

## **DBU – Forschungsprojekt Nr. 21914 - 23**

**„Entwicklung eines Konzeptes für die Schmutzfrachtbewirtschaftung zur Reduzierung der Gewässerbelastung aus Mischwassernetzen und Kläranlagen am Beispiel des Kanalisationsnetzes und des zentralen Klärwerkes der Stadt Gießen“ (ASTREIN)**

---

**Abschlußbericht**



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Titel des Vorhabens, Fördermittelanteil, Projektlaufzeit .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Vorhabenbeschreibung .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Antragsteller und Kooperationspartner .....</b>	<b>5</b>
	Rolle der MAB .....	6
	Rolle der Fachhochschule Gießen .....	6
<b>4</b>	<b>Beschreibung der Umweltproblematik, die mit dem Vorhaben gelöst werden sollte .....</b>	<b>6</b>
4.1	Umweltrelevante Ziele des Projektes .....	10
4.2	Einfluß des Projektes auf Stoff- und Energieströme sowie deren Bilanzierung .....	11
	Betrachtungshorizont - Systemgrenzen .....	11
	Berücksichtigung der Sensibilität der Gewässer .....	12
<b>5</b>	<b>Einführung: Abflußsteuerung in Kanalnetzen .....</b>	<b>13</b>
<b>6.</b>	<b>Grundlegende Projektstrategien .....</b>	<b>14</b>
6.1	Abflußsteuerung .....	14
6.2	Kanalspülungen.....	15
<b>7</b>	<b>Struktur und Ergebnisse .....</b>	<b>16</b>
7.1	Arbeitspakete .....	16
7.2	Ergebnisse.....	21
<b>8</b>	<b>Innovativer Charakter des Projektes .....</b>	<b>23</b>

Anhang: Gesamtes Inhaltsverzeichnis des Projektes

## **1 Titel des Vorhabens, Fördermittelanteil, Projektlaufzeit**

Der Titel des Vorhabens mit dem Aktenzeichen 21914 – 23 lautet wie folgt:

Entwicklung eines Konzeptes für die Schmutzfrachtbewirtschaftung zur Reduzierung der Gewässerbelastung aus Mischwassernetzen und Kläranlagen am Beispiel des Kanalisationsnetzes und des zentralen Klärwerks der Stadt Gießen. Das Vorhaben wurde mit Schreiben vom 17.6.2004 von der DBU bewilligt und mit einem Betrag von 204.353 € unterstützt. Die Projektlaufzeit betrug dreieinhalb Jahre und endete nach Verlängerung am 30.06.2008.

## **2 Vorhabensbeschreibung**

Sinn des Vorhabens war,

- eine Möglichkeit zur Reduzierung der Gewässerbelastung aus Mischwassernetzen und Kläranlagen zu erarbeiten,
- dazu die Möglichkeiten der Abflußsteuerung zu verwenden und
- diese Reduzierung der Gewässerbelastung per Kanalnetzsimulation nachzuweisen.

Daneben stand auch die Untersuchung und Beseitigung von Ablagerungen des Kanalnetzes im Fokus der Untersuchungen

In den Entwässerungsnetzen wird bisher eine Steuerung des Abflusses im Zusammenspiel mit der Kläranlage nicht oder nur sehr eingeschränkt durchgeführt. Durch diese in vielen Fällen nicht optimierte Betriebsweise werden häufig unnötig hohe Schmutzfrachten über Abschlagsbauwerke und den Kläranlagenablauf in die Gewässer entlastet.

Das Vorhaben hatte zum Ziel, am Beispiel des Entwässerungssystems der Stadt Gießen und der angeschlossenen Umlandbereiche eine Steuerung auf der Basis von Messungen der Abflußmengen und der Schmutzstoffkonzentrationen zu untersuchen und zu implementieren. Dadurch sollten folgende umweltrelevante Ziele erreicht werden:

- Weitestgehende Minimierung von Entlastungen unbehandelten Mischwassers,
- Steuerung des Kläranlagenzulaufes unter Berücksichtigung des aktuellen Belastungszustandes in Bezug auf die Menge und die zu verarbeitenden Schmutzfrachten, dadurch Erhöhung der Reinigungsstabilität der Kläranlage,
- Berücksichtigung der unterschiedlichen Belastbarkeit der Gewässer, damit Verhinderung bzw. Verminderung der Gewässerschäden,
- Bessere Ausnutzung vorhandener Speichervolumina im Kanalnetz,

Nach der erforderlichen und sehr aufwendigen Erfassung von Bauwerks- sowie Meßdaten wurden verschiedene Steuerungsvarianten, z.B. lokale Steuerung, Verbund-, Schmutzfracht- und Trockenwettersteuerung mit dem Ziel untersucht, die am besten geeignete und gleichzeitig wirtschaftlichste Variante für diesen Anwendungsfall zu ermitteln.

Durch die Abflußsteuerung wurden Verbesserungen der Kläranlagenleistung erwartet, die letztlich durch die neun untersuchten Abflußsteuerungsvarianten (AST – Varianten) jedoch nicht nachgewiesen werden konnten. Es wurde nachgewiesen, wie sich die neun AST-Varianten auf die Kläranlage auswirken. Zur Quantifizierung dieser Untersuchungen wurde eine Kläranlagensimulation durchgeführt, mit der die verschiedenen Szenarien, die durch Abflußsteuerung bewirkt werden, berechnet werden konnten. Der Einsatz von Online-Sonden zur kontinuierlichen Erfassung der Verschmutzungsparameter innerhalb von Meßprogrammen war zum einen für die Grundlagenanalyse aber auch für die Kalibrierung der Modelle der Kanalnetz- und Kläranlagensimulationen erforderlich.

### **3 Antragsteller und Kooperationspartner**

Antragsteller und Projektinitiator war das Ingenieurbüro für Abfluß, Kläranlagen, Steuerung GmbH (IAKS) in Sonthofen. Geschäftsführer: Bernd E. Erhardt, Hindelanger Str. 35, 87527 Sonthofen.

Kooperationspartner waren

- Tiefbauamt<sup>1</sup> Gießen, Magistrat der Universitätsstadt Gießen, Robert-Bosch-Str. 14, 35398 Gießen, Tiefbauamtsleiter Herr Clemens Abel, Tel.: 0641-306 1772, Fax: 0641-306 1773
  
- Fachhochschule Gießen-Friedberg, Fachbereich Bauwesen, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft, Prof. Ulf Theilen, Wiesenstraße 14, 35390 Gießen, Tel. 0641-309- 1836

---

<sup>1</sup> Später: MAB Mittelhessischer Abwasserbetrieb, Eigenbetrieb der Stadt Gießen

## **Rolle der MAB**

Die MAB als Betreiber des Kanalnetzes und der Kläranlage, waren in diesem Projekt wichtiger Projektpartner. Zum einen stellte das Gießener System eine geeignete Plattform zur Untersuchung der dargestellten Umweltproblematik dar. Zum anderen sollen die Ergebnisse in Gießen umgesetzt werden, d.h. die MAB ist der direkte Nutzer der gewonnenen Erkenntnisse.

Um die Untersuchungen und Ergebnisse möglichst anwendungsnah zu halten wurde eine enge Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern der MAB vereinbart, die auch annähernd über die gesamte Laufzeit intensiv gepflegt wurde.

## **Rolle der Fachhochschule Gießen**

Das Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft betreibt ein sehr gut ausgestattetes Labor, in dem alle relevanten chemischen und biochemischen Parameter analysiert werden konnten. Die räumliche Nähe zum Untersuchungsgebiet (Kanalnetz der Stadt Gießen) sowie die seit vielen Jahren sehr gute Kooperation zwischen dem Tiefbauamt der Stadt Gießen und dem Fachgebiet gewährleisteten „kurze Dienstwege“ und damit eine optimale Zusammenarbeit. Die Fachhochschule übernahm die Durchführung der Meßkampagne und zur Vergleichmäßigung der Schmutzfracht im Zulauf der Kläranlage (Programmierung der Schneckenpumpwerke).

## **4 Beschreibung der Umweltproblematik, die mit dem Vorhaben gelöst werden sollte**

Besonders bei Mischsystemen zur Abwasserableitung treten im Zufluß von Kläranlagen oft starke Mengen- und/ oder Konzentrationsschwankungen auf. Werden diese Spitzen bei der Bemessung der Kläranlage konventionell berücksichtigt, muß die Anlage größer ausgebaut werden. In anderen Fällen verursachen die Spitzen schlechte Betriebsergebnisse, weil Reinigungsleistung und Stabilität der Kläranlage stark beeinträchtigt werden oder führen sogar zu einer Überschreitung der Ablaufgrenzwerte.

Im folgenden ist beschrieben, wie sich die Situationen Trockenwetter, Regenwetter und Beckenentleerungsphase auf die Schwankungen im Kläranlagenzulauf auswirken. Die Abbildungen 1 bis 2 zeigen das betrachtete Gesamtsystem Kanalnetz, Kläranlage und Gewässer. Im Trockenwetterfall, siehe Abbildung 1, wird das Schmutzwasser zur Kläranlage geleitet. Besonders während durchflußarmer Zeiten können sich hierbei Ablagerungen in den Kanälen bilden.

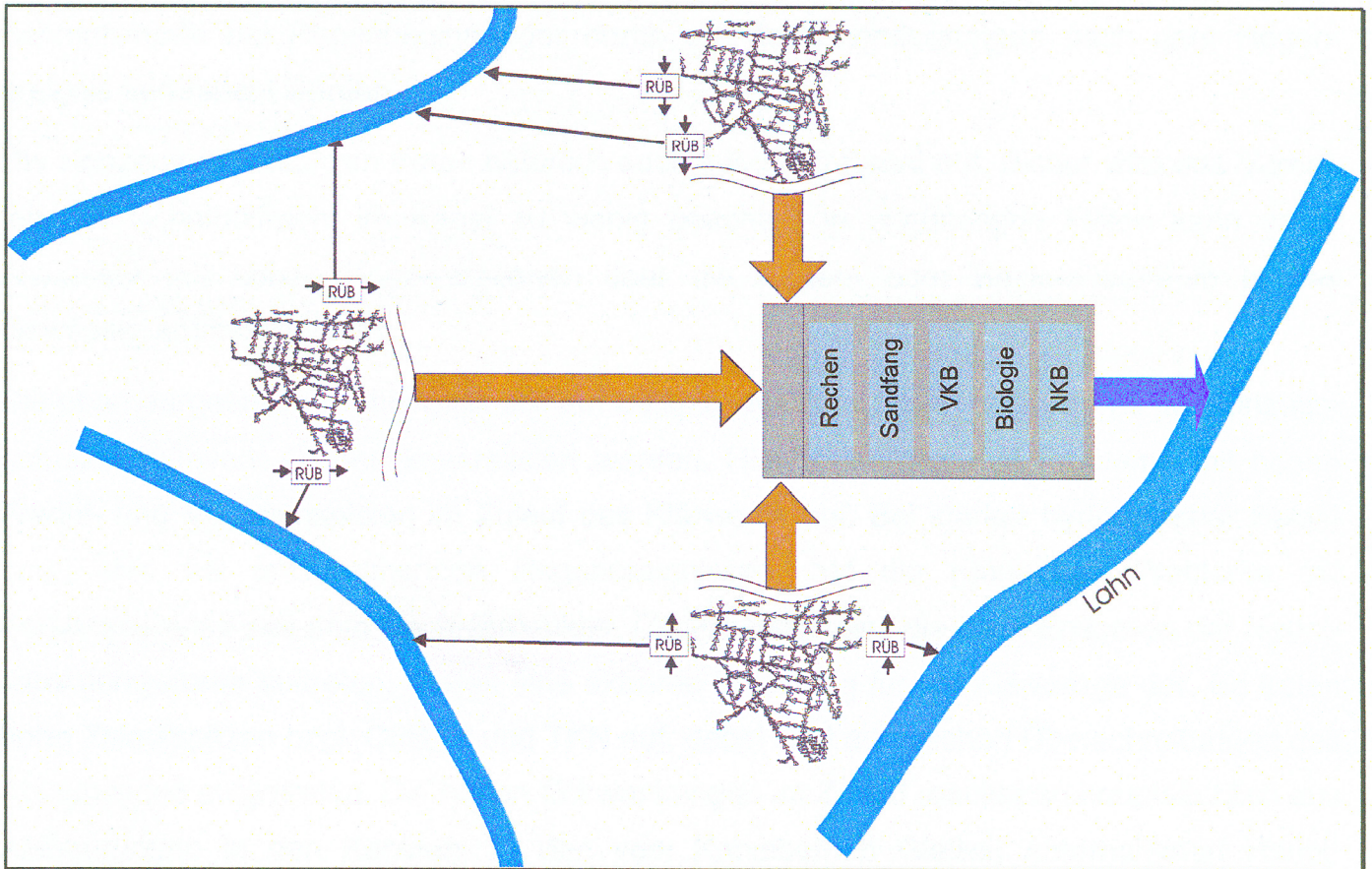


Abbildung 1: Trockenwetterfall

Bei Regenereignissen, siehe Abbildung 2 (links), fließen Regen- und Mischwasser durch das Kanalsystem. Bei anhaltendem Regen kommt es nach dem Befüllen der Regenbecken zu Entlastungen in den Vorflutern. Im Zulauf der Kläranlage treten Spitzen auf, die sich negativ auf den Betrieb der Kläranlage bis hin in den Ablauf auswirken. Nach dem Regenereignis werden die Becken geleert, siehe Abbildung 2 (rechts). Aufgrund der höheren Konzentrationen des gespeicherten Abwassers treten in dieser Betriebssituation Zulaufspitzen im Kläranlagenzulauf auf.

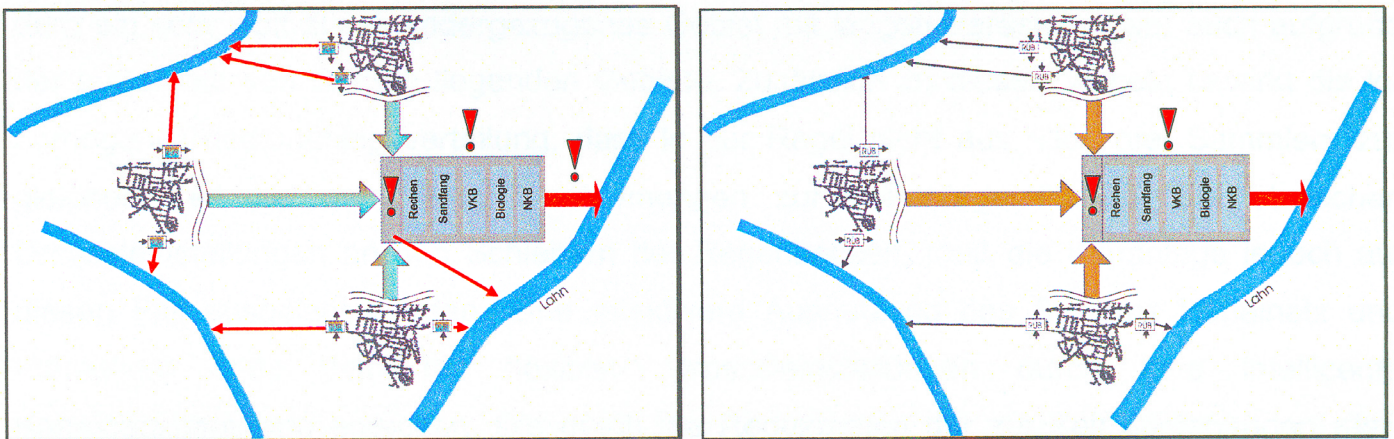


Abbildung 2: Situation Mischwasserabfluß (links) und Beckenentleerung (rechts)

Die hydraulischen Schwankungen sind demnach auf die Erhöhung der Zulaufwassermenge beim Regenwetterabfluß zurückzuführen. Die Schwankungen der Schmutzkonzentrationen können entweder aus dem Spülstoß durch Aufwirbelungen abgelagerter Schmutzstoffe bei Regenbeginn oder durch die Beckenentleerungen nach dem Regenereignis verursacht werden.

Die Konzentrationsspitzen treten vereinzelt auch im Kanal auf. Bisher wird das Verhalten der Schmutzfracht im Kanal jedoch wenig beachtet. In ungünstigen Fällen kann sogar Abwasser mit hohen Konzentrationen über die Regen- oder Beckenüberläufe in das Gewässer entlastet werden. Die oben dargestellte Problematik soll am Beispiel des Entwässerungssystems des Einzugsgebietes Klärwerk Gießen konkretisiert werden. Hier treten massive Probleme mit hohen Fracht- und Volumenspitzen im Zulauf des Klärwerks auf. Bei starker hydraulischer Belastung, also bei entsprechenden Regenereignissen, hat die Kläranlage Probleme mit Schlammabtrieb aus dem Nachklärbecken. Die Frachtspitzen, die beim Entleeren der Hauptsammlersysteme auftreten, stellen eine hohe Belastung für die Kläranlage dar.

Die hohen Schwankungen im Zulauf resultieren hauptsächlich aus Ablagerungen in den Kanälen. In den vom Kanalbetrieb Gießen unterhaltenen Hauptsammlern zum Klärwerk kommt es nach den Betriebserfahrungen zu massiven Sedimentationen von Fäkalien und Sand. Diese hohen Zulaufspitzen müssten beim Ausbau der Kläranlage berücksichtigt werden. Durch präventive Spülungen und durch Steuerung der Zuflüsse in Abhängigkeit der Kläranlagenbelastbarkeit kann eine Verbesserung der Situation erzielt werden.

Die Zuleitung zum Klärwerk erfolgt in drei voneinander unabhängigen Sammlern. Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, ist das Einzugsgebiet der Kläranlage Gießen kein kompaktes, sondern ein sehr weit auseinandergesogenes Gebiet mit langen Verästelungen. Zusätzlich zu diesem



Aspekt bewirkt die inhomogene Niederschlagsverteilung, daß in der Regel nicht aus allen drei Sammlern zur gleichen Zeit die maximalen Wassermengen zur Kläranlage fließen. Bei statischen Drosseleinstellungen an den Schiebern der Regenbecken, muß die Kläranlage jedoch auf diesen Fall ausgelegt werden. Die Ausnutzung des Systems aus Kanalnetz und Kläranlage ließe sich durch eine intelligente Kanalnetzsteuerung verbessern.

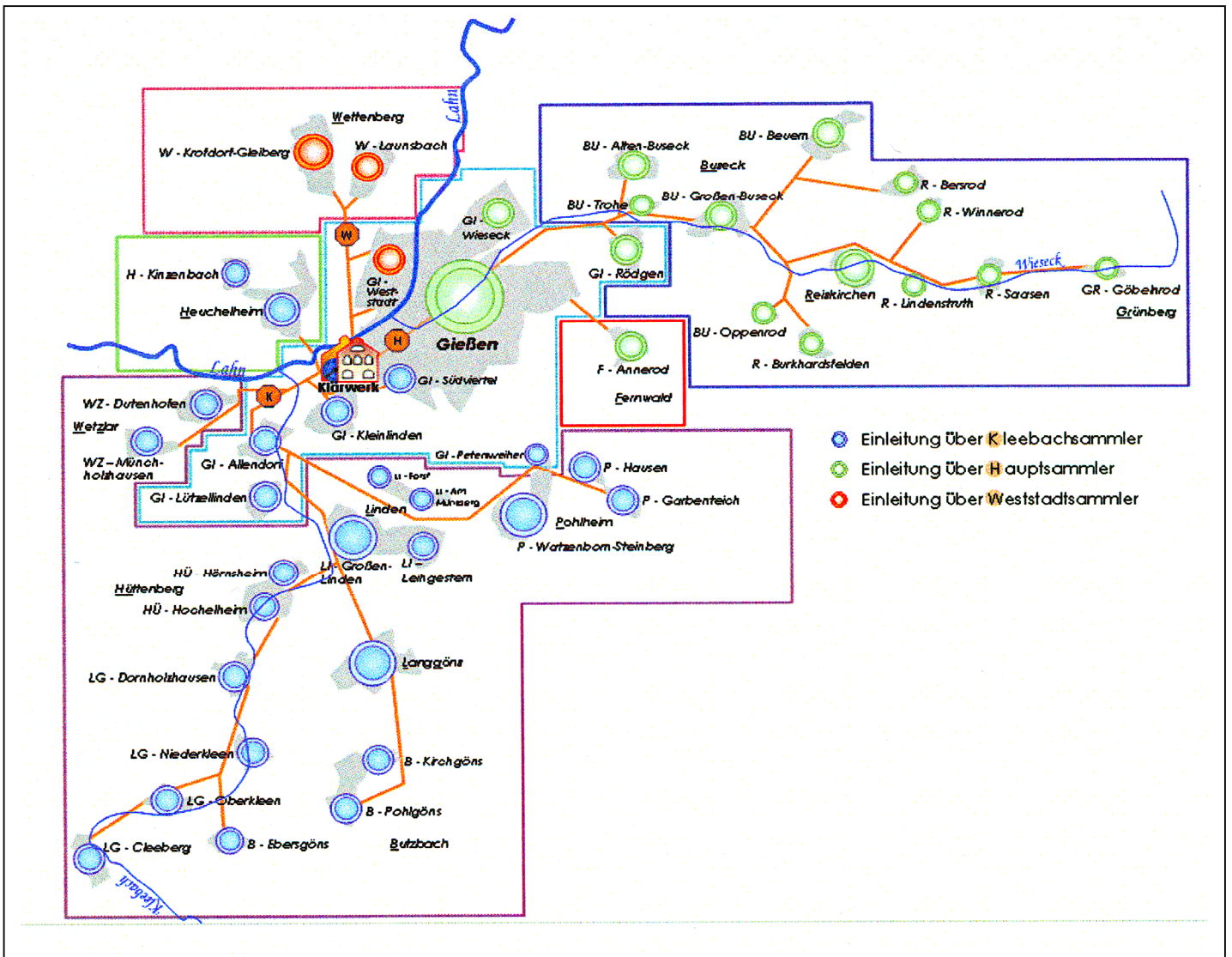


Abbildung 3: Einzugsgebiet Klärwerk Gießen

#### 4.1 Umweltrelevante Ziele des Projektes

Durch die Maßnahmen in diesem Projekt sollten demgemäß die hydraulischen und stofflichen Spitzen im Kläranlagenzulauf und im Kanalnetz reduziert werden. Damit sollten die folgenden Umweltziele erreicht werden:

- Die Emissionen aus dem Kläranlagenablauf werden reduziert, da hydraulische Stöße und Konzentrationsstöße vermieden oder reduziert werden und sich somit nicht durchschlagen können.
- Die Reinigungsstabilität der Kläranlage wird erhöht, weil hydraulische Stöße, die zu einem Ausschwemmen von Bakterien führen können, reduziert werden.
- Es werden keine Konzentrationsspitzen im Kanalnetz über die Regen- oder Beckenüberläufe in das Gewässer entlastet, weil die Konzentrationsspitzen verhindert oder kontrolliert abgeleitet werden.

Durch die **Abflußsteuerung** des Kanalnetzes wurden zudem folgende Vorteile erwartet:

- Die Kapazität des vorhandenen Speichervolumens im Kanal wird besser ausgenutzt. Folge ist eine Reduzierung der Mischwasserentlastungen bzgl. Menge und Fracht. Damit können, je nach Steuerung akute, langfristige, lokale oder großräumige Schäden im Gewässer vermieden werden.
- Die aktuelle Belastbarkeit der Kläranlage wird bei der Steuerung des Kanalnetzes berücksichtigt, um Überlastungen der Kläranlage zu reduzieren oder zu vermeiden.
- Unterschiedliche Belastbarkeiten der Gewässer können berücksichtigt, und damit Gewässerschäden verhindert oder zumindest vermindert werden.
- Die Maßnahmen Abflußsteuerung und kontinuierliche automatische Kanalspülung sollten in Hinblick auf eine gemeinsame Anwendung untersucht werden. Dadurch wurden synergetische Effekte, insbesondere Kosteneinsparungen und daraus folgend eine weitere Verbreitung und damit ein erhöhter Gewässerschutz erwartet. Diese Synergien konnten indes nicht untersucht werden, weil Verfahren zur automatischen Kanalspülung während der Laufzeit nicht umgesetzt wurden. In kleinerem Rahmen wurden jedoch hierzu Versuche in den großen Sammlern vor der Kläranlage gefahren (vgl. Programmierung Pumpensteuerung)

## 4.2 Einfluß des Projektes auf Stoff- und Energieströme sowie deren Bilanzierung

Im folgenden wird gezeigt, welche Stoffströme im untersuchten System vorhanden sind und wie sie durch die Maßnahmen des Projektes beeinflußt werden konnten. In Abbildung 4 sind die Stoffströme im Abwasserableitungs- und Reinigungssystem dargestellt. Die Schmutzfracht (SF) wird hauptsächlich bezüglich der Parameter CSB, N und P betrachtet.

### Betrachtungshorizont - Systemgrenzen

Im ungesteuerten Abwasserableitungssystem werden die Entlastungen aus den Regenüberläufen (RÜ) zusammen mit den Entlastungen aus den Regenüberlaufbecken (RÜB) betrachtet. Deren Schmutzfrachtsumme wird, zumindest beim theoretischen Nachweis des Mischwassersystems, beschränkt. Beim konventionellen System ohne Abflußsteuerung geschieht dies durch Bereitstellung von Speicherbeckenkapazität. Unabhängig davon wird die Schmutzfracht aus dem Ablauf der Kläranlage (KA) betrachtet.

Durch die Abflußsteuerung soll eine weitestgehende Reduzierung der Summe der Schmutzfrachten aus dem Gesamtsystem Kanalnetz und Kläranlage, d.h. die Schmutzfracht der Entlastungen der Regenüberläufe SF(RÜ) und die Schmutzfracht der Entlastung der Regenüberlaufbecken (RÜB) und die Schmutzfracht des Kläranlagenablaufs (KA) erreicht werden.

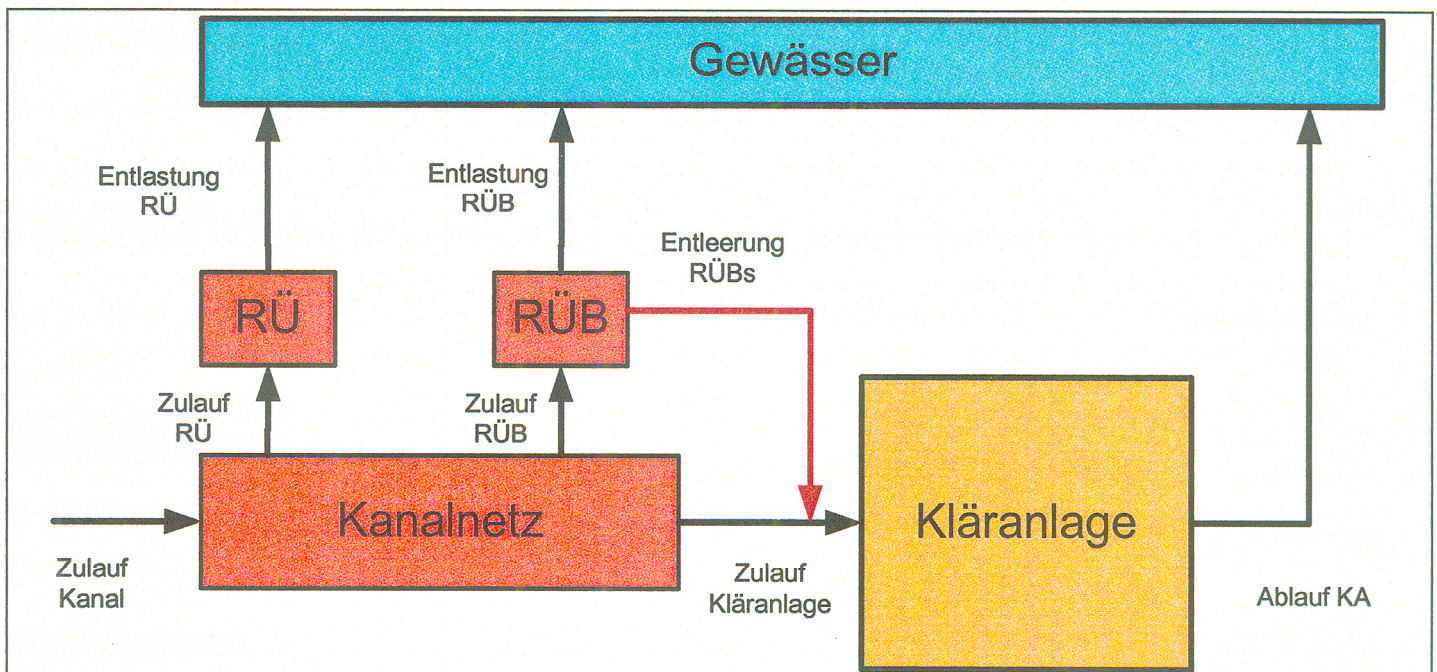


Abbildung 4: Stoffströme im Abwasserableitungs- und Entwässerungssystem

### **Berücksichtigung der Sensibilität der Gewässer**

Im konventionellen System werden die Entlastungsanlagen kaum in Abhängigkeit von der Sensibilität der Gewässer betrieben. Dies hätte bei der Bemessung schon berücksichtigt werden müssen. Bei gesteuerten Systemen ist es jedoch möglich, die Überläufe derart zu betreiben, daß die Entlastungsschmutzfrachten der einzelnen RÜs oder RÜBs unterschiedlich sein können, und zwar in Abhängigkeit von der Sensibilität des Gewässers.

## 5 Einführung: Abflußsteuerung in Kanalnetzen

Die herkömmliche Betriebsführung in Kanalisationsnetzen erfolgt weitestgehend passiv, indem auf den Abwasserfluß im Kanal lediglich reagiert wird. Bei der Abflußsteuerung in Kanalnetzen wird jedoch aktiv in den Abwasserableitungsprozeß eingegriffen. Mit Hilfe der Regelung und Steuerung von Schiebern, Schützen, Wehren oder Pumpen wird das Abwasser gezielt im Netz zurückgehalten, um- oder weitergeleitet. Bei einem genügend großen zur Verfügung stehenden bewirtschaftbaren, noch ungenutztem Stauraumvolumen können Entlastungen verhindert bzw. minimiert, der Kläranlagenzulauf vergleichmäßigt oder Spülungen im Kanal realisiert werden.

Die Implementierung von Abflußsteuerungen in Kanalsystemen wird aus Gründen der

- Kostenreduzierung, insbesondere in Hinblick auf neu zu bauende Regenbecken und
- Reduzierung der Gewässerbelastung
- 

realisiert.

Die Abflußsteuerung kann in unterschiedlichem Ausmaß durchgeführt werden. Dies reicht von der lokalen Steuerung einzelner Netzelemente bis zur Verbundsteuerung unter Einbeziehung vieler Komponenten. Bei der volumenabhängigen Abflußsteuerung erfolgt die Steuerung bzw. die Regelung in Abhängigkeit von den Parametern Wasserstand und Durchfluß.

Bei der **schmutzfrachtabhängigen** Abflußsteuerung erfolgt die Steuerung bzw. die Regelung zusätzlich zu den Parametern Wasserstand und Durchfluß noch in Abhängigkeit von Parametern der Schmutzkonzentration. Lokale Steuerungen sind heutzutage in einigen Kanalisationssystemen implementiert, in manchen Fällen mit der Option, sie später in eine Verbundsteuerung zu integrieren. Verbundsteuerungskonzepte wurden in wenigen Systemen im In- und Ausland realisiert. In allen Systemen sind zum heutigen Zeitpunkt volumenabhängige Steuerungskonzepte realisiert. Ein Projekt, bei dem eine schmutzfrachtabhängige Steuerung implementiert wurde, ist bisher in Deutschland noch nicht realisiert worden.

Obwohl die Steuerung von Kanalnetzen einen verbesserten Gewässerschutz und Kosteneinsparungen erwarten läßt, hat sich diese Verfahrensvariante bisher noch nicht durchgesetzt. Dies liegt zum einen an der zu geringen Anzahl an Beispielprojekten. Zum anderen schrecken viele Betreiber vor dem, im Vergleich zur konventionellen Variante, höheren Untersuchungsaufwand im Vorfeld der Realisierung zurück.

## 6. Grundlegende Projektstrategien

Die Verbesserungen der Gesamtsituation sollten mit Maßnahmen der Abflußsteuerung und der Kanalspülung erreicht werden. Im Folgenden wird die grundlegende Projektstrategie im Vorhaben beschrieben.

### 6.1 Abflußsteuerung

Eine Variante zur Abflußbewirtschaftung, d.h. zur gleichmäßigen Beaufschlagung der Kläranlage, zur Ausnutzung der Beckenkapazitäten und zur Reduzierung der Gewässerbelastung, ist die Steuerung der drei Kläranlagenzuläufe.

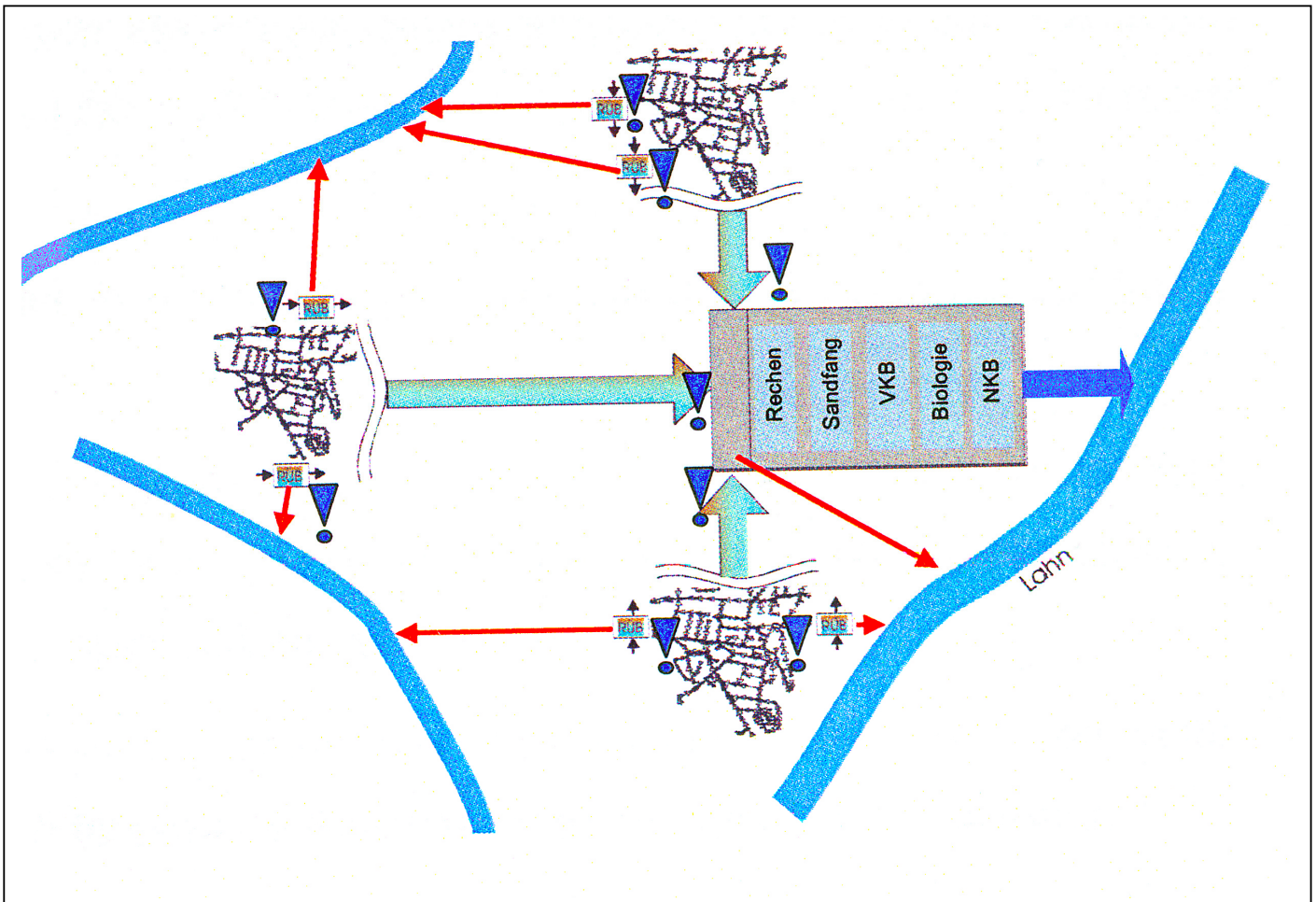


Abbildung 5: Steuerung der drei Zulaufsammler und der Ortsnetze

Die Wirkung kann erhöht werden, wenn zusätzlich zur Steuerung der drei Kläranlagenzuläufe die Regenbecken im Netz gesteuert werden (siehe Abbildung 5). Die Zulaufspitzen in der Phase der Beckenentleerung können durch Optimierung und Steuerung der Beckenentleerung reduziert werden. Die aktuelle Belastbarkeit der Kläranlage wird bei der Kanalnetzsteuerung berücksichtigt. Bei einer hohen Kläranlagenbelastbarkeit wird mehr Abwasser zur Kläranlage geleitet, bei geringer Belastbarkeit weniger. Neben der Reduzierung der Emissionen des Gesamtsystems wird eine Schwächung der Reinigungsleistung der Kläranlage verhindert.

## **6.2 Kanalspülungen**

Durch präventive Spülungen im Trockenwetterfall können Ablagerungen beseitigt werden. Dadurch können die bei Regenwetter auftretenden Frachtspitzen im Kläranlagenzulauf reduziert werden. Zudem wird verhindert, daß diese Ablagerungen in den Vorfluter entlastet werden. Die Versuche zur praktikablen Beseitigung von Ablagerungen durch automatische, präventive Kanalspülungen erhöhten den Erfahrungsschatz auf diesem Gebiet, insbesondere auch unter Beachtung der Gießener Randbedingungen. Weiterhin sollte ein günstiges innovatives Produkt, welches zu Steuerungs- und Spülzwecken verwendet werden soll, entwickelt werden. Dies Arbeiten wurden während der Laufzeit des Vorhabens jedoch eingestellt – die vorgesehenen Mittel wurden umgewidmet. Im Projektverlauf stellte sich auch heraus, daß die Ablagerungen in den Hauptsammlern fast ausschließlich aus anorganischer Masse, wie Splitt, Sand und Kies bestand. Die Untersuchung dieser besonderen Spülform zur Trockenwetterzeit hätte demnach die Probleme nicht beseitigen können.

## 7 Struktur und Ergebnisse

### 7.1 Arbeitspakete

Das gesamte, beschriebene Vorhaben wurde auf der Basis von Arbeitspaketen durchgeführt. Die nachstehende Tabelle stellt die Arbeitspakete zusammen.

AP- Nr.	Arbeitspakete
1	Projektvorbereitung,
2	Grundlagenermittlung
3	Untersuchung unterschiedlicher Abflußsteuerungsvarianten
4	Simulation der Kläranlage
5	On-Line Messungen im Kanal und der Kläranlage
6	Voruntersuchung Schwallspülung
7	Praxisversuche Schwallspülung (eingestellt)
8	Verarbeiten der Ergebnisse
9	Abschlußbericht mit Teilberichten

Die wesentlichen Arbeitspakete (AP) werden im folgenden näher beschrieben.

#### AP 2 Grundlagenermittlung

Zuverlässige Bauwerksdaten und validierte Meßdaten sind unerlässlich für gute Simulationsergebnisse. Zudem werden Daten zur Vorbereitung der Schwallspülversuche benötigt. Die Kenntnisse der Systemzusammenhänge liegen in der Regel beim Betreiber des Systems. Dieser sollte die geforderten Daten für die weitergehenden Untersuchungen nach Anforderungen der weiteren Bearbeiter zusammenstellen. Hierzu diene auch die Quantifizierung der Zuflußmenge Da nur eine Mengenummessung für den Gesamtzulauf auf das Klärwerk existiert, müssen die Fördermengen aus den einzelnen Sammlern anhand der Betriebsdaten der einzelnen Förder-



schnecken des Rohabwasserhebewerkes ermittelt werden. Dafür wurde ein Berechnungsverfahren entwickelt, mit dem nun für jede einzelne Schnecke anhand der Betriebszeiten und der Frequenz die zugehörige Fördermenge hergeleitet werden kann (vgl. **Teilbericht 1**). Die Grundlagen zum Kanalnetz der Stadt Gießen, den verwendeten Regenereignissen und das Vorgehen bei der Gewässer- und Kanalnetzsimulation beschreibt hierbei der **Teilbericht Nr. 3**. Die quantitative und qualitative Auswirkung der Abflußsteuerung auf das Gewässer und den Kanalbetrieb beschreibt hierbei ausführlich der **Teilbericht Nr. 4**.

### **AP 3 Untersuchung unterschiedlicher Abflußsteuerungsvarianten**

Es sollten verschiedenen Steuerungsvarianten, z.B. lokale Steuerung, Verbund-, Schmutzfracht- und Trockenwettersteuerung, ermittelt und untersucht werden. Damit konnte gezeigt werden, ob die neuen Verfahren die erwarteten Vorteile bringen und welche Variante für diesen Anwendungsfall die geeignetste ist. Eine Wirtschaftlichkeitsanalyse unterstützt die Variantenauswahl. Grundlage der technischen Untersuchungen ist eine Simulation des Kanalnetzes unter Berücksichtigung von Steuerungselementen und der Schmutzfrachtkomponente. Die eigentliche Gegenüberstellung von neun unterschiedlichen Varianten der Abflußsteuerung und die Bewertung anhand von Schadenskostenwerten unternimmt hierbei der **Teilbericht 8**.

### **AP 4 Simulation der Kläranlage**

Durch die Abflußsteuerung wurden Verbesserungen der Kläranlagenleistung erwartet, jedoch bei Untersuchung der neuen Varianten zur AST nicht erreicht. Zur Quantifizierung der Verbesserungen wurde eine Kläranlagensimulation erforderlich. Hierbei wurden verschiedene Szenarien, die durch Abflußsteuerung bewirkt werden können untersucht. Im Projekt ASTREIN werden Möglichkeiten zur Reduzierung der Emissionen aus Entwässerungssystemen am Beispiel des Kanalisationsnetzes und der Kläranlage der Stadt Gießen untersucht. Mit Hilfe einer Kläranlagensimulation sollten die Auswirkungen der verschiedenen Steuerungsvarianten auf die Kläranlage untersucht werden. Aus diesem Grund wurde für das Klärwerk Gießen ein Simulationsmodell in SIMBA<sup>®</sup> erstellt. In diesem werden alle relevanten Verfahrensstufen und Fließwege sowie die angewandten Betriebsstrategien abgebildet. Eine ausführliche Darstellung hierzu ist dem **Teilbericht 2** zu entnehmen.

### **AP 5 On-Line Messungen auf der Kläranlage und im Kanalnetz**

Realistische Kanalnetz- und Kläranlagensimulationsergebnisse sind nur durch eine gute Modellkalibrierung möglich. Hierfür wird eine sichere Meßdatengrundlage benötigt. Messungen sind

zudem begleitend zu den praktischen Versuchen im Kanalnetz und der Konkretisierung des Verhaltens der Abwasserinhaltsstoffe notwendig. Zur Meßdatenermittlung wurden zum einen Probenahmekampagnen durchgeführt. Zudem wurden Online-Sonden zur kontinuierlichen Erfassung der Verschmutzungsparameter, des Wasserstandes und Durchflusses im Kanal und auf der Kläranlage eingesetzt. Der **Teilbericht 5** „Onlinemessungen im F + E Projekt ASTREIN“ befaßt sich zunächst mit einer Beschreibung der Gesamtsituation des Kanalnetzbereiches der Stadt Gießen und den aufgetretenen Problematiken, aus dem das Projekt ASTREIN und die damit verbundenen Onlinemessungen im Kanalnetz entstanden sind. Im Anschluß werden die eingesetzten SONDENSYSTEME der Fa. Endress & Hauser Conducta, Stip und der Fa. Hach Lange beschrieben.

### **AP 6 Voruntersuchung Schwallspülung**

Die Schwallspülversuche mit vorhandenen Einrichtungen mußten geplant werden. Für die Findung der Versuchsstellen war eine Konkretisierung der ablagerungsgefährdeten Bereiche in Zusammenhang mit der Verwendung vorhandener Stellorgane, z.B. Schieber, und Infrastruktur notwendig. Als Vorbereitung zum Einbau weiterer Spülorgane wurde eine Marktanalyse von Spül- und Stellorganen durchgeführt. Zudem wurde die Versuchsstellung für die Spülorgan-Neuentwicklung geplant, jedoch nicht durchgeführt. Die historische Erkundung und Darstellung der technischen Möglichkeiten zur Spülung des Kanalnetzes der Stadt Gießen übernimmt hierbei **Teilbericht 6**.

### **AP 7 Praktische Versuche Schwallspülung**

Es wurden Versuche mit den im Netz vorhandenen Einrichtungen durchgeführt. Zudem wurden mit einfachen Mitteln Untersuchungen zu einer Neuentwicklung eines innovativen Schwallspülorgans durchgeführt. Diese Untersuchungen wurden während der Laufzeit des Vorhabens jedoch zu Gunsten der Immissionsbetrachtungen auf die Gewässer eingestellt. Die hierfür vorgesehenen Mittel entsprechend umgewidmet. (vgl. **Teilbericht Nr. 7**).

### **AP 8 Verarbeitung der Ergebnisse**

Die in den Simulationen, Untersuchungen und Versuchen gewonnenen Erkenntnisse wurden mit dem Ziel, sie in weiteren Projekten als Grundlage für Planungen, Berechnungen oder Simulationen zu benutzen, aufbereitet. Das bedeutet, daß die Erkenntnisse und Methoden exemplarisch auf einen Systemausschnitt, das sogenannte „Kurznetz“ angewandt wurden. Die Ergebnisse hierzu werden im **Teilbericht 8** mit der dort vorgestellten **Doktorarbeit Scheer** ausführlich erläutert.

## **AP 9 Abschlußbericht mit Teilberichten**

Die Durchführungen und Ergebnisse der Untersuchungen werden in dem hier vorliegenden Abschlußbericht in Form von drei Projektordnern, 8 Teilberichten und zwei ausführlichen Anhängen dokumentiert.

In Abbildung 6 sind die Verknüpfungen zwischen den Arbeitspaketen (AP) dargestellt. AP 1 ist notwendig für die Vorbereitung des gesamten Projektes. Die Daten, die in AP 2 ermittelt werden, werden für die Untersuchung, also auch für die Simulation, des Kanalnetzes und der Kläranlage verwendet.

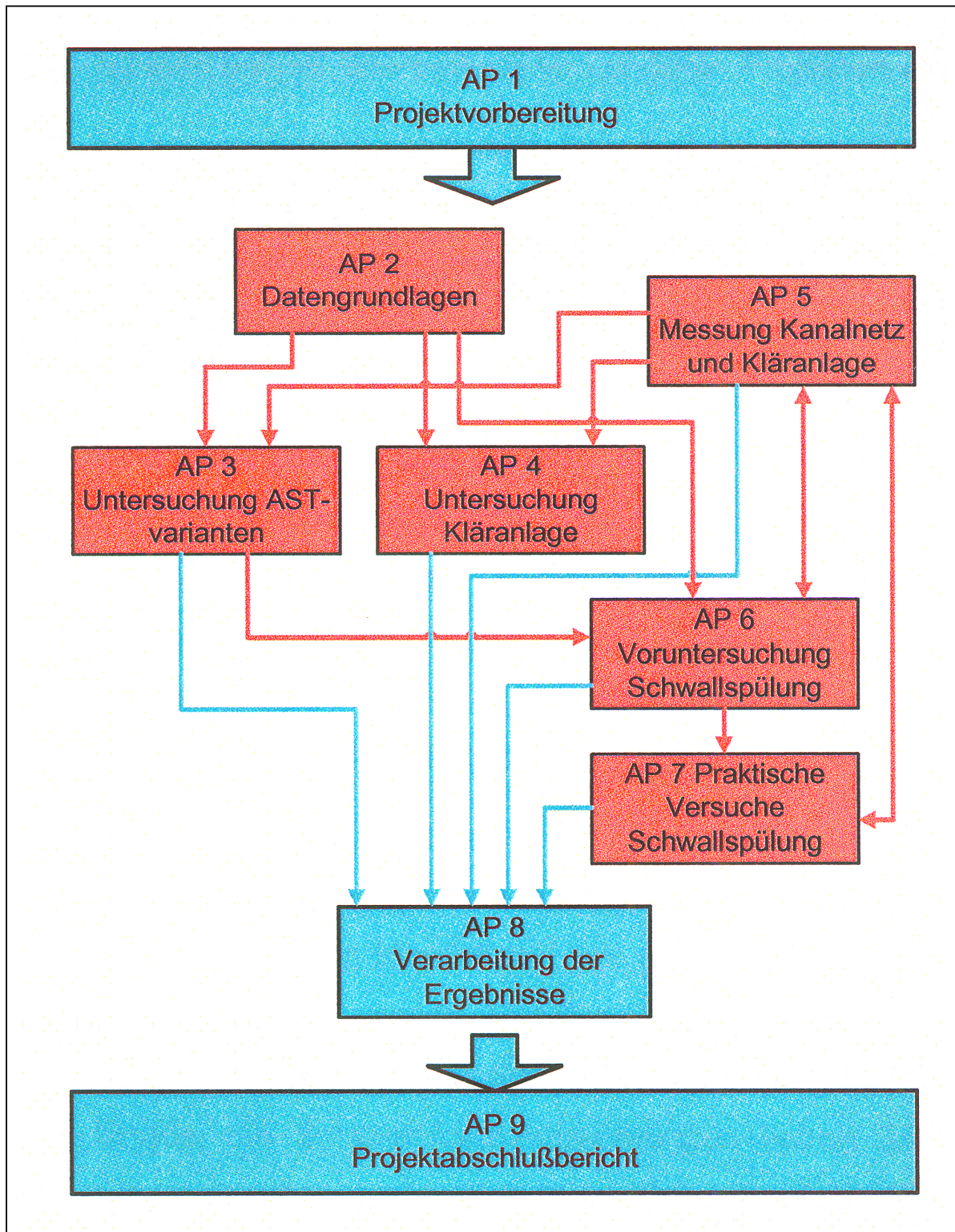


Abbildung 6: Verknüpfung der Arbeitspakete

## 7.2 Ergebnisse

In einem derart komplexen und heterogenen Vorhaben erfolgt die Darstellung der Ergebnisse wie oben bereits ausführlich dargestellt, in Form von Teilberichten zu den jeweiligen thematischen Schwerpunkten. Demgemäß werden innerhalb dieses Abschlußberichtes die folgenden Teilberichte vorgelegt:

- **Teilbericht 1:** Berechnung der Fördermengen der Schneckenpumpwerke an der Kläranlage Gießen
- **Teilbericht 2:** Erstellung eines Simulationsmodelles für das zentrale Klärwerk der Stadt Gießen
- **Teilbericht 3:** Grundlagen der Kanalnetzsimulation und der Abflußsteuerung am Kanalnetz Gießen
- **Teilbericht 4:** Wirkungen der Abflußsteuerung
- **Teilbericht 5:** On-Line – Messungen am Kanalnetz der Stadt Gießen
- **Teilbericht 6:** Spülmöglichkeiten im Kanalnetz der Stadt Gießen
- **Teilbericht 7:** Immissionsbetrachtungen – Grundlagen und Wirkungen
- **Teilbericht 8:** Untersuchung verschiedener Abflußsteuerungsvarianten am „Kurznetz“ und Beschreibung der Ergebnisse (Doktorarbeit Scheer)
- **Teilbericht 9: Plananhang**

Die nachstehende Tabelle stellt die Zuordnung zwischen Teilbericht und Arbeitspaket dar.

	AP 1	AP 2	AP 3	AP 4	AP 5	AP 6	AP 7	AP 8	AP 9
<b>Teilbericht 1: Schneckenpumpen</b>	X	X						X	X
<b>Teilbericht 2: Simulation KA</b>		X		X				X	X
<b>Teilbericht 3: Grundlagen AST</b>		X	X					X	X
<b>Teilbericht 4: Wirkungen AST</b>		X	X					X	X
<b>Teilbericht 5: On-Line Messungen</b>					X			X	X
<b>Teilbericht 6: Spülmöglichkeiten</b>						X	X	X	X
<b>Teilbericht 7: Immissionsbetrachtungen</b>		X	X					X	X
<b>Teilbericht 8: Varianten Abflußsteuerung</b>			X					X	X
<b>Plananhang</b>			X	X			X	X	X

Die Teilberichte 1 – 8 hätten den Rahmen der gebundenen Textversion bei weitem gesprengt, da der Umfang über 1000 Seiten beträgt. Auf der diesem Abschlußbericht beiliegenden CD sind alle Teilberichte und Pläne als pdf-Dateien abgespeichert.

Mit den Simulationswerkzeugen Loopsim, Awaopt und Kansim konnten die Auswirkungen der neun untersuchten Abflußsteuerungsvarianten auf das sogenannte Kurznetz bei vier ausgewählten Niederschlagsereignissen dargestellt, verglichen und quantifiziert werden. Die Ergebnisse hierzu stellt ausführlich der Teilbericht 8 in Verbindung mit dem Anhang (Doktorarbeit Scheer) dar. Ein wesentliches Ergebnis hierbei war, daß sich der Einfluß der Abflußsteuerung auf die Gewässer mittels eingeführter „Gewässerschadenskosten“ quantifizieren läßt. Die speziell für dieses Vorhaben geschaffenen Werkzeuge haben sich in der Anwendung auf das sogenannte „Kurznetz“ damit bewährt.

## 8 Innovativer Charakter des Projektes

Bisher ausgeführte Projekte zur Steuerung von Kanalnetzen beschränkten sich auf die Einbeziehung der quantitativen Parameter Wasserstand und Durchfluß. Ein wichtiges und grundlegendes Merkmal dieses Projektes ist die Betrachtung und die Einbeziehung der Schmutzkonzentrationen bzw. -frachten. Bisher wurden nur Projekte mit einer Steuerung im Regenwetterfall realisiert. In diesem Projekt sollte eine Steuerung sowohl im Regen- als auch teilweise im Trockenwetterfall erfolgen.

Die Untersuchungen haben gezeigt, wie groß das Potential für eine Steuerung ist. Die ermittelten Einflußfaktoren auf das Steuerungspotential könnten bei der Bearbeitung von anderen Projekten verwendet werden. Bisher wurden die Abflußsteuerung und die Kanalspülung weitestgehend unabhängig voneinander betrachtet. Die Wirkung von Schwallspüleinrichtungen ist einfach und effizient. Die Investitionskosten für Anschaffung und Einbau der Aggregate können jedoch erheblich sein, besonders wenn bauliche Maßnahmen oder mehrere Organe notwendig sind. In Hinblick auf die Entwicklung eines innovativen Spülorgans, das auf Grundlage eines einfachen Mechanismus, den harten Anforderungen für den Kanaleinsatz genügen und mit geringen Investitions- und Betriebskosten verbunden sein soll, wurden erste Untersuchungen durchgeführt, konnten jedoch nicht weitergeführt werden..

In Hinblick auf das Verhalten von Schmutzstoffen im Kanal konnte in diesem Projekt erwartungsgemäß kein vollständiger Modellansatz entwickelt werden. Dies ist Aufgabe der Grundlagenforschung. Hier sollen Modellansätze in Hinblick auf den praxisnahen Einsatz unter Benutzung von Messergebnissen untersucht werden. Positive Ergebnisse können hierbei auf weitere Anwendungsfälle übertragen werden. Das Spektrum der möglichen Anwendung geht über die Steuerung weit hinaus. Die Schmutzfrachtbetrachtungen haben Einfluß auf die Planung von Entwässerungssystemen, insbesondere in Hinblick auf die Emissionen in den Vorfluter. Die Quantifizierung der Schmutzfrachten und Konzentrationen gewinnt zudem in Hinblick auf die Europäische Wasserrahmenrichtlinie und das Flußgebietsmanagements weiter an Bedeutung.

Sonthofen, den 23. April 2009



i.V.

.....

Fischer

# **Gesamtes Inhaltsverzeichnis der Teilberichte 1 - 8**



**Teilbericht 1:  
Berechnung der Fördermengen der Schneckenpumpwerke an der  
Kläranlage Gießen**

**Inhalt:**

1	Einleitung und Veranlassung.....	4
2	Ausgangssituation .....	5
3	Theoretischer Hintergrund.....	6
4	Zusammenhang Füllstand-Fördermenge für das Klärwerk Gießen .....	8
5	Überprüfung des aufgestellten Zusammenhangs.....	11
6	Verteilung der Gesamtzulaufmenge auf die drei Sammler im Jahr 2005 .....	15
7	Berechnungsmethode im Fließbild .....	16

**Teilbericht 2:  
Erstellung eines Simulationsmodell für das zentrale Klärwerk der  
Stadt Gießen**

**Inhalt**

<b>1</b>	<b>ERSTELLUNG EINES SIMULATIONSMODELLS FÜR DAS KLÄRWERK GIEßEN .</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2</b>	<b>Beschreibung der Kläranlage.....</b>	<b>5</b>
1.2.1	Allgemeines.....	5
1.2.2	Einzuhaltende Grenzwerte .....	6
1.2.3	Verfahrenstechnische Einheiten.....	7
1.2.4	Betriebsweise.....	9
<b>1.3</b>	<b>Definition von Problemtypen auf dem Klärwerk.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4</b>	<b>Vorhandene Messdaten .....</b>	<b>15</b>
1.4.1	Messdaten aus Monatsberichten .....	15
1.4.2	Messdaten aus Online-Messgeräten.....	18
<b>1.5</b>	<b>Auswertung der Betriebsdaten .....</b>	<b>20</b>
1.5.1	Abwassermenge und Witterung .....	20
1.5.2	Abwassertemperatur .....	21
1.5.3	Belastungssituation auf dem Klärwerk Gießen .....	22
1.5.4	Abwasserbeschaffenheit und -zusammensetzung.....	25
1.5.5	CSB-Abbau in der Vorklärung .....	26
1.5.6	Schlammeigenschaften .....	27
<b>1.6</b>	<b>Simulationsgrundlagen.....</b>	<b>29</b>
1.6.1	Verwendetes Programm.....	29
1.6.2	Modellgrundlage.....	29
<b>1.7</b>	<b>Abwasserfraktionierung .....</b>	<b>31</b>
<b>1.8</b>	<b>Simulationsmodell.....</b>	<b>33</b>
<b>1.9</b>	<b>Eingangsdaten für die Simulation .....</b>	<b>36</b>
<b>1.10</b>	<b>Überprüfung des Simulationsmodells (Modellabgleich) .....</b>	<b>37</b>
1.10.1	Allgemeine Vorgehensweise .....	37
1.10.2	Eingangsdatensätze für den Modellabgleich.....	38

---

1.10.3 Grober Modellabgleich (statische Simulation).....	40
1.10.3.1 Datensatz A: 08.07.2003.....	40
1.10.4 Detaillierter Modellabgleich (dynamische Simulation).....	44
1.10.4.1 Datensatz A: 08.07.2003.....	44
1.10.4.2 Datensatz B: 13.06. - 01.07.2004 .....	48
1.10.4.3 Datensatz D: 05.09. - 09.10.2005 .....	53
1.10.5 Detaillierter Modellabgleich (dynamische Simulation) für spez. Fragestellungen	57
1.10.5.1 Modellabgleich - Vorklärung (Datensätze E und F) .....	57
1.10.5.2 Modellabgleich - Sauerstoffzehrung in der Belebung (Datensatz C) .....	62
1.10.5.3 Modellabgleich - Schlammabsetzverhalten in der Nachklärung .....	68
1.10.6 Zusammenfassung.....	70
<b>1.11 Simulation der Auswirkungen der Abflußsteuerungsvarianten.....</b>	<b>72</b>
1.11.1 Aufbereitung der Daten aus der Kanalnetzberechnung für die Simulation .....	72
1.11.2 Berücksichtigung des Klärwerksausbaus im Jahr 2005 .....	72
1.11.3 Automatische Betriebseinstellungen im Simulationsmodell .....	73

**Teilbericht 3:  
Grundlagen der Kanalnetzsimulation und der Abflußsteuerung am Kanalnetz Gießen**

<b>1.</b>	<b>Veranlassung.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Beschreibung der Kanalanlage .....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Projektziele .....</b>	<b>10</b>
<b>4.</b>	<b>SIMULATIONEN.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1</b>	<b>Veranlassung zur Nutzung von Simulationen .....</b>	<b>11</b>
<b>4.2</b>	<b>Verwendete Simulations- und Optimierungsprogramme .....</b>	<b>11</b>
<b>4.3</b>	<b>Kanalnetzsimulation mit KANSIM.....</b>	<b>11</b>
	Das Programm KANSIM.....	11
	Modellabgleich KANSIM und MOMENT im Ist-Zustand .....	13
<b>4.4</b>	<b>Optimierungsberechnungen mit Hilfe von LOOPSIM .....</b>	<b>18</b>
	Die Simulationsumgebung LOOPSIM .....	18
	Implementierung der Wenn-Dann-Regeln ins LOOPSIM.....	19
	Durchführung der Mehrgrößenregler-Steuerstrategie im LOOPSIM .....	19
	Durchführung der AST auf der Basis der Lösung eines Optimierungsproblems .....	19
<b>4.5</b>	<b>Kläranlagensimulation (vgl. Teilbericht 2) .....</b>	<b>20</b>
	Simulationssoftware.....	20
	Modellerstellung, Eingangsdaten und Ergebnisse.....	20
<b>4.6</b>	<b>Gewässersimulation.....</b>	<b>22</b>
	Veranlassung zur Gewässersimulation .....	22
	Kurzbeschreibung des Simulationstools.....	22
<b>4.6.1</b>	<b>Modellansätze und Modellerstellung für die Gewässergütesimulation.....</b>	<b>23</b>
<b>4.6.1.1</b>	<b>Überblick.....</b>	<b>23</b>
<b>4.6.1.2</b>	<b>Hydraulische Verzögerung .....</b>	<b>24</b>
<b>4.6.1.3</b>	<b>Frachtabbau.....</b>	<b>24</b>
<b>4.6.1.4</b>	<b>Ermittlung der minimalen Sauerstoffkonzentration im Gewässer .....</b>	<b>25</b>
<b>4.6.1.5</b>	<b>Ermittlung des maximalen Ammoniakgehalts im Gewässer.....</b>	<b>27</b>
<b>4.6.1.6</b>	<b>Ermittlung der AFS-Konzentrationen im Gewässer .....</b>	<b>28</b>
<b>4.6.2</b>	<b>Vorgehen zur Untersuchungen der hydraulischen Gewässerbelastung .....</b>	<b>29</b>
<b>4.7</b>	<b>Variantenermittlung.....</b>	<b>31</b>

Allgemeines .....	31
Variantenermittlung auf Grundlage des Abflußsteuerungsalgorithmus .....	31
Variantenermittlung auf Grundlage der Integration verschiedener Becken in die Abflußsteuerung .....	32
Zusammenfassende Darstellung der Varianten .....	33
<b>4.8 Ermittlung der Gewässerdaten .....</b>	<b>35</b>
<b>4.9 Auswahl der Niederschlagsbelastung.....</b>	<b>40</b>
Bemessungsregen für den Nachweis der Mischwasserbehandlung .....	40
4.9.1 Analyse des Nachweisregens zur Auswahl von Einzelereignissen.....	42
4.9.1.1 Veranlassung.....	42
4.9.1.2 Ermittlung der Einzelereignisse der 4 Regenreihen .....	42
4.9.1.3 Zeitliche Zuordnung der Regenreihen zur 575-Regenreihe .....	42
4.9.1.4 Versuche zur Analyse der Einzelereignisse in Hinblick auf eine Auswahl von Einzelereignissen für die Optimierungsberechnungen.....	43
4.9.2 Transformation der Ergebnisse der repräsentativen Einzelereignisse auf Jahreswerte .....	49
4.9.3 Nachweis der hydraulischen Wirkungen der AST im Gewässer .....	51
<b>Anhang .....</b>	<b>55</b>
<b>Grundlagen zur Abflußsteuerung in Kanalisationssystemen.....</b>	<b>55</b>
A1. Überblick Abflußsteuerung in Kanalisationssystemen .....	55
A2. Abflußsteuerung auf der Basis der Lösung eines Optimierungsproblems.....	56
A2.1 Grundlagen für Entwicklung und Betrieb einer Online-Optimierung .....	57
A2.2 Online-Optimierungsalgorithmus .....	58
Exkurs: Ablauf der Online-Optimierung beim Abwasserverband Obere Iller .....	61
A3. Regelbasierte Abflußsteuerung eines Entwässerungssystems .....	62
A3.1 Allgemeines .....	62
A3.2 Mögliche Ansätze zur Entwicklung von Wenn-Dann-Regeln.....	62
Allgemeines .....	62
Ansatz 2: Wenn-Dann-Regeln zur Minimierung der Entlastungswassermenge in Abhängigkeit von Speicherfüllgraden .....	65
A3.3 Lineare Mehrgrößenregler .....	67
Allgemeines .....	67
Weyand´scher Algorithmus .....	67
In diesem Vorhaben angewendete Mehrgrößenregler .....	69

## Teilbericht 4: Wirkungen der Abflußsteuerung

### Inhalt

<b>1. Darstellung der potentiellen Wirkungen der Abflußsteuerung in der Gesamtwirkungsmatrix.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Wirkungen auf die Mischwasserbehandlung und Wirkungen auf das Gewässer....</b>	<b>7</b>
<b>3. Zusammenhang zwischen den Wirkungen auf den Nachweis der Mischwasserbehandlung und anderen Wirkungen der AST.....</b>	<b>8</b>
<b>4. Wirkungen der Abflußsteuerung auf den Nachweis der Mischwasserbehandlung.</b>	<b>9</b>
Wirkungen auf den Mischwasserbehandlungsnachweis im IST-Zustand .....	9
Beschreibung der Wirkungen .....	9
Ermittlung der quantitativen Wirkungen .....	9
Ermittlung der qualitativen Wirkungen.....	10
Wirkungen auf potentielle erhöhte Anforderungen als nach A 128 – reduzierte CSBEntlastungsfracht.....	10
Ermittlung der qualitativen Wirkungen.....	11
Weitere mögliche Ansätze zur Ermittlung der Wirkungen auf potentielle erhöhte Anforderungen als nach A 128.....	11
Grenzwert Spitzenbelastung als erhöhte Anforderung.....	11
Entlastungsdauer als erhöhte Anforderung.....	12
<b>5. Wirkungen der Abflußsteuerung auf das Gewässer .....</b>	<b>12</b>
5.1 Beschreibung der Wirkungen .....	12
5.2 Ermittlung der quantitativen Wirkungen.....	16
5.3 Ermittlung der qualitativen Wirkungen.....	16
5.4 Weitere mögliche Ansätze zur monetären Bewertung der Entlastungen aus dem Kanalnetz .....	18
Monetäre Bewertung auf Grundlage der Abwasserabgabe .....	18
Monetäre Bewertung mit dem Hilfwert spezifische Regenbeckenkosten .....	19

<b>6.</b>	<b>Wirkungen der Abflußsteuerung auf die Kläranlage.....</b>	<b>20</b>
6.1	Wirkungen der Abflußsteuerung auf den Kläranlagenbetrieb.....	20
6.1.1	Beschreibung der Wirkungen .....	20
	Ermittlung der quantitativen Wirkungen.....	23
	Ermittlung der qualitativen Wirkungen.....	23
6.2	Weitere mögliche Ansätze zur Ermittlung und Bewertung der Wirkungen der AST auf den Kläranlagenbetrieb .....	25
6.3	Wirkungen der Abflußsteuerung auf die Kläranlagenbemessung .....	26
6.3.1	Beschreibung der Wirkungen .....	26
<b>7.</b>	<b>Wirkungen der Abflußsteuerung auf den Kanalbetrieb .....</b>	<b>27</b>
7.1	Allgemeines zur Kategorie Kanalbetrieb .....	27
7.2	Wirkungen der Abflußsteuerung auf den Instandhaltungsaufwand.....	27
	Ermittlung der quantitativen Wirkungen auf den Instandhaltungsaufwand.....	28
	Ermittlung der qualitativen Wirkungen auf den Instandhaltungsaufwand.....	28
7.3	Wirkungen der Abflußsteuerung auf Schäden im Normalbetrieb .....	29
	Beschreibung der Wirkungen auf Schäden im Normalbetrieb.....	29
	Ermittlung der quantitativen Wirkungen auf Schäden im Normalbetrieb .....	29
	Ermittlung der qualitativen Wirkungen auf Schäden im Normalbetrieb .....	30
7.4	Wirkungen der Abflußsteuerung auf Motivationssteigerungen des Personals .....	30
	Beschreibung der Wirkungen .....	31
	Ermittlung der quantitativen Wirkungen.....	31
	Ermittlung der qualitativen Wirkungen.....	31
7.5	Wirkungen der Abflußsteuerung auf Ablagerungen im Kanal.....	32
	Beschreibung der Wirkungen .....	32
	Ermittlung der quantitativen Wirkungen.....	33
	Ermittlung der qualitativen Wirkungen.....	34
7.6	Wirkungen der Abflußsteuerung auf Schädigungen durch Einleitung von Störstoffen .....	34
	Beschreibung der Wirkung .....	34
	Ermittlung der quantitativen Wirkungen.....	35
	Ermittlung der qualitativen Wirkungen.....	35
7.7	Wirkungen der Abflußsteuerung auf die Pumpkosten .....	36
7.8	Wirkungen der Abflußsteuerung auf Überstau .....	36
	Beschreibung der Wirkungen der Abflußsteuerung.....	36
	Ermittlung der quantitativen Wirkungen.....	37

Ermittlung der qualitativen Wirkungen.....	38
<b>8. Wirkungen der Abflußsteuerung auf die Kosten der Maßnahme .....</b>	<b>40</b>
8.1 Beschreibung der Wirkungen .....	40
Ermittlung der quantitativen Wirkungen .....	40
Ermittlung der qualitativen Wirkungen.....	40



## Teilbericht 5: On-Line-Messungen im Kanalnetz der Stadt Gießen

### INHALT

<b>1</b>	<b>ONLINEMESSUNGEN</b>	<b>1</b>
1.1	Allgemeines	1
1.2	Ziele	1
1.3	Kanalnetz & Klärwerk Gießen	2
1.4	Auftretende Probleme im Verbund Kanalnetz & Klärwerk	5
<b>2</b>	<b>BESCHREIBUNG &amp; EINBAU DER SONDENSYSTEME, KALIBRIERUNG UND AUFGETRETENE PROBLEMATIKEN</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Beschreibung der verwendeten Sondensysteme</b>	<b>7</b>
2.1.1	Sondensystem STIP-scan (Fa. Endress & Hauser Condukta Stip)	7
2.1.2	Sondensystem SOLITAX inline Fa. Hach Lange	9
<b>2.2</b>	<b>Einbau der Sondensysteme</b>	<b>10</b>
<b>2.3</b>	<b>Kalibrierung der Sondensysteme</b>	<b>13</b>
2.3.1	Kalibrierung des Sondensystem Stip-scan	13
2.3.2	Kalibrierung des Sondensystems Solitax	16
<b>2.4</b>	<b>Vergleichende Messungen Sondensystem zu 2 h Mischproben während der Messkampagne</b>	<b>17</b>
2.4.1	Allgemeines zur Messung	17
2.4.2	Vergleich Sondenmesswerte zu 2h Mischproben am Haupt- und Kleebachsammler (Parameter CSB)	18
2.4.3	Vergleich Sondenmesswerte zu 2h Mischproben am Hauptsammler (Parameter Trü- bung)	21
2.4.4	Vergleich Sondenmesswerte zu 2h Mischproben am Haupt- und Kleebachsammler (Parameter TS)	24
<b>2.5</b>	<b>Aufgetretene Problematiken während der Messphase</b>	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE DER ONLINEMESSPHASE AUGUST BIS DEZEMBER 2005</b>	<b>30</b>
3.1	Mittel-, Minimum- und Maximumwerte der Monate August bis Dezember 2005 Haupt-, Kleebach- und Weststadtsammler	30

<b>3.2</b>	<b>Darstellung der monatlichen Messergebnisse</b>	<b>34</b>
<b>3.3</b>	<b>Darstellung der Messergebnisse bezogen auf eingetretenen Zulaufereignisse</b>	<b>42</b>
<b>4</b>	<b>INTERPRETATION DER MESSERGEBNISSE</b>	<b>47</b>
II		
<b>5</b>	<b>BEWERTUNG DER SONDENSYSTEME BEZOGEN AUF DEN VERWENDUNGSORT</b>	<b>52</b>

## **ANHÄNGE**

- Anhang 1: Kalibrierung des Sondensystems Stip-Scan (Endress & Hauser Condukta) sowie Feststoffsonde Solitax (Hach Lange)
- Anhang 2: Grafische Auswertung der Zulaufmengen der Sammler des Klärwerks Gießen, für den Messzeitraum August bis Dezember 2005
- Anhang 3: Grafische Auswertung der Onlinemessergebnisse für den Hauptsammler (Sondensystem Stip-Scan), für den Messzeitraum August bis Dezember 2005
- Anhang 4: Grafische Auswertung der Onlinemessergebnisse für den Hauptsammler (Sondensystem Solitax), für den Messzeitraum Oktober bis Dezember 2005
- Anhang 5: Grafische Auswertung der Onlinemessergebnisse für den Hauptsammler (Sondensystem Stip-Scan), für den Messzeitraum August bis Dezember 2005 (Tages- / Wochenganglinien)
- Anhang 6: Grafische Auswertung der Onlinemessergebnisse für den Kleebachsammler (Sondensystem Stip-Scan), für den Messzeitraum August bis Dezember 2005
- Anhang 7: Grafische Auswertung der Onlinemessergebnisse für den Kleebachsammler (Sondensystem Solitax), für den Messzeitraum August bis Dezember 2005
- Anhang 8: Grafische Auswertung der Onlinemessergebnisse für den Kleebachsammler (Sondensystem Stip-Scan), für den Messzeitraum August bis Dezember 2005 (Tages- / Wochenganglinien)
- Anhang 9: Grafische Auswertung der Onlinemessergebnisse für den Weststadtsammler (Sondensystem Stip-Scan), für den Messzeitraum August bis Dezember 2005
- Anhang 10: Grafische Auswertung der Onlinemessergebnisse für den Weststadtsammler (Sondensystem Stip-Scan), für den Messzeitraum August bis Dezember 2005 (Tages- / Wochenganglinien)

## Teilbericht 6: Spülmöglichkeiten im Kanalnetz der Stadt Gießen

<b>1</b>	<b>ZIELSETZUNG DER WISSENSCHAFTLICHEN BEGLEITUNG FÜR DEN BEREICH „UNTERSUCHUNGEN IM KANALNETZ“</b>	<b>1</b>
1.1	Ziel	1
1.2	Kanalnetz Gießen	1
<b>2</b>	<b>ARTEN UND VERFAHREN DER KANALREINIGUNG OHNE UND MIT SCHWALLSPÜLUNG</b>	<b>3</b>
2.1	Strategie und Zielsetzung der Kanalreinigung ohne Schwallspülung	3
2.2	<b>Manuelle Reinigung</b>	<b>6</b>
2.2.1	Einsatzort und Funktionsbeschreibung	6
2.2.2	Bewertung	7
2.3	<b>Hochdruckreinigung</b>	<b>10</b>
2.3.1	Einsatzort und Funktionsbeschreibung	10
2.3.2	Reinigungsleistung und Wirksamkeit	12
2.3.3	Bewertung	14
2.4	<b>Göttinger Kugel</b>	<b>17</b>
2.4.1	Einsatzort und Funktionsbeschreibung	17
2.4.2	Erfahrungsbericht	19
2.4.3	Bewertung	21
2.5	<b>Spülkippe</b>	<b>24</b>
2.5.1	Einsatzort und Funktionsbeschreibung	24
2.5.2	Reinigungsleistung und Wirksamkeit	27
2.5.3	Systemanbieter	28
2.5.4	Bewertung	29
2.6	<b>Wirbeljet</b>	<b>32</b>
2.6.1	Einsatzort und Funktionsbeschreibung	32
2.6.2	Reinigungsleistung und Wirksamkeit	34

---

2.6.3	Bewertung	36
<b>2.7</b>	<b>Spülschieber</b>	<b>39</b>
2.7.1	Einsatzort und Funktionsbeschreibung	39
2.7.2	Reinigungsleistung und Wirksamkeit	40
2.7.3	Systemanbieter	43
2.7.4	Bewertung	43
<b>2.8</b>	<b>Versenkbares Wehr</b>	<b>47</b>
2.8.1	Einsatzort und Funktionsbeschreibung	47
2.8.2	Reinigungsleistung und Wirksamkeit	48
II		
2.8.3	Systemanbieter	50
2.8.4	Bewertung	51
<b>3</b>	<b>ARTEN UND VERFAHREN DER KANALREINIGUNG MIT SCHWALLSPÜLUNG</b>	<b>54</b>
<b>3.1</b>	<b>Eigenschaften einer Schwallwelle</b>	<b>54</b>
<b>3.2</b>	<b>Funktionsweise und Charakterisierung einer Schwallspülung</b>	<b>55</b>
<b>3.3</b>	<b>Anwendbarkeit der Schwallspülung in großen und kleinen Abwasserkanälen</b>	<b>58</b>
3.3.1	Schwallspülung in nicht begehbaren Mischwasserkanälen (DN < 800)	58
3.3.2	Schwallspülung in begehbaren Mischwasserkanälen (DN > 800)	60
<b>3.4</b>	<b>Schachtspüleinrichtungen</b>	<b>60</b>
3.4.1	Einsatzort und Funktionsbeschreibung	60
3.4.2	Reinigungsleistung und Wirksamkeit	64
3.4.3	Systemanbieter	65
3.4.4	Bewertung	66
<b>3.5</b>	<b>Spülklappe</b>	<b>69</b>
3.5.1	Einsatzort und Funktionsbeschreibung	69
3.5.2	Reinigungsleistung und Wirksamkeit	73
3.5.3	Systemanbieter	77
3.5.4	Bewertung	78
<b>3.6</b>	<b>Vakuum-Kammer-Anlage</b>	<b>81</b>
3.6.1	Einsatzort und Funktionsbeschreibung	81
3.6.2	Reinigungsleistung und Wirksamkeit	83
3.6.3	Systemanbieter	87
3.6.4	Bewertung	88

---

<b>3.7</b>	<b>Kammer-Klappen-Anlage</b>	<b>92</b>
3.7.1	Einsatzort und Funktionsbeschreibung	92
3.7.2	Reinigungsleistung und Wirksamkeit	94
3.7.3	Systemanbieter	96
3.7.4	Bewertung	97
<b>3.8</b>	<b>Spülschütz</b>	<b>100</b>
3.8.1	Einsatzort und Funktionsbeschreibung	100
3.8.2	Reinigungsleistung und Wirksamkeit	101
3.8.3	Systemanbieter	104
3.8.4	Bewertung	104
<b>3.9</b>	<b>Sonstige Spüleinrichtungen</b>	<b>107</b>
3.9.1	Erläuterung	107
3.9.2	Drehbogen	108
3.9.3	Spülsack	109
<b>4</b>	<b>HISTORISCHE DATENERHEBUNG UND UNTERSUCHUNGEN IM KANALNETZ DER STADT GIEßEN</b>	<b>111</b>
<b>4.1</b>	<b>Verlauf und Standortbeschreibung</b>	<b>111</b>
<b>4.2</b>	<b>Probeentnahme im Kanalnetz</b>	<b>115</b>
<b>4.3</b>	<b>Ergebnisse der historischen und „vor Ort“ Untersuchungen</b>	<b>115</b>
4.3.1	Ergebnisse der historischen und vor Ort Untersuchungen Haupt-/ Wiesecksammler	115
4.3.2	Ergebnisse der historischen und „vor Ort“ Untersuchungen Annerod-/ Fernwaldsammler	126
4.3.3	Ergebnisse der historischen und „vor Ort“ Untersuchungen Kleebachsammler	130
<b>5</b>	<b>RESÜMEE</b>	<b>135</b>

## Teilbericht 7: Immissionsbetrachtungen – Grundlagen und Wirkungen

### Inhalt

<b>1.</b>	<b>Arten von Wirkungen</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>Quantitative Wirkungen</b> .....	<b>5</b>
2.1	Allgemeines .....	5
2.2	Indikatoren zur Beschreibung der quantitativen Wirkungen .....	6
<b>3</b>	<b>Qualitative Wirkungen</b> .....	<b>7</b>
3.1	Aspekte zur Bewertung der Wirkungen .....	7
3.2	Volkswirtschaftliche Verfahren zur Bewertung von Umweltauswirkungen.....	9
<b>4</b>	<b>Objektivität</b> .....	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Bezugszeitraum</b> .....	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Grundlagen Gewässer</b> .....	<b>14</b>
6.1	GEWÄSSERVERÄNDERUNGEN UND SCHÄDEN DURCH MISCHWASSEREINLEITUNGEN.....	14
6.2	UNTERSCHIEDE DER MISCHWASSEREINLEITUNGEN ZU KLÄRANLAGENEINLEITUNGEN .....	17
<b>7</b>	<b>Emissionsbetrachtung – Immissionsbetrachtung</b> .....	<b>18</b>
7.1	ZIELE BEI DER IMMISSIONSBEZOGENEN BEWERTUNG VON EMISSIONEN..	20
7.2	BEWERTUNGSANSÄTZE DER EMISSIONEN UND IMMISSIONEN .....	22
	BWK-MERKBLATT M3.....	22
	DWA-MERKBLATT M153.....	24
	URBAN POLLUTION MANAGEMENT MANUAL.....	25
	CHEMISCHE GEWÄSSERGÜTEKLASSIFIKATION NACH LAWA.....	25
	SCHWACHSTELLENANALYSE .....	25

## **Teilbericht 8: Untersuchung verschiedener Abflußsteuerungsvarianten (Doktorarbeit Scheer)**

1. Abflußsteuerungsvarianten
2. Systemausschnitt, an dem die Simulationsberechnungen durchgeführt wurden
3. Durchgeführte Simulationsberechnungen
4. Auswertung der Simulationsberechnungen
  - 4.1 Vergleich der Simulationsergebnisse mit dem Programm MOMENT und KANSIM
  - 4.2 Quantitative Wirkungen auf das Gewässer und auf die Kläranlage
  - 4.3 Qualitative Wirkungen auf das Gewässer und auf die Kläranlage
5. Variantenauswahl
6. Daten zu den Simulations- und Optimierungs-berechnungen und Auswertungen
7. Die Simulationsumgebung LOOPSIM
8. Ergebnisse der Simulationsergebnisse in Tabellenform

### **Anhang: Doktorarbeit Scheer, Originaltext**

## **Teilbericht 9: Plananhang**

### **Schemapläne Kanalnetz:**

- **Gießen**
- **Kleebach**
- **Kleebach – Dießenbach**
- **Kleebach – Lückenbach**
- **Weststadt**
- **Wieseck**

### **Sonstige Pläne**

- **Übersichtsplan Sammler**
- **Funktions- und Lageskizze Kläranlage**
- **Übersichtsplan Kanalnetz Gießen – Sonderbauwerke und Einzugsgebiete**