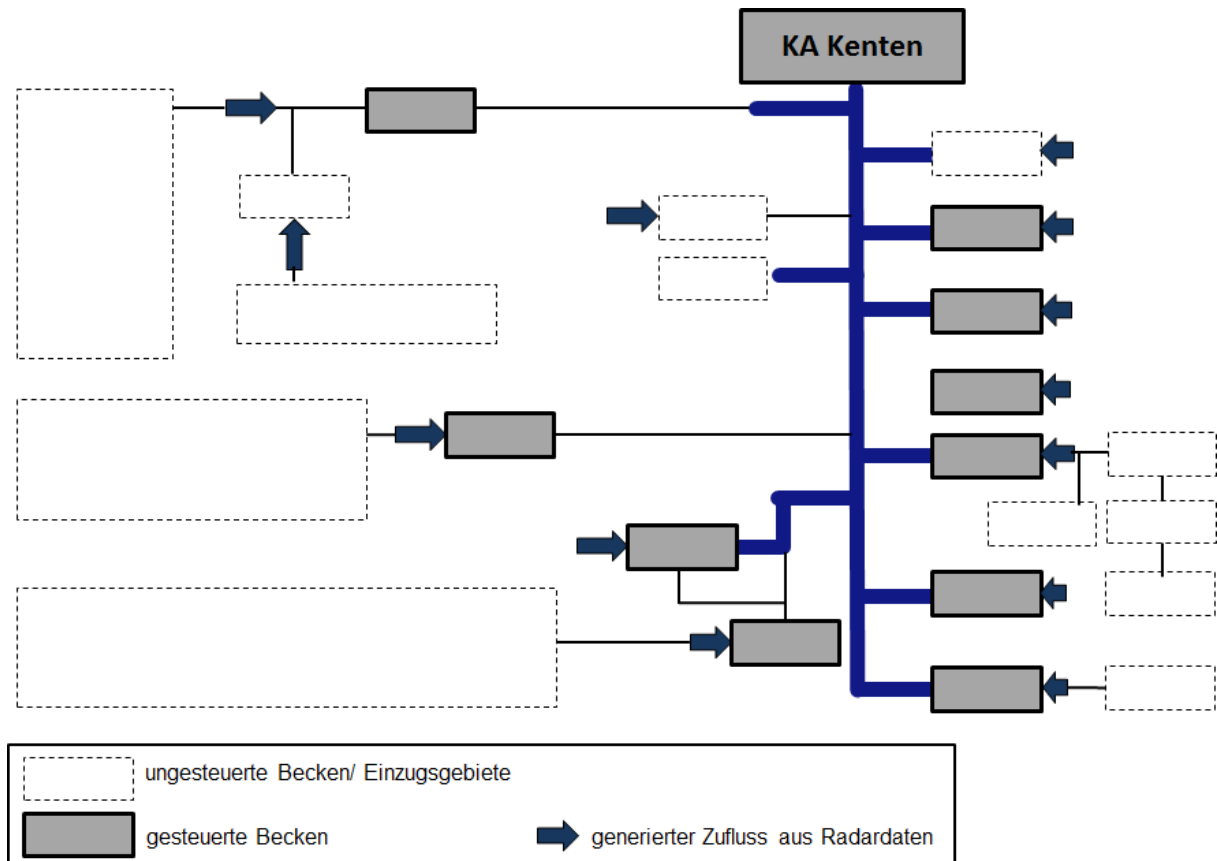


Bild 3-2: Schematische Darstellung des Kanalnetzes mit Lage der gesteuerten Becken und Übergabepunkten der generierten Zuflüsse

3.4 Steuerung und Simulation des Netzes mit SIWA SEWER

Als Simulationsmodell und Steuerungstool wird in Kanten SIWA SEWER eingesetzt, welches ein simulations- und optimierungsbasiertes Assistenz- und Steuerungssystem der Firma Siemens zum verbesserten Kanalnetzbetrieb ist.

Für die Abflusssteuerung in Kanten wurde das System so konfiguriert, angepasst und erweitert, dass es folgende Funktionalitäten bietet:

- Berechnung optimierter Steuereingriffe alle drei Minuten mit rollendem Zeithorizont
- Betriebsbegleitende Simulation der Vorgänge im Netz bei Umsetzung der optimierten Steuereingriffe
- Betriebsbegleitende Simulation der Vorgänge im Netz bei Defaultbetrieb.

Im SIWA SEWER werden die aus Regenradardaten berechneten Zuflussprognosen aus dem Programm HEC-HMS sowie die Prozessdaten (insbesondere Flüsse und Füllstände der RÜB) online aus der Leittechnik von der Anlage Kanten übernommen. Aus diesen Informationen werden zum einen Flüsse im Netz für den aktuellen Zeitpunkt und für zukünftige Zeitpunkte berechnet sowie optimale Steuerentscheidungen (Einstellung der Pumpen und Drosselorgane) durch Lösen eines nichtlinearen Optimierungsproblems ermittelt Bild 3-3.

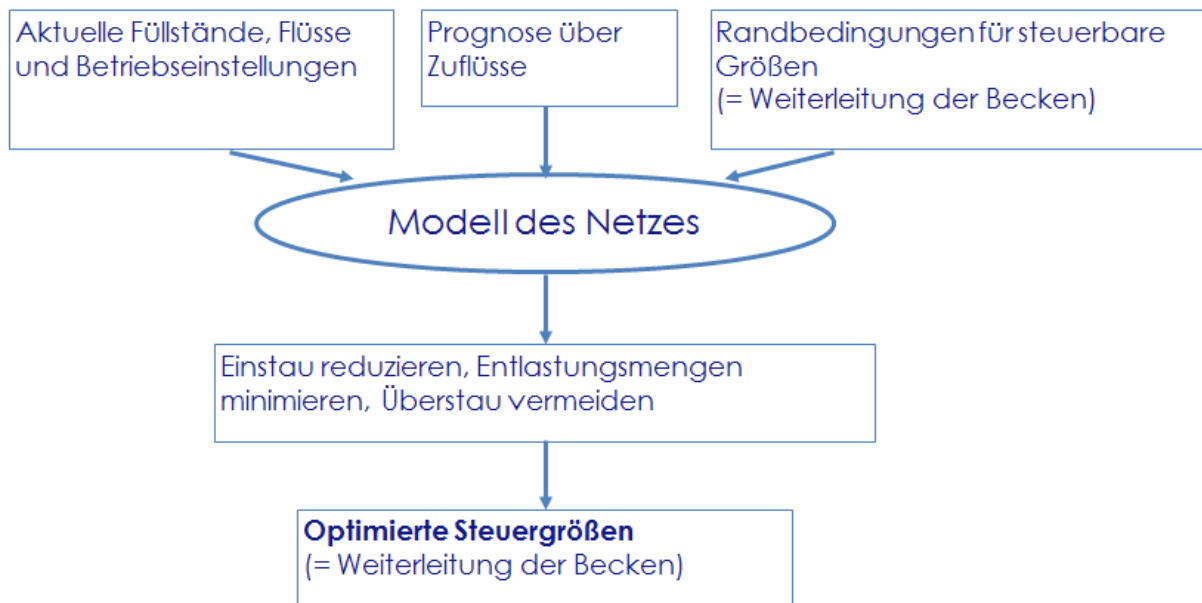


Bild 3-3: Eingangsgroßen für die Simulation mit SIWA SEWER und Ergebnisse

SIWA SEWER ist modular aufgebaut, so dass eine Erweiterung bzw. Übertragung auf andere Netze mit möglicherweise anderen funktionalen Anforderungen erleichtert wird.

Eine ausführliche Beschreibung der Komponenten und der Funktionsweise von SIWA SEWER enthält die Langfassung des Abschlussberichts.

3.4.1 Steuergrößen

In die Verbundsteuerung im Netz Kanten sind 10 Becken eingebunden (RÜB und RBF Kanten werden als ein Becken betrachtet). Die Steuergröße zur Verringerung der Entlastungstätigkeit der RÜB ist die Drosselwassermenge. Für den ungesteuerten Zustand ist für jedes RÜB eine Drosseleinstellung genehmigt. Im gesteuerten Zustand soll die Bandbreite der technisch möglichen und rechtlich genehmigungsfähigen Drosseleinstellungen genutzt werden, um die Speicherräume optimal auszunutzen.

Die Steuerung der Becken erfolgt mit abgestufter Priorität, die über Wichtungsfaktoren in der Optimierungsgleichung festgelegt wird (siehe 3.4.2). Je höher der Wichtungsfaktor ist, desto höher ist die Steuerungspriorität zur Vermeidung eines Beckeneinstaus bzw. eines Beckenüberlaufs.

Für den Fall, dass aufgrund von Störungen aus dem gesteuerten in den ungesteuerten Betrieb gefahren wird, werden die Drosseln auf die genehmigten Drosselwassermengen des ungesteuerten Zustands geregelt (Ausfallstrategie).

Tabelle 3-1: Mögliche Drosselwassermengen für die gesteuerten Becken im ungesteuerten und im gesteuerten Betrieb

Nr.	Bezeichnung	Q_{ab} ungesteuerter Zustand	Q_{ab} gesteuerter Zustand		
			Stufe 1; TW1	Stufe 2; TW 1, 2	Stufe 3; TW 1, 2, 3
		l/s	l/s	l/s	l/s
99	RÜB Gew. Türnich (7609)	63	30 - 150		
130	RÜB / PW Thorr	110	90 - 110	110 - 140	
218	RÜB Kenten	621			
218	RBF Kenten	60			
492	RÜB Ahestr.	25	25	32	
625	RÜB Horrem	74	40 - 74		
628	RÜB Zum Parring, Mödrath	99	40 - 100	150 - 200	
629	RÜB Kölnerstr.	130	130	210	
633	RÜB Türnich	145	47 - 80	97 - 145	
635	RÜB Hüttengraben, Sindorf	99	70 - 140	160 - 230	250 - 320
646	RÜB Im Rauland	68	30 - 150		

3.4.2 Steuerungsalgorithmus

Der Steuerungsalgorithmus für das Netz Kenten basiert auf der Lösung eines nichtlinearen Optimierungsproblems mit Gleichungs- und Ungleichungsnebenbedingungen. Grundlage für die Berechnung der optimalen Steuerentscheidungen ist die Minimierung einer Zielfunktion.

Die Zielfunktion besteht aus mehreren Termen entsprechend der unterschiedlichen Bauwerke und der berücksichtigten Zielvorgaben (Entlastungsmenge minimieren, Einstau reduzieren, Überstau im Sammler vermeiden, Entleerung beschleunigen). Über Wichtungsfaktoren, die als Multiplikator in den verschiedenen Termen stehen, werden unterschiedliche Ziele in unterschiedlichen Bauwerken priorisiert. In Kenten wurden der Beckeneinstau, der Beckenüberlauf der einzelnen RÜB sowie der Überstau im Hauptsammler gewichtet. In die Festlegung der Wichtungsfaktoren gehen zudem das Mischungsverhältnis (TW zu RW) sowie das aufnehmende Gewässer mit ein.

Die einzelnen Wichtungsfaktoren können auch nach Inbetriebnahme der Steuerung noch angepasst werden, wenn sich Prioritäten verschieben. Die Herleitung der Wichtungsfaktoren ist im Abschlussbericht der ersten Projektphase ausführlich behandelt (MKULNV 2012). Weitere Ausführungen sowie die aktuellen Wichtungsfaktoren sind in der Langfassung des Abschlussberichts zusammengestellt (MKULNV 2016).

3.4.3 Datenerfassung und -archivierung

Für die Kanalnetzsteuerung in Kanten wurden Datenbanken zur Erfassung, Verarbeitung und Archivierung der Daten erstellt und untereinander verknüpft bzw. wurde eine Schnittstelle zum WinCC-System des Erttverbands eingerichtet.

Die Hauptdatenbank – WiASS-DB genannt – speichert alle relevanten Daten für die Steuerung, wie Prozessdaten und Betriebsmeldungen aus dem WinCC, Daten aus der Zuflussprognose, Daten aus dem Steuerungsrechner (Sollwerte, Modellergebnisse zum Vergleich mit gemessener Realität, usw.). Die WiASS-DB ist die zentrale Datenbasis für alle Ergebnisauswertungen zur Beurteilung der Steuerung (weitere Details in der Langfassung des Berichts).

3.5 Optimierungen und Anpassungen im Modell und Netz

Dem gesteuerten Betrieb in Kanten ging ca. ein Jahr ungesteuerter Betrieb mit Datenaufnahme, -auswertung und -plausibilitätsprüfung voraus. Als Ergebnis dieser Analyse wurden Anpassungen im Netz und im Modell vorgenommen, um die komplexe Verbundsteuerung optimal vorzubereiten.

Die Inbetriebnahme der aktiven Steuerung erfolgte ab Mitte Januar 2016, zunächst testweise tagsüber. Bis Mitte März 2016 wurden weitere Optimierungen vorgenommen. Seitdem läuft die Verbundsteuerung kontinuierlich störungsfrei.

Eine Erläuterung der erfolgten Anpassungen und Optimierungen im ungesteuerten und gesteuerten Betrieb ist in der Langfassung enthalten.

4 Risiko- und Störungsanalyse und Ausfallstrategie

Die Abflusssteuerung funktioniert nur erfolgreich, wenn alle Komponenten (Messtechnik, Steuertechnik, Fernwirktechnik) gleichzeitig störungsfrei arbeiten und die Verbindung über die Schnittstellen gewährleistet ist.

Zu Beginn der Projektphase wurde für jedes zu steuernde Bauwerk eine Risiko- und Störungsanalyse mit dem umfangreichen Detailwissen des Betriebspersonals durchgeführt und dokumentiert (siehe Langbericht). Diese Analyse war Grundlage für die Definition von Handlungsanweisungen bzw. ein Abfangen von Fehlern mittels Software und für die Formulierung der Ausfallstrategie.

Die Ausfallstrategie greift, wenn an einer Stelle Systemkomponenten gestört sind. Für die Abflusssteuerung in Kanten wurden verschiedene „Sicherheiten“ softwaretechnisch vorgesehen und eine mehrstufige Ausfallstrategie umgesetzt. Über die Sicherheiten wird z.B. die Aktualität der Online-Radardaten und die Einhaltung des maximalen Zuflusses zur Kläranlage gewährleistet.

Die umgesetzte Ausfallstrategie definiert sechs Fehlerniveaus und zugehörige Maßnahmen (Bild 4-1), die in der Langfassung näher erläutert sind.

Klassifizierung	Beschreibung	Maßnahme
Good	Qualität des Datums = good, Qualität des SM-Datums = good, keine Störmeldung (SM-Variable prüfen)	
Failure Level 1	Qualität des Datums != good, oder Qualität des SM-Datums != good, oder Störmeldung (SM-Variable prüfen), Aber: letztes Datum ohne Fehler maximal 5 Zeitschritte (15 Minuten) alt	Ersatzweise letztes gültiges Datum verwenden, ggf. weiterhin steuern
Failure Level 2	Qualität des Datums != good, oder Qualität des SM-Datums != good, oder Störmeldung (SM-Variable prüfen), Aber: letztes Datum ohne Fehler mehr als 5 Zeitschritte (15 Minuten) und Flussbilanz und Beckenfüllvolumen maximal 1 h alt	Flussbilanzen und Beckenfüllvolumen konstant fortschreiben, ggf. weiterhin steuern
Failure Level 3	Qualität des Datums != good, oder Qualität des SM-Datums != good, oder Störmeldung (SM-Variable prüfen), Aber: Flussbilanz und Beckenfüllvolumen mehr als 1h und maximal 2h alt	Fluss aus der Prognose übernehmen, Beckenfüllvolumen konstant fortschreiben, ggf. weiterhin steuern
Failure Level 4	Qualität des Datums != good, oder Qualität des SM-Datums != good, oder Störmeldung (SM-Variable prüfen), Flussbilanz und Beckenfüllvolumen mehr als 2h alt	Fluss aus der Prognose übernehmen, Beckenfüllvolumen konstant fortschreiben, Bauwerk aus der Steuerung nehmen
Failure Level 5	Qualität der Betriebsmeldungen != good	Bauwerk aus der Steuerung nehmen
Failure Level 6	Kommunikation gestört (Lebenszeichen-Check erfolglos)	Bauwerk aus der Steuerung nehmen

Page 4

Mai 2015

Corporate Technology

Restricted © Siemens AG 2015. All rights reserved

Bild 4-1: Umgesetzte Ausfallstrategie im SIWA SEWER (Sohr 2015)

5 Ergebnisse des gesteuerten Betriebs

Der gesteuerte Betrieb wird in der Langfassung des Abschlussberichts ausführlich unter den folgenden Fragestellungen betrachtet:

- Wie stabil läuft der gesteuerte Betrieb, d.h. das Zusammenspiel aller Komponenten (Ausfallstatistik)?
- Wie sieht das Entlastungsverhalten aus (Entlastungsverhalten)?
- Wie sensibel reagiert die Steuerung auf veränderte Eingangsdaten (Einfluss der Zuflussprognose)?
- Wie wirkt sich die Steuerung auf den praktischen Betrieb aus (Auswirkungen auf den Betrieb)?
- Wie groß ist das Steuerungspotenzial, welches sich aus dem Vergleich der Entlastungsmengen für den gesteuerten und den ungesteuerten Betrieb ableiten lässt (Steuerungserfolg)?

Im vorliegenden Kurzbericht werden die Ergebnisse des Betriebs von Januar bis Mitte Oktober 2016 ohne Details zusammengefasst.

5.1 Ausfallstatistik

Die Steuerung läuft nur stabil, wenn das Zusammenspiel aller Komponenten fehlerfrei funktioniert, d.h. alle Einzelkomponenten gleichzeitig störungsfrei laufen.

Die Bereitstellung der Online-Radardaten wurden über den gesamten Zeitraum zuverlässig automatisiert bereitgestellt. Der Datenausfall liegt bei Null, was für die Eignung der Radardaten im Realbetrieb spricht. Die Prognoseberechnung für die Berechnung der Zuflüsse und die Bereitstellung an das Simulationsprogramm SIWA SEWER liefen ebenfalls fehlerfrei.

Das korrekte Funktionieren der Messtechnik in den Stationen und eine störungsfreie Datenübermittlung ist gegeben, wenn die gesamte Signalkette ungestört durchlaufen und durch die Betriebsmeldung „aktiv gesteuert“ dokumentiert wird. Diese Betriebsmeldungen wurden für jedes gesteuerte Becken ausgewertet. Dabei zeigt sich, dass die Steuerung sehr erfolgreich in Bezug auf die Betriebsstabilität bezeichnet werden kann, da die Becken zwischen 85 % und 100 % der Zeit aktiv gesteuert wurden.

5.2 Entlastungsverhalten

Das Ziel der Kanalnetzsteuerung in Kenten ist, die Entlastungsmenge zu reduzieren und dadurch die Gewässer zu entlasten. Ebenso ist es von Bedeutung, welche Entlastungsschwerpunkte es im Netz gibt und wie diese ggf. durch die Steuerung reguliert werden können. Das Entlastungsverhalten ist im Langbericht sehr ausführlich dargestellt. Im ausgewerteten Zeitraum gab es 24 Kalendertage mit Regenereignissen und Entlastungsfolge, aus dem sich folgende Aussagen ableiten lassen:

- Das Modell und die Realität stimmen gut übereinstimmen, da die Abweichungen überwiegend unter 5 % bis 10 % liegen.
- Es lassen sich Entlastungsschwerpunkte im Netz erkennen (Bild 5-1), welche mit den für die Steuerung festgelegten Prioritäten korrespondieren.

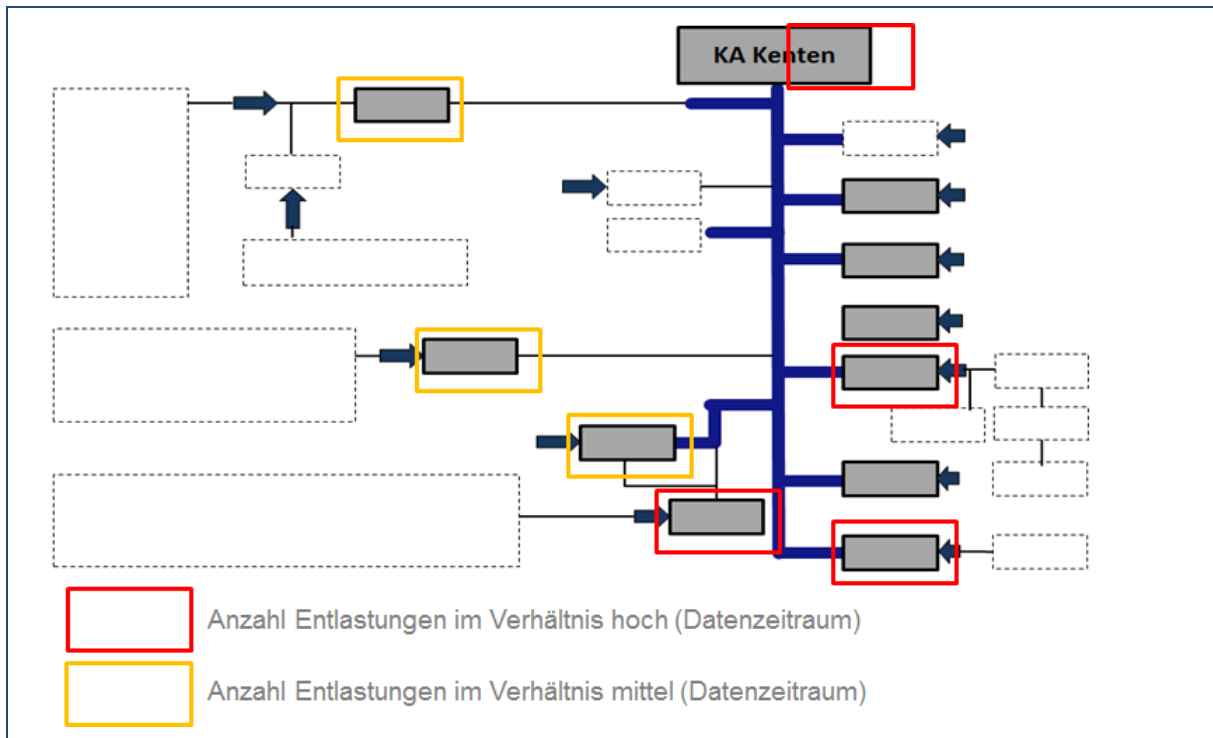


Bild 5-1: Entlastungsschwerpunkte im Netz Kenten im Datenzeitraum März bis Mitte Oktober 2016

5.3 Einfluss der Zuflussprognose

Die Auswirkungen der Zuflussprognosen auf das Kanalnetz wurden in einer Sensitivitätsuntersuchung mit skalierten Prognosen (70 %, 100 % und 130 %) betrachtet.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Einfluss einer pauschal zu hohen oder pauschal zu niedrigen Zuflussprognose eher gering ist und zusätzlich dadurch begrenzt wird, dass zyklisch alle drei Minuten eine Neuberechnung der Steuervorgaben auf Basis aktueller Messungen im System erfolgt. Zudem basiert die Neuberechnung alle 15 Minuten auf einer neuen Radarprognose und damit einer neuen Zuflussprognose.

5.4 Auswirkungen auf den Betrieb

Die Auswirkungen der Kanalnetzsteuerung in Kenten seit Mitte März waren auch unabhängig von Zahlen für den Betrieb erfahrbar. Sowohl anhand der Ergebnisse als auch durch Beobachtungen des Betriebs lassen sich die folgenden Punkte als positive Effekte der Steuerung erkennen:

- Der Zulauf zur Kläranlage wird erhöht, dadurch wird mehr Mischwasser behandelt.
- Die Entleerungszeit der Becken außerhalb der Kläranlage ist deutlich reduziert.

- Verbesserter Gewässerschutz durch intelligente Bewirtschaftung, da Entlastungen von Becken in empfindliche Gewässer durch Verschiebungen in andere Becken reduziert werden.
- Systematische Kontrolle ermöglicht eine Erhöhung der Betriebssicherheit.

Positiv anzumerken ist darüber hinaus, dass die Störmelde- und Ausfallstrategie automatisiert und zuverlässig funktioniert, so dass durch die Steuerung nicht mit erhöhtem Personaleinsatz zu rechnen ist.

5.5 Steuerungserfolg

Zur Bewertung des Steuerungserfolgs wird der tatsächlich gefahrene gesteuerte Betrieb mit einem offline simulierten Defaultbetrieb (ungesteuerter Betrieb) verglichen. Hierzu werden vier Regenereignisse mit Entlastungsfolge zwischen Juli und September 2016 ausgewählt und analysiert. Der Defaultbetrieb wird im Modell mit den tatsächlich im Betrieb aufgenommenen Zuflussmengen simuliert.

Da sich die gute Übereinstimmung von Modell und Realität aus den Daten bestätigen lässt, kann der Steuerungserfolg ausreichend genau beziffert werden. Für die vier Regenereignisse ergeben sich Einsparungen der Gesamtentlastungsmenge durch die Steuerung zwischen 12 % und 88 % gegenüber dem ungesteuerten Betrieb (Tabelle 5-1, Bild 5-2).

Tabelle 5-1: Einsparung der Gesamtentlastungsmenge durch Steuerung für die ausgewählten Regenereignisse

Regenereignis - Nr. und Datum		Gesamtentlastungsmenge		Einsparung durch Steuerung	
		gesteuert (gemessen)	ungesteuert (simuliert)	in m ³	in %
1	28.07.2016	1.263	10.174	8.911	88
2	02.08. - 04.08.16	5.889	13.573	7.684	57
3	27.08.2016	33.385	41.168	7.783	19
4	04.09.2016	49.916	56.898	6.982	12

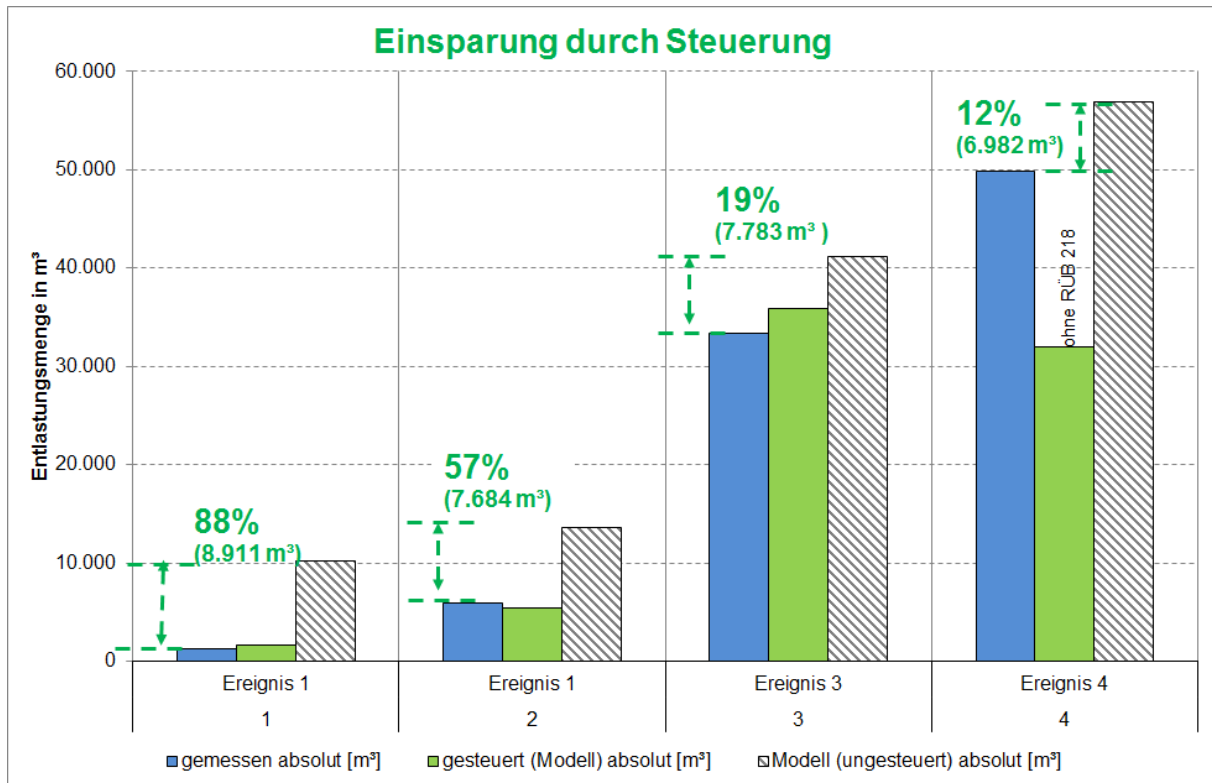


Bild 5-2: Entlastungsmengen und Einsparpotenzial durch Steuerung für vier ausgewählte Regenereignisse

Es ist festzustellen, dass das prozentuale Einsparpotenzial umso größer ist, je kleiner das Regenereignis ausfällt bzw. je geringer die Gesamtentlastungsmenge ist. Damit ist noch einmal bestätigt, dass eine Steuerung gerade bei kleinen bis mittleren Ereignissen lohnend ist, weil dann die Möglichkeit besteht, freie Speicherkapazitäten im Netz auszunutzen. Bei großen Ereignissen ist das Kanalnetz an jeder Stelle gefüllt und das prozentuale Einsparpotenzial durch die Steuerung nimmt ab bzw. ist ggf. bei Starkregen nicht mehr vorhanden.

In der Langfassung des Berichts werden die Auswirkungen der Steuerung für die ausgewählten Regenereignisse detaillierter und für jedes RÜB betrachtet.

6 Fazit

Die Abflusssteuerung wird in der Fachwelt schon seit über 30 Jahren diskutiert. Dennoch gibt es bisher relativ wenige Praxisbeispiele für eine Umsetzung in Bestandsnetzen in Deutschland. Mit der Realisierung und dem Betrieb der Abflusssteuerung im EZG der Kläranlage Kanten ist es gelungen, am erfolgreichen Beispiel zu zeigen, dass die Abflusssteuerung als Instrument zur Verbesserung des Gewässerschutzes auch in Bestandsnetzen geeignet ist.

Durch die intelligente Bewirtschaftung der Speicherräume im Kanalnetz konnte in Kanten die Gesamtentlastungsmenge in die Gewässer für verschiedene Regenereignisse zwischen 12% und 88 % reduziert werden. Bei kleineren und mittleren Regenereignissen war der Rückhalt der Entlastungsmenge dabei besonders groß.

Das Projekt in Kanten hatte zusätzlich das Ziel, das Interesse der Fachwelt an der Abflusssteuerung zu steigern, damit letztere zukünftig als ernstzunehmendes Instrument in eine Planung einbezogen wird. Auch für diesen Punkt war das Projekt förderlich:

Das komplexe System der Abflusssteuerung mit 10 Becken im Verbund läuft seit Mitte März 2016 stabil und nahezu unterbrechungs- und störungsfrei. Die eingesetzten Modelle bilden das System realistisch ab, wodurch optimale Steuerentscheidungen vorgegeben werden können. Die in der vorangegangenen Projektphase theoretisch erarbeiteten Ergebnisse wurden damit in der Praxis verifiziert und übertroffen.

Der Einsatz von Online- Radarniederschlagsdaten mit Radarprognose erwies sich als geeignet und höchst zuverlässig um die Zuflüsse zum Kanalnetz zu generieren. In Kanten konnten neben der besseren Abbildung des Niederschlagsgeschehens gleichzeitig die vorhandenen Ressourcen (Radarniederschlagsdaten) intensiver genutzt werden.

Für einen vermehrten Einsatz von Abflusssteuerungen sind nicht nur ein stabiler Betrieb und die effiziente Nutzung von Ressourcen ausschlaggebend. Insbesondere vor dem Hintergrund der Klimawandeldiskussionen sind Instrumente gefragt, die flexibel und damit anpassungsfähig sind. Die realisierte Abflusssteuerung in Kanten ist modular aufgebaut und bietet so die Möglichkeit, ohne weitreichende Änderungen des jetzigen Systems eine Erweiterung der Steuerung im Betrieb vorzunehmen. Außerdem sind viele Komponenten derart konzipiert, dass sie für den Aufbau einer Abflusssteuerung in anderen Netzen modifiziert verwendet werden können. Die Langfassung des Berichts fasst zusammen, welche Bausteine und Erkenntnisse aus dem Projekt in Kanten auf andere Netze übertragbar sind und dort die Einrichtung einer Abflusssteuerung erleichtern können.

Der Aufwand für die Einrichtung einer Abflusssteuerung lässt sich durch die Nutzung von modularen Systemen deutlich reduzieren und wird überschaubar (Steuerungsrechner, Steuerprogramm, Anbindung). In Nordrhein-Westfalen haben sich die Rahmenbedingungen für eine Abflusssteuerung zusätzlich durch die neue SÜwVO NRW 2013 geändert. Diese fordert eine umfangreichere Ausrüstung aller Regenbecken mit Messtechnik bzw. Bereitstellung

einer Datengrundlage durch den Betreiber. Zukünftig dürfte damit der erforderliche Aufwand für die Einrichtung einer Kanalnetzsteuerung deutlich sinken, da durch die „Sowieso-Maßnahmen“ eine gute Datenbasis vorhanden sein müsste.

Aus den Projekterfahrungen ist vor Inbetriebnahme einer aktiven Steuerung eine ungesteuerte Betriebsphase mit offline-Simulation der Steuerung in jedem Fall empfehlenswert, um Realität und Modell einfacher anpassen zu können. Die Dauer dieser Phase hängt auch von den vorhandenen Voraussetzungen im Netz ab. Als Richtwert können drei bis sechs Monate genannt werden.

Der Betriebsaufwand kann sich durch eine Abflusssteuerung sogar reduzieren. In Kenten funktioniert die in die Steuerung implementierte Störmelde- und Ausfallstrategie sehr zuverlässig, so dass das Betriebspersonal keine Einsätze aufgrund von zusätzlichen Störmeldungen hatte. Zudem lässt sich die Betriebssicherheit durch systematische Kontrollen (z.T. in die Steuerung integriert) verbessern und so Vorteile erzielen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Abflusssteuerung zukünftig mehr Aufmerksamkeit verdienen sollte, da sie auch für Bestandsnetze praxistauglich ist und zur Verbesserung des Gewässerschutzes oder des Betriebs beitragen kann. Eine gute Datenbasis und modulare Systeme tragen dazu bei, dass der Aufwand für die Einrichtung einer Abflusssteuerung überschaubar bleibt und durch die erzielbaren Vorteile aufgewogen wird.

Entscheidend für den erfolgreichen Betrieb einer Steuerung ist in jedem Fall, dass es überzeugte Befürworter gibt (i.A. das Betriebspersonal), die sich den geänderten Anforderungen bzw. Routinen stellen. Die Erfahrungen in Kenten haben gezeigt, dass mit einem engagierten Betrieb viel erreichbar ist und dass für eine breite Anwendung der Abflusssteuerung das erforderliche „Spezialwissen“ reduziert und transparenter vorgehalten werden sollte.

Mit dem Projekt Kenten wurde die Praxistauglichkeit der Abflusssteuerung nachgewiesen. Der nächste Schritt muss die Erhöhung der Benutzerfreundlichkeit und Nachvollziehbarkeit im Betrieb sein, wozu beispielsweise eine automatisierte Auswertung und Visualisierung vom Nutzen der Steuerung gehört.

7 Literatur zum Thema

- ATV (Abwassertechnische Vereinigung) (1992): Arbeitsblatt A 128 - Richtlinie für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen, ATV Regelwerk, April 1992
- ATV-DVWK (2001): Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen - Erläuterungen und Beispiele – Merkblatt M 177, ATV-DVWK-Regelwerk, Juni 2001, Hennef.
- BGS - Water- Brandt Gerdes Sitzmann Wasserwirtschaft GmbH 2009: MOMENT 8, Modellierung von Mischwasserentlastungen, Dokumentation Teil III, Anwendungshinweise Version 8, Juli 2009
- Bongards, M. (2010): Steuern und Regeln in Kanal und Klärwerk, UmweltMagazin Oktober-November 2010, s. 14-15.
- Bongards, M., Stockmann, A. (2011): Regelung des Kanalnetzes der Stadt Emmerich zur Vergleichmäßigung des Kläranlagen-Belastung, Vortrag auf der 74. Sitzung der DWA Arbeitsgruppe Integrale Abflusssteuerung (ES 2.4) am 14./15.11.2011, Köln, unveröffentlicht.
- BWK - Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (2007): Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse, Merkblatt 3, November 2007.
- BWK - Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (2008): Detaillierte Nachweisführung immissionsorientierter Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen gemäß BWK-Merkblatt 3, Merkblatt 7, November 2008.
- Christoffels, E. (2008): Monitoring und Modellanwendung – Entwicklung eines Immissionsinventars am Beispiel der Erft, Eigenverlag, Bergheim.
- Dahmen, H., Beeneken, T. (2006): Projekt zur Steuerung des RBF Bendstraße in Glehn, unveröffentlichter Bericht, Erftverband.
- DIN – Deutsches Institut für Normung (2008): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden; Deutsche Fassung EN 752:2008, Beuth-Verlag.
- DWA (2005): DWA-Merkblatt M 180 - Handlungsrahmen zur Planung der Abflusssteuerung in Kanalnetzen – mit Programmpaket PASST, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Dezember 2005, Hennef.

- DWA (2007): Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Merkblatt DWA-M 153, August 2007, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef.
- DWA (2006): Leitlinien der integralen Entwässerungsplanung, DWA-A 100. DWA Regelwerk, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Hennef, 2006.
- EV, Bezreg - Erftverband und Bezirksregierung Köln (2011): Fernerkundungsgestütztes Hochwasservorhersage- und Informationssystem für das Erfteinzugsgebiet (Howis Erft).
- Fuchs, L.; Beeneken, T., Nowak, R., Pfannhauser, G. (2007): Entwicklung und Implementierung einer Abflusssteuerung für das Kanalnetz der Stadt Wien, Korrespondenz Abwasser 2007 (54) Nr. 7, S. 680-689.
- Graner, M. (2011): Forschungsprojekt Kanalnetzsteuerung (KANNST), Vortrag auf der 74. Sitzung der DWA Arbeitsgruppe Integrale Abflusssteuerung (ES 2.4) am 14./15.11.2011, Köln, unveröffentlicht.
- Gruber, G., Kainz, H., Sprung, W., Flamisch, N., Pressl, A., Winkler, S. (2006): Langzeiterfahrungen mit dem Betrieb von Kanal-Online-Messstationen in Österreich. Tagungsband zur Tagung Abflusssteuerung – Schwallspülung – Gewässerschutz, 30. Und 31. August 2006, Zentrum für Umweltkommunikation, Osnabrück
- Grüning, H. (2005): Anwendungsspektren für Stoffparametermessungen in Misch- und Regenwasserkanälen. Online: http://www.ta-hannover.de/newsletter/2005/08_05/gruening.pdf, Stand Mai 2011
- Grüning, H., Tandler, R. (2006): Entlastungsfrachten simulieren – Entwicklung technischer Möglichkeiten. Tagungsband zur Tagung Abflusssteuerung – Schwallspülung – Gewässerschutz, 30. Und 31. August 2006, Zentrum für Umweltkommunikation, Osnabrück
- Grüning, H. (2008): Abflusssteuerung – quo vadis? Korrespondenz Abwasser Nr. 4, 2008, S.358 – 364
- Hüben, S., Lange, M., Rolfs, T., Einfalt, T., Wagner, R. (2009): Überarbeiteter Leitfaden zur Abflusssteuerung, erarbeitet im Rahmen des Projekts „Errichtung einer Abflusssteuerung in den Einzugsgebieten der Kläranlagen Eschweiler und Schleiden, Teil 2“, gefördert durch das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, unveröffentlicht.
- Hüben, S., Lange, M., Rolfs, T., Einfalt, T., Wagner, R. (2009a): Abschlussbericht zum Pilotprojekt „Errichtung einer Abflusssteuerung in den Einzugsgebieten der Kläranlagen Eschweiler und Schleiden, Teil 2“, Einzugsgebiet der Kläranlage Eschweiler,

gefördert durch das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (AZ 54-2-3.3-1823-vMe), unveröffentlicht.

- Londong, J., Hoppe, H., Weiland, M., Orth, H., Erbe, V., Böcker, K. (2003): Ein integrales Gesamtkonzept für Einzugsgebiet, Kanalnetz, Kläranlage und Gewässer. 36. Essener Tagung in Aachen, 2003, GWA (Gewässerschutz, Wasser, Abwasser) Band 190, ISBN 3-932590-83-X.
- MKULNV (gefördert) (2012): Großtechnische Erprobung eines standardisierten Optimierungs- und Simulationswerkzeugs zur Online-Kanalnetzsteuerung am Beispiel des Einzugsgebiets der Kläranlage Kenten im Erftverbandsgebiet, Abschlussbericht der Phase I, gefördert vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV), Juni 2012, abrufbar unter https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_mmkresearchprojects/Abschlussbericht_Grosstechnische_Erprobung.pdf.
- MKULNV (gefördert) (2016): Großtechnische Erprobung eines standardisierten Optimierungs- und Simulationswerkzeugs zur Online-Kanalnetzsteuerung am Beispiel des Einzugsgebiets der Kläranlage Kenten im Erftverbandsgebiet, Abschlussbericht der Phase II, gefördert vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV), Dezember 2016.
- MKULNV (2009): MKULNV-Steckbriefe der Planungseinheit 2009: Erft; abrufbar unter www.umwelt.nrw.de.
- MUNLV - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2003): Retentionsbodenfilter. Handbuch für Planung, Bau und Betrieb (1. Aufl.). Düsseldorf.
- N.N. (2009): Abschlussbericht, Entwicklung eines Simulationsverfahrens zur Minderung von Schmutzfrachtausträgen aus mittleren bis großen Kanalisationsnetzen durch Einsatz moderner Steuerungselemente, Projekt AZ 23419/23-2, gefördert durch die DBU - Deutsche Bundesstiftung Umwelt.
- Pabst, M., Beier, M., Rosenwinkel, K.-H., Schütze, M., Alex, J., Peikert, D., Niclas, C. (2010): Adaption und Entwicklung einer vorkonfektionierten Steuerungsbox zur Abflusssteuerung von Kanalnetzen, Korrespondenz Abwasser 2010 (57), Nr. 6. S. 551-557.
- Peikert, D. (2011): Erfahrungen bei der Implementierung von ADESBA in Hildesheim, Vortrag auf der 74. Sitzung der DWA Arbeitsgruppe Integrale Abflusssteuerung (ES 2.4) am 14./15.11.2011, Köln, unveröffentlicht.

- Rohlfing, R., Nietzschmann, C., Weilandt, M. (2007): Erfahrungen mit der Abflusssteuerung in Leipzig, Vortrag auf dem 8. Kölner Kanal Kolloquium 2007, Aachener Schriften zur Stadtentwässerung Band 11.
- Schmitt, T. (2012): Aktuelle Entwicklungen im technischen Regelwerk für Regenwetterabflüsse, Vortrag auf der 45. Essener Tagung, 14.03.- 16.03.2012 in Essen.
- Seggelke, K., Träncker, J., Fuchs, L., Krebs, P. (2009): Fuzzybasierte Regelung des Mischwasserzuflusses, Großtechnische Untersuchung zur Integration von Kanalnetz und Kläranlage, Korrespondenz Abwasser 2009 (56), Nr. 2, S. 144-151.
- Seggelke, K. (2011): Kanalnetz- und Kläranlagenzuflusssteuerung, Beispiel Wilhelmshaven, Vortrag auf der 74. Sitzung der DWA Arbeitsgruppe Integrale Abflusssteuerung (ES 2.4) am 14./15.11.2011, Köln, unveröffentlicht.
- SüwVOAbw - Selbstüberwachungsverordnung Abwasser: Verordnung zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen Nordrhein-Westfalen, 17. Oktober 2013, GV. NRW. Nr. 33 vom 08.11.2013 S. 602
- Theilen, U., Beckder, T., Abel, C., Eschke, P., Scheer, M. (2006): Onlinemessungen im F+E Projekt ASTREIN. Tagungsband zur Tagung Abflusssteuerung – Schwallspülung – Gewässerschutz, 30. Und 31. August 2006, Zentrum für Umweltkommunikation, Osnabrück