

## Erfahrungen mit immissionsorientiertem Gewässerschutz aus Sicht Ingenieur

M. Rüdüsüli<sup>1</sup>, B. Tinner<sup>1</sup> und M. Gresch<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Hunziker Betatech AG, Pflanzschulstrasse 17, Postfach 83, 8411 Winterthur, Schweiz

\*Email des korrespondierenden Autors: markus.gresch@hunziker-betatech.ch

**Kurzfassung** Die immissionsorientierte Betrachtung der Einleitung von Mischabwasser aus der Siedlungsentwässerung in die Fliessgewässer ist heutzutage die Regel. Erst dadurch wird ein integraler, lokalspezifischer und problemorientierter Gewässerschutz möglich. Zentrales Element ist die gewässerökologische Untersuchung, die die durch die Siedlungsentwässerung verursachten Probleme des Gewässers identifiziert. Anhand der STORM-Richtlinien werden die Anforderungen an den Zustand des Gewässers definiert und mit Hilfe von Berechnungsprogrammen (z.B. REBEKA und/oder SIMBA) quantitativ modelliert. In der Praxis zeigt sich dabei oft eine Diskrepanz zwischen den modellierten und den durch die gewässerökologische Untersuchung festgestellten Defizite. Dies wird für den Fall hoher Ammoniakkonzentration und einer nicht nachweisbaren Fischsterblichkeit am Fallbeispiel der Steinach demonstriert. In einem zweiten Fallbeispiel wird gezeigt wie mittels Langzeitsimulationen mit SIMBA eine Kanalnetzbewirtschaftung durchgeführt werden kann. Das Ziel dieser Kanalnetzbewirtschaftung ist eine effizientere Nutzung der vorhandenen Speichervolumen verbunden mit einem besseren Schutz der Gewässer vor schädlichen Mischabwassereinleitungen.

*Schlagwörter:* Siedlungsentwässerung, STORM, Gewässerschutz, gewässerökologische Untersuchung, Langzeitsimulation, Kanalnetzbewirtschaftung

### 1 EINLEITUNG

Die Einleitung von verschmutztem Regenabwasser aus der Mischabwasserkanalisation stellt immer noch vielerorts eine starke Belastung für die Vorfluter dar. Neben hygienischen und ästhetischen Beeinträchtigungen (Hygieneartikel, Schaumbildung, Geruchsemissionen, etc.), werden die Vorfluter auch stofflich stark belastet, was unter anderem zu einem vermehrten Algenwachstum oder zu einem Rückgang der Biodiversität führen kann.

Traditionell wurde die Einleitung von Regenabwasser emissionsbasiert betrachtet [1, 2]. Das zentrale Element dieser Betrachtungsweise sind die Stoffe, die aus der Kanalisation in den Vorfluter gelangen („End-of-Pipe“) und ausschliesslich in Form von Konzentrationen und Frachten quantifiziert werden. Das heisst, lokalen Gegebenheiten im Gewässer und Wechselwirkungen zwischen Kanalnetz, Kläranlage und Vorfluter werden nicht berücksichtigt.

Heutzutage wird vermehrt der integrale und immissionsbasierte Ansatz gemäss STORM [3] bei der Regenabwasserentsorgung angewandt. Mit dem immissionsbasierten Ansatz wird das Gewässer ins Zentrum der Betrachtung gestellt und eine Optimierung des gesamten Systems angestrebt [3]. Vor allem die Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen der Siedlungsentwässerung und den resultierenden Auswirkungen im Gewässer steht im Vordergrund [4]. Die Siedlungsentwässerung wird dadurch integral („von der Siedlung bis ins Gewässer und Grundwasser“), lokalspezifisch („individuell für jede Siedlungslokalität und seine Vorfluter“) und problemorientiert („Lösungen durch gezielte Massnahmen“) betrachtet und Lösungen sowohl technisch als auch ökologisch bewertet [1].

Im Folgenden werden Erfahrungen aus der Praxis mit immissionsorientiertem und integralem Gewässerschutz aufgezeigt. Dazu wird im Abschnitt 2 das Vorgehen gemäss STORM vorgestellt und insbesondere die zentrale Rolle der gewässerökologischen Untersuchung hervorgehoben. In Abschnitt 3 werden kurz die Modellierungswerkzeuge REBEKA und SIMBA vorgestellt. Anhand eines ersten Fallbeispiels wird in Abschnitt 4 dargestellt, wie es in der Praxis zu Diskrepanzen in den Immissionen zwischen der STORM-Betrachtung und der gewässerökologischen Untersuchungen kommen kann. Abschnitt 5 zeigt schliesslich anhand eines zweiten Fallbeispiels, wie die integrale Betrachtung eines Einzugsgebiets für eine bessere Bewirtschaftung des Speichervolumens im Kanalnetz verwendet werden kann.

## 2 VORGEHEN

Das Vorgehen beim immissionsorientierten Gewässerschutz gemäss STORM umfasst in einem ersten Schritt die Identifikation des Problems. Diese Problemidentifikation ergibt sich aus gewässerökologischen Untersuchungen und Messungen [3]. Die gewässerökologische Untersuchung umfasst – je nach Untersuchungsspektrum – die Beurteilung der Gewässer im Sinne der Ökomorphologie, der äusseren Aspekte (Trübung, Geruch, Verfärbung, Schaumbildung, hygienische Belastung, etc.), des Zoobenthos (Wasserwirbellose) und der Kieselalgen. Fallweise können auch weitere Aspekte der Gewässerökologie in die Untersuchung miteinbezogen werden. Übergeordnet werden auch bereits bekannte Probleme aus dem Generellen Entwässerungsplan (GEP) [5] übernommen. Vorzugsweise wird die gewässerökologische Untersuchung an verschiedenen Abschnitten des Gewässers, insbesondere ober- und unterhalb der Einleitstellen durchgeführt.

Anhand der erkannten Defizite der gewässerökologischen Untersuchung wird schliesslich entschieden, ob ein Handlungsbedarf besteht und ob dieser durch die Siedlungsentwässerung entstand oder andere Ursachen dafür verantwortlich sind. Falls ein Handlungsbedarf aus der Siedlungsentwässerung besteht, wird in einem nächsten Schritt ein Massnahmenspektrum erstellt um die identifizierten Probleme zu beheben oder zumindest zu entschärfen.

Um die vorgeschlagenen Massnahmen zu bewerten, werden Ziele, Anforderungen und Grenzwerte aus den STORM-Richtlinien [4] bzw. der Gewässerschutzverordnung (GSchV) [6] herangezogen. Die Grenzwerte nach STORM umfassen stoffliche (Ammoniak, partikuläre Stoffe, gelöster Sauerstoff, Nährstoffe), physikalische (hydraulisch-mechanische Beeinträchtigungen, Temperatur), hygienische und ästhetische Belastungen. Basierend auf diesen Grenzwerten werden die effektivsten und effizientesten Massnahmen bestimmt.

## 3 MODELLIERUNG

### 3.1 REBEKA

Zur Abschätzung der Beeinträchtigung der Fliessgewässer durch die Siedlungsentwässerung bei Regenwetter wird in der STORM-Betrachtung prinzipiell die Software REBEKA [7] als *screening tool* eingesetzt. Vor allem für die Einhaltung der Grenzwerte (Geschiebetrieb, Trübung, Kolmation und Toxizität durch GUS, Ammoniak und Sauerstoffzehrung) bietet sich die wahrscheinlichkeitstheoretische Modellierung der Entlastungsfrachten mit REBEKA an. Die stochastische Herangehensweise von REBEKA mittels Monte-Carlo-Simulation ermöglicht es insbesondere Unsicherheiten im System und in der Modellierung quantitativ zu beschreiben und die Resultate in Form von Wahrscheinlichkeiten auszugeben.

Grosse Unsicherheiten bestehen vor allem bei den Grenzwerten selber. Bei der Massnahmenplanung kommt der Wahl der Grenzwerte naturgemäss eine zentrale Rolle zuteil. Für eine realistische Massnahmenplanung sind diese Unsicherheiten zu berücksichtigen. Dies ist heute noch nicht möglich.

Bei der Langzeitsimulation mit REBEKA wird die Beziehung zwischen Entlastungsbauwerk und dem dazugehörigen Einzugsgebiet vereinfacht modelliert. Dadurch kommt es zu Diskrepanzen zwischen Messung und Simulation, die den Einsatz von REBEKA als Werkzeug zur Dimensionierung und für die Massnahmenplanung erschweren.

### 3.2 SIMBA

Eine Alternative zu REBEKA ist das Simulationssystem SIMBA [8], das als Erweiterungspaket unter MATLAB®/Simulink® läuft. Mit SIMBA ist eine detaillierte und realistische Abbildung der Prozesse in der Siedlungsentwässerung möglich. Die ganzheitliche Betrachtung umfasst neben dem Kanalnetz und der Kläranlage auch die Entlastungsbauwerke und die Fließgewässer (Vorfluter). Die hydrologische und/oder hydrodynamische Abflussberechnung führt zu einer detaillierten Simulation von Abfluss und Wassergüte in Vorflutern. Zur Analyse von Einleitungen aus dem Kanalnetz können verschiedene biochemische Transformationsmodelle verwendet werden. Eine nahtlose Integration mit Kanalnetz- und Kläranlagenmodulen sowie mit Steuerungsalgorithmen ist ebenfalls möglich. Besonders diese detaillierte räumliche Auflösung des Einzugsgebiets und die flexible hydrodynamische Simulation des Kanalnetzes sind wertvolle Vorzüge von SIMBA. Ein weiterer Vorteil von SIMBA ist, dass bei grossen Einzugsgebieten unterschiedliche Regenmesser für Teileinzugsgebiete verwendet werden können. Dies kann gerade in

Gebieten mit einer komplexen Topographie, z.B. mit mehreren Talflanken wichtig sein. Demgegenüber müssen Immissionsberechnungen selbst implementiert werden und stochastische Simulation sind nur innerhalb der MATLAB-Umgebung möglich.

#### 4 GEWÄSSERSCHUTZ BEI REGENWETTER (FALLBEISPIEL)

Hinsichtlich des Gewässerschutzes bei Regenwetter ergibt sich in der Praxis oft das Problem, dass zwar aus der gewässerökologischen Untersuchung eine Beeinträchtigung des Gewässers durch die Siedlungsentwässerung festgestellt wird, sich diese aber nicht unbedingt mit den problematischen Immissionen gemäss STORM decken muss. Das heisst, die als problematisch identifizierten Stoffe gemäss STORM, müssen nicht zwingend die Ursache für die Beeinträchtigung des Gewässers sein. Diese Diskrepanz kann dazu führen, dass falsche Massnahmen (z.B. Vergrösserung des Regenbeckenvolumens, etc.) vorgeschlagen werden und die Ursache der Beeinträchtigung nicht effektiv behoben wird. Diese Problematik soll im folgenden Fallbeispiel anhand der Steinach in der Stadt St. Gallen aufgezeigt werden.

##### 4.1 Einzugsgebiet der Steinach

Die Steinach entspringt südöstlich der Stadt St. Gallen zwischen Vögelinsegg und St. Georgen und fliesst via St. Gallen und Steinach in den Bodensee. Auf St. Galler Stadtgebiet fliesst die Steinach im Steinachstollen unterirdisch und kommt oberhalb des Regenbeckens Lukasmüli wieder an die Oberfläche. Die Steinach dient als Vorfluter für die ARA Hofen (ca. 70'000 Einwohnerwerte) und für die Siedlungsentwässerung in der Osthälfte der Stadt St. Gallen.

Bei Trockenwetter ist rund 80% des Abflusses der Steinach gereinigtes Abwasser aus der ARA Hofen. Dies führt zu einer starken stofflichen Belastung. Aus diesem Grund wird in Zukunft das gereinigte Abwasser der ARA Hofen in einem Druckstollen in den Bodensee geleitet. Somit verbleibt aus der Siedlungsentwässerung nur noch der Eintrag von verdünntem Mischabwasser aus den Entlastungsbauwerken bei Regenwetter.

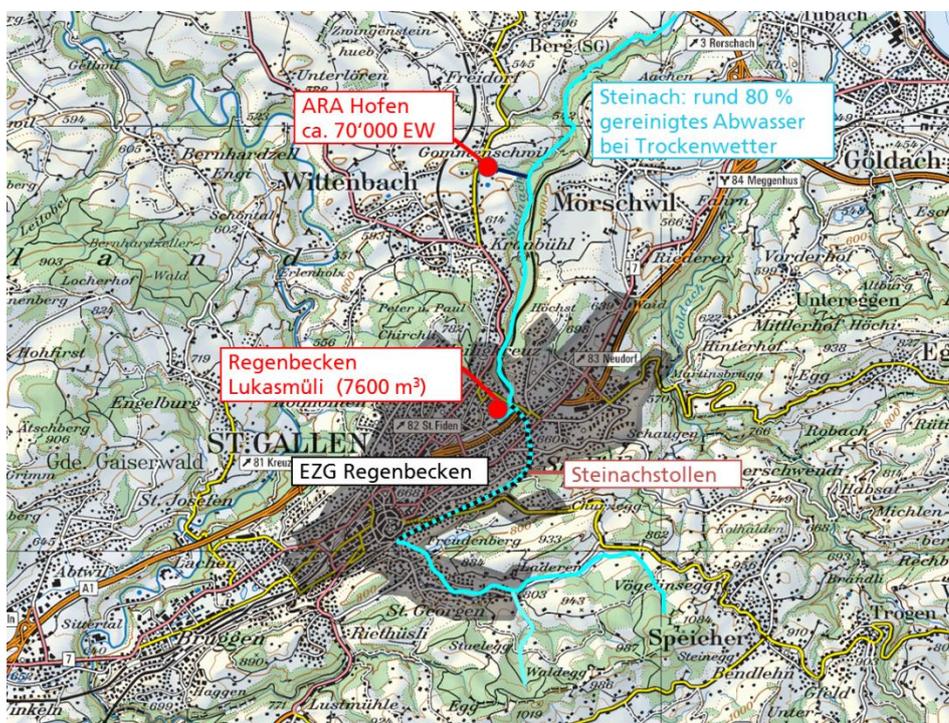


Abbildung 1: Verlauf der Steinach in der Stadt St. Gallen mit den für die Siedlungsentwässerung wichtigsten Bauwerken und Randbedingungen (geodata © swisstopo).

## 4.2 **STORM-Betrachtungen**

Die Auswirkungen der Mischabwassereinleitungen auf die Steinach wurden gemäss STORM-Richtlinien untersucht. Nach einer ersten groben Berechnung mit REBEKA (*screening*) wurde eine Relevanzmatrix erstellt und markante Gewässerabschnitte begangen.

Diese Betrachtung der Steinach gemäss STORM ergab als kritische Parameter TSS (totale suspendierte Stoffe) und Ammoniak. REBEKA-Berechnungen ergaben weiter, dass die immissionsorientierten Anforderungen an Ammoniak als Fischgift mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht eingehalten werden. Auch durch den Bau eines massiv grösseren Rückhaltevolumens von 20'000 m<sup>3</sup> im Regenbecken Lukasmüli (heute: 7'600 m<sup>3</sup>; 22 m<sup>3</sup>/ha<sub>red</sub> [9]) könnten, gemäss REBEKA, die Anforderungen an den Ammoniakgrenzwert nicht eingehalten werden.

Die berechneten Ammoniak-Konzentrationen müssten gemäss STORM-Anforderungen letale Folgen für die Fischpopulation haben. Demgegenüber ergaben Auskünfte von Fischern vor Ort zwar auch eine teilweise ungenügende Wasserqualität, trotzdem aber einen guten und sich selbstvermehrenden Fischbestand.

## 4.3 **Messkampagne**

Die im Abschnitt 4.2 beschriebene Diskrepanz zwischen der STORM-Betrachtung und den Beobachtungen vor Ort lassen keine gesicherte Massnahmenplanung zu. Deshalb wurde eine Messkampagne zur messtechnischen Erfassung von Entlastungsereignissen und deren Auswirkungen auf die Steinach durchgeführt. Dazu werden Wasserproben bei Entlastungsereignissen entnommen und anschliessend im Labor analysiert. Nebenbei werden der Fischbestand, der äussere Aspekt und der Abfluss und die stoffliche Vorbelastung der Steinach erfasst sowie an ausgewählten Stellen die Sedimente auf toxische Stoffe hin untersucht.

## 4.4 **Modellierung**

Komplementär zur in Abschnitt 4.3 beschriebenen Messkampagne wird zur Berechnung der Schmutzstofffracht (z.B. Ammonium) die Simulationssoftware SIMBA (Version 6.4, Blockbibliothek: Sewer) zur Immissionsberechnung benutzt. Durch eine vorangehende Messung der sensitiven Parameter des Modells (z.B. pH des entlasteten Mischabwassers und Abfluss der Steinach) kann das SIMBA-Modell gut an die realen Situationen im Teilsystem „Siedlungsentwässerung“ und im Teilsystem „Vorfluter“ angepasst werden.

## 4.5 **Resultate und Diskussion**

Die Problematik der erhöhten Fischsterblichkeit durch einen erhöhten Ammoniak-Gehalt in der Steinach ist in Abbildung 2 – relativ zum STORM-Grenzwert (letale Dosis LC 10 für Bachforellen) – für Messung und Simulation (SIMBA und REBEKA) dargestellt.

Im Gegensatz zu der aus Abbildung 2 resultierenden hohen Fischsterblichkeit zeigt die Erfassung des effektiven Fischbestands eine gute Fischdichte und Populationsstruktur sowie nur ganz selten Anomalien auf. Ein negativer Einfluss der Mischwasserentlastungen auf die Fischpopulation kann nicht festgestellt werden. Dies ist umso bemerkenswerter, da innerhalb der letzten Jahrzehnte keine Aussetzungen stattgefunden haben und auch eine Fischwanderung von unten und oben infolge Hindernisse und Stollen nicht möglich ist.

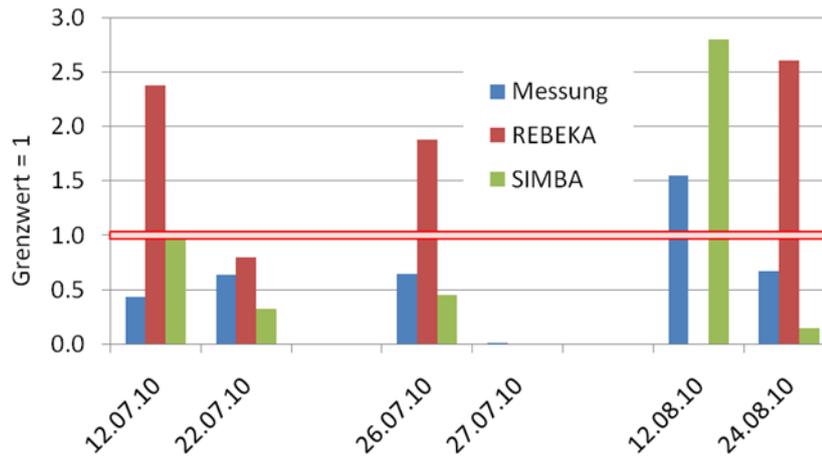


Abbildung 2: Mit REBEKA und SIMBA simulierte und gemessene Ammoniakexpositionen in der Steinach für 6 Entlastungsereignisse. Daten sind normiert zum jeweiligen Grenzwert (=1) der STORM-Richtlinien.

Die Gültigkeit der STORM-Grenzwerte für Ammoniak muss deshalb kritisch hinterfragt werden. Folgende Überlegungen spielen im Fall Steinach sicherlich eine Rolle:

- Die Situation bei der Entlastungsstelle stellt eine Extremsituation betreffend der Ammoniak-Exposition dar. Insbesondere da in der Steinach praktisch keine Verdünnung der Mischabwassereinleitungen stattfindet. Infolge des starken Gefälles darf von einer guten Sauerstoffversorgung ausgegangen werden. Dies führt dazu, dass Ammonium in der Steinach gut abgebaut wird (Selbstreinigung).
- Für Fische gibt es in der Steinach verschiedene Unterschlüpf- und Rückzugsmöglichkeiten, die es den Fischen erlaubt einer lokalen Belastung gut auszuweichen.
- Die STORM-Grenzwerte sind konservativ und weisen Sicherheitsfaktoren auf. Ein Vergleich der Ammoniak-Grenzwerte in den STORM-Richtlinien mit der Originalliteratur von Whitelaw und Solbé [10] zeigt, dass diese Sicherheitsfaktoren mit ca. 5 angesetzt sind. Es ist deshalb wichtig die Definition der Grenzwerte in den STORM-Richtlinien kritisch zu hinterfragen und deren Unsicherheiten in die Überlegungen miteinzubeziehen.
- Werden die Entlastungsereignisse nach ihrer Schwere der Grenzwertüberschreitung beurteilt, zeigt sich das Bild in Abbildung 3. Die weitaus meisten Entlastungsereignisse führen zu Konzentrationen in der Steinach, die maximal einen Faktor 3 zu hoch sind. Von den rund 25 kritischen Ereignissen, die pro Jahr auftreten, überschreiten 5 Ereignisse den Grenzwert um mehr als Faktor 2 und nur ein Ereignis überschreitet den Grenzwert um mehr als Faktor 3. In Anbetracht der Sicherheitsfaktoren, die den STORM-Grenzwerten zu Grunde liegen, kann dies eine weitere plausible Erklärung für den guten Fischbestand sein.

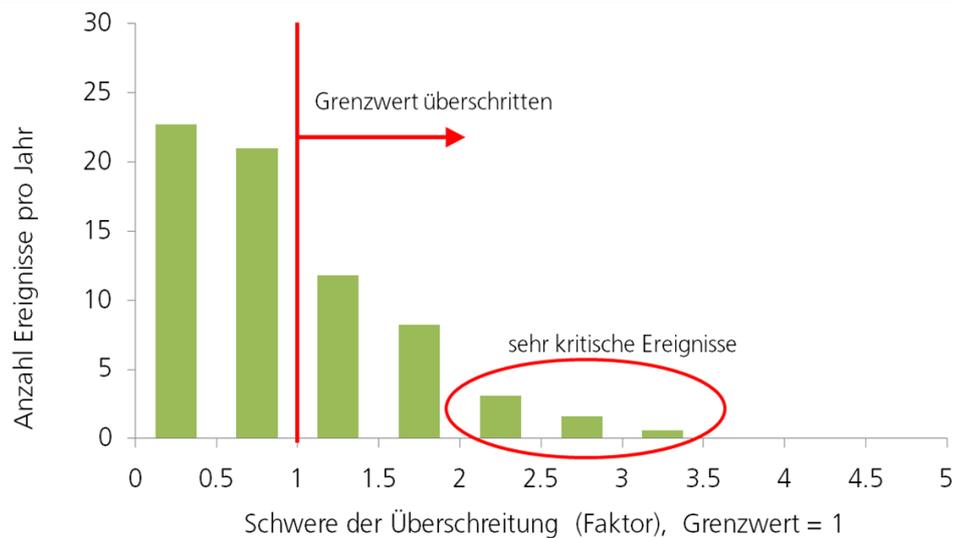


Abbildung 3: Einordnung der kritischen Ereignisse nach der Schwere der Grenzwertüberschreitung für Ammonium gemäss STORM-Richtlinien (Berechnung mit SIMBA)

## 5 KANALNETZBEWIRTSCHAFTUNG (FALLBEISPIEL)

Im Sinne eines immissionsorientierten Gewässerschutzes steht immer auch eine Minimierung der Belastung des Vorfluter durch Mischwasserentlastungen im Vordergrund. Neben der Bereitstellung von zusätzlichem Speichervolumen, kann dies auch durch eine verbesserte Steuerung der Weiterleitmengen und optimale Ausnutzung des vorhandenen Speichervolumens im Kanalnetz erreicht werden. In dieser Hinsicht ist vor allem die Situation interessant, wenn gewisse Regenbecken voll sind und in die Vorfluter entlasten, während in anderen Becken noch freie Speicherkapazitäten vorhanden sind. Dieser Ansatz wird als Kanalnetzbewirtschaftung verstanden und bietet eine effektive und kostengünstige Alternative zu teuren bautechnischen Massnahmen.

Im folgenden Fallbeispiel soll für das Einzugsgebiet der ARA Au in der Stadt St. Gallen gezeigt werden, wie eine solche Kanalnetzbewirtschaftung unter Gesichtspunkten des immissionsorientierten Gewässerschutzes in der Praxis umgesetzt werden kann.

### 5.1 Einzugsgebiet ARA Au

Die ARA Au liegt im westlich Teil der Stadt St.Gallen und ist mit ca. 66'000 Einwohnerwerten belastet. Der Vorfluter der ARA Au ist die Sitter. Im Einzugsgebiet der ARA befinden sich sechs Regenbecken, zwei Pumpwerke und ein Staukanal (siehe Abbildung 4). Alle Bauwerke sind mit Mess- und Steuerungstechnik ausgerüstet und zeichnen in diskreten Zeitschritten die Füllstände, Überlaufmengen, Pumpenlaufzeiten und Weiterleitmengen auf.

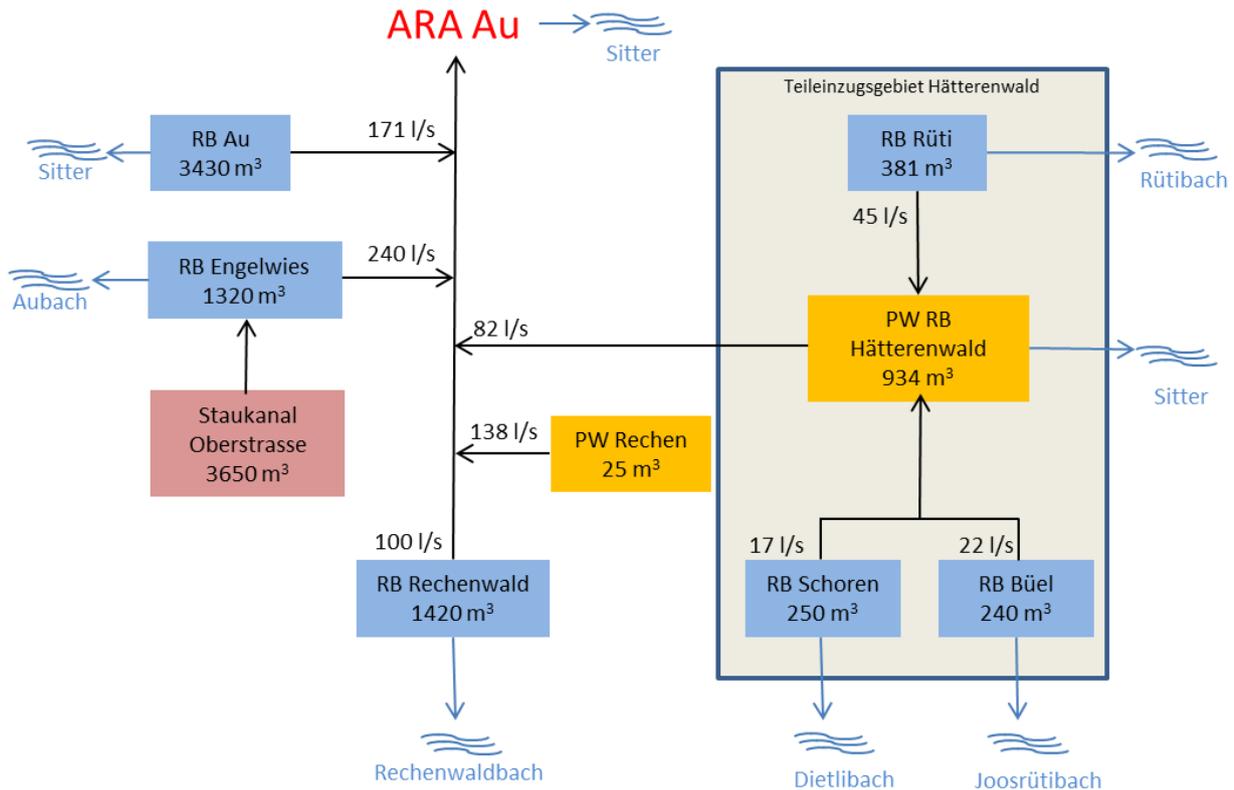


Abbildung 4: Schematische Darstellung des Einzugsgebiets der ARA Au (Stadt St. Gallen) mit Regenbecken (RB), Pumpwerken (PW) und dem Staukanal Oberstrasse inklusive der Speichervolumens und der eingestellten Weiterleitmengen. Für die Kanalnetzbewirtschaftung ist das Teilinzugsgebiet des PW Hätterenwald gesondert dargestellt.

## 5.2 Vorgehen

Das Potential einer Kanalnetzbewirtschaftung im Einzugsgebiet der ARA Au wird mit der Auswertung der aufgezeichneten Daten der Entlastungsbauwerke (Füllstände, Überlaufmengen, Weiterleitmengen, etc.) eruiert. Dadurch können das ungenutzte Speichervolumen im System und die Auslastung jedes einzelnen Bauwerks bestimmt werden.

Eine Kanalnetzbewirtschaftung bietet sich vor allem dort an, wo infolge der Topographie des Einzugsgebiets eine lokal sehr unterschiedliche Beregnung vorzufinden ist. Insbesondere Regenereignisse mit geringer Niederschlagshöhe sind interessant, weil es zu schwachen Verdünnungen im Mischabwasser und im Vorfluter kommt. Bei starken, lang anhaltenden Ereignissen entlasten stets alle Regenbecken und eine Bewirtschaftung kann höchstens die Belastung einzelner Vorfluter, nicht aber die total entlastete Menge Mischabwasser beeinflussen. Um diesen Zusammenhang zu sehen, werden die einzelnen Entlastungsereignisse anhand der Niederschlagshöhe in Häufigkeitsklassen unterteilt. Dadurch kann das Potential einer Kanalnetzbewirtschaftung im Einzugsgebiet ARA Au differenziert untersucht werden.

Wenn das Potential für eine Kanalnetzbewirtschaftung gegeben ist, wird in einem nächsten Schritt ein Bewirtschaftungskonzept erstellt. Dieses lässt sich schliesslich mit Hilfe der Software SIMBA abbilden und testen. Im Fall des Einzugsgebiets ARA Au wird die Kanalnetzbewirtschaftung für ein Teil-Einzugsgebiet durchgeführt (siehe Abbildung 4). Zu einem späteren Zeitpunkt soll die Bewirtschaftung auch auf das gesamte Einzugsgebiet ausgedehnt werden.

Das Bewirtschaftungskonzept in diesem Fall sieht folgende Abhängigkeiten vor:

Die Weiterleitmengen der einzelnen Becken werden als lineare Funktionen des Füllstandes im Stapelbecken des PW Hätterenwald und des Füllgrades im jeweiligen Regenbecken dynamisch angepasst. Es gilt, dass die Weiterleitmenge gering ist, wenn das Stapelbecken im PW Hätterenwald voll ist und/oder wenn das jeweilige Regenbecken leer ist. Abbildung 5 zeigt am Beispiel der RB Büel und RB Schoren diesen Zusammenhang auf.

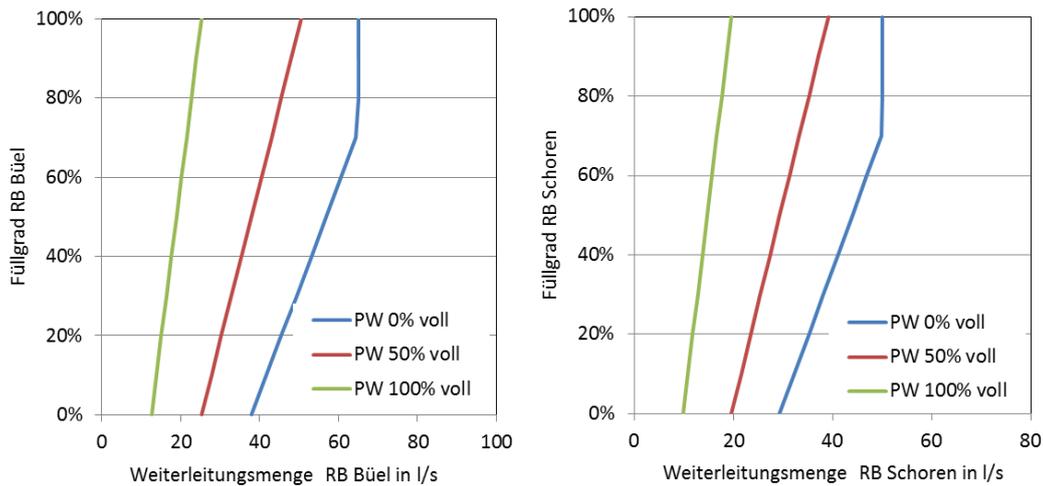


Abbildung 5: Darstellung der Weiterleitungsmengen im RB Büel und RB Schoren in Funktion des Füllstandes im Pumpwerk Hätterenwald (PW) und des Füllgrades im jeweiligen Becken.

### 5.3 Resultate und Diskussion

Tabelle 1 zeigt für drei Klassen von Regenereignissen auf, wie gross das freie Speichervolumen im Vergleich zur entlasteten Wassermenge ist. Daraus manifestiert sich das Potential einer Kanalnetzbewirtschaftung im Einzugsgebiet der ARA Au: In Bezug auf die Anzahl der Entlastungen zeigt sich für das gesamte Einzugsgebiet, dass im Zeitraum 2008-2010 total 176 Ereignisse zu Entlastungen in einen Vorfluter geführt haben. Davon ist in 27 % der Fälle das entlastete Volumen kleiner als das freie Speichervolumen. Diese Ereignisse hätten damit grundsätzlich zurückgehalten werden können. Weiter zeigt sich, dass das entlastete Volumen stark durch wenige grosse Regenereignisse dominiert wird. Bei diesen Ereignissen kann auf das Volumen durch eine Kanalnetzbewirtschaftung kein zusätzlicher Rückhalt erzielt werden. Demgegenüber können bei Regenereignissen mit geringen Niederschlagshöhen (bis 12 mm) 37 % der Entlastungsereignisse verhindert werden. Dies entspricht einer Reduktion des entlasteten Volumens für diese Regenklasse um 11 %.

Tabelle 1: Potential zur Reduktion der Anzahl Entlastungen und des entlasteten Volumens im Einzugsgebiet der ARA Au für 3 Regenklassen in den Jahren von 2008 bis 2010.

Entlastungsereignisse von 2008 - 2010	Anzahl (total)	Reduktion des entlasteten Volumens	Reduktion der Anzahl Entlastungen
Alle Ereignisse	176	-5 %	-27 %
Ereignisse der Regenklasse 1 [0 – 12 mm]	124	-11 %	-37 %
Ereignisse der Regenklasse 2 [12 – 36 mm]	29	-2 %	-3 %
Ereignisse der Regenklasse 3 [ > 36 mm]	23	0 %	0 %

In Abbildung 6 sind die simulierten Füllgrade der verschiedenen Entlastungsbauwerke im Teileinzugsgebiet Hätterenwald mit und ohne Kanalnetzbewirtschaftung für ein Einzelregenereignis dargestellt. Durch die Bewirtschaftung kann das vorhandene Volumen im Pumpwerk Hätterenwald deutlich besser ausgenutzt werden, so dass es in den anderen Regenbecken zu keinen Entlastungen kommt.

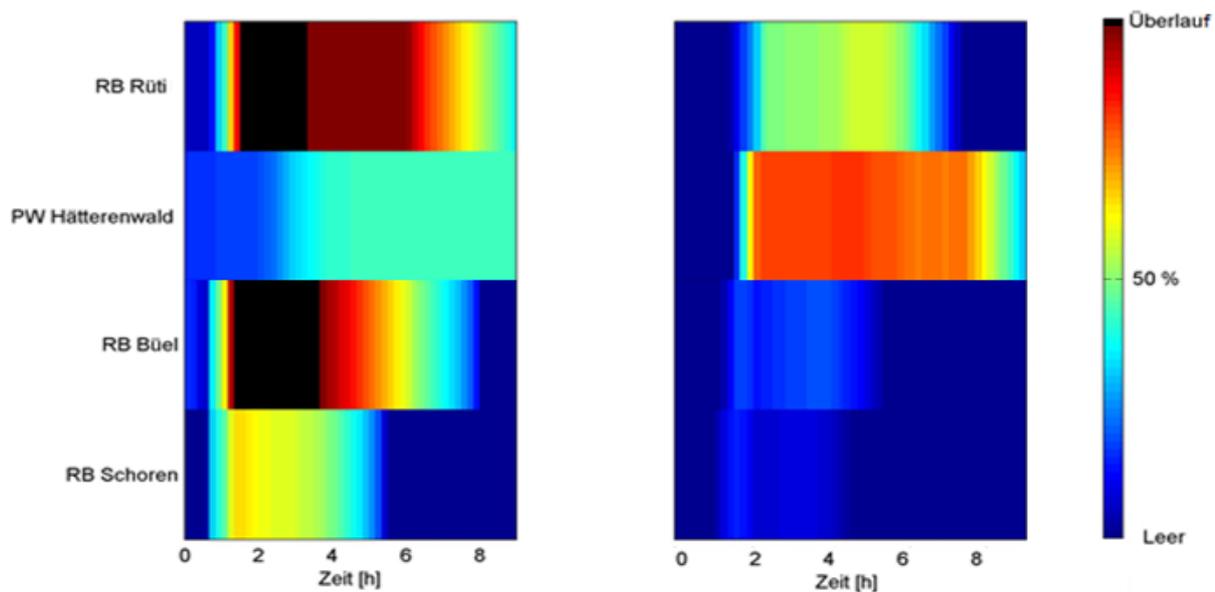


Abbildung 6: Füllstände in den Speicherbauwerken im Teilgebiet Hätterenwald für ein ausgewähltes Regenereignis.  
Links: Ist-Situation ohne Kanalnetzbewirtschaftung. Rechts: Situation mit Kanalnetzbewirtschaftung.

Im Teileinzugsgebiet Hätterenwald besteht ein signifikantes Potential zur Ausnutzung des Speichervolumens. So kann durch eine Anpassung der Weiterleitmengen ungefähr jedes dritte Regenereignis, das bisher zu einer Entlastungen geführt hätte, volumenmässig zurückgehalten werden. Das heisst, durch die Kanalnetzbewirtschaftung können pro Jahr 16 Entlastungen in die Vorfluter vermieden und zusätzliche 20'000 m<sup>3</sup> Mischabwasser in den bestehenden Regenbecken zurückgehalten werden. Die Bewirtschaftung in diesem Teileinzugsgebiet generiert ein zusätzliches virtuelles Regenbecken mit einem Volumen von rund 500 m<sup>3</sup>. Dies entspricht 28 % des vorhandenen Speichervolumens.

## 6 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die immissionsorientierte Ausrichtung des Gewässerschutzes ist heutzutage (in der Schweiz) die Regel. Der primäre Schutzgedanke kommt dabei dem Gewässer als Vorfluter der Siedlungsentwässerung zu. Massnahmen werden integral betrachtet und basierend auf den bestehenden Problemen des Gewässers getroffen. In der praktischen Umsetzung dieses immissionsorientierten Gewässerschutzes konnten in den vergangenen Jahre folgende wichtigen Erkenntnisse gewonnen werden:

- Die gewässerökologische Untersuchung ist das zentrale Element eines immissionsorientierten Gewässerschutzes. Sie sollte vorzugsweise an verschiedenen Abschnitten eines Gewässers durchgeführt werden und untersucht die ökologischen, biologischen und chemisch-physikalischen Aspekte eines Gewässers. Basierend auf der gewässerökologischen Untersuchung werden die bestehenden Defizite im Gewässer identifiziert.
- Die Ableitung geeigneter Massnahmen aufgrund der identifizierten Defizite gestaltet sich heute noch recht schwierig. Gründe liegen insbesondere in Diskrepanzen zwischen „berechnetem“ und tatsächlichem gewässerökologischen Zustand sowie in den grossen Unsicherheiten, die den zu Grunde liegenden Grenzwerten anhaften. Umso wichtiger ist eine systematische Erfolgskontrolle bei umgesetzten Massnahmen, damit auf diese Weise die Wirksamkeit von Massnahmen nachgewiesen werden kann.
- Die optimale Bewirtschaftung des Speichervolumens in einem Kanalsystem, im Sinne einer Kanalnetzbewirtschaftung, hat vielerorts ein grosses Potential. Dabei ergeben sich insbesondere aufgrund inhomogener Beregnung ungenutzte Reserven. Die Nutzung dieser Reserven gelingt durch eine intelligente Bewirtschaftungsstrategie.

## 7 DANK

Die Resultate dieser Untersuchungen sind in enger Zusammenarbeit und unter Mithilfe von Entsorgung St.Gallen, dem Amt für Umwelt und Energie und dem Amt für Natur, Jagd und Fischerei des Kanton St.Gallen entstanden. Wir möchten uns an dieser Stelle insbesondere bei Hans Peter Tobler, Susanne Leumann, Michael Eugster und Roland Riederer für den Einsatz und die lösungsorientierte Zusammenarbeit herzlich bedanken.

## 8 REFERENZEN

- [1] KREJCI, V. ; KREIKENBAUM, S.: Konzepte des Gewässerschutzes. In: *Gas-Wasser-Abwasser (GWA)* (2004), Nr. 6, S. 423–430
- [2] BAFU: Empfehlungen für die Bemessung und Gestaltung von Hochwasserentlastungen und Regenüberlaufbecken / Eidgenössisches Amt für Umweltschutz (heute: BAFU). 1977. – Forschungsbericht
- [3] KREJCI, V. ; FRUTIGER, A. ; KREIKENBAUM, S. ; ROSSI, L.: Gewässerbelastungen durch Abwasser aus Kanalisationen bei Regenwetter. In: *EAWAG/BUWAL* (2004), S. 1–36
- [4] VSA: Abwassereinleitungen in Gewässer bei Regenwetter (STORM) / Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute. Glattbrugg, 2007. – Forschungsbericht
- [5] VSA: Generelle Entwässerungsplanung (GEP) – Richtlinie für die Bearbeitung und Honorierung / Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA). Zürich, 1989. – Forschungsbericht
- [6] GSCHV: *Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998*. Bern (814.201)
- [7] FANKHAUSER, R.: REBEKA II – Software zur Unterstützung der Massnahmenplanung. In: *Gas-Wasser-Abwasser (GWA)* (2004), Nr. 11, S. 817–822
- [8] IFAK: *SIMBA Sewer – Simulation of Sewer Systems integrated in SIMBA (User's Guide)*. Magdeburg, Deutschland: Institut für Automation und Kommunikation, 2007
- [9] WEISS, G. ; WÖHRLE, C.: Stadt St. Gallen: Phosphorfrachten aus Kanalnetz und Kläranlage – Bilanz für das Einzugsgebiet der Steinach / Umwelt- und Fluid-Technik – Dr. H. Brombach GmbH. 2006. – Forschungsbericht
- [10] WHITELAW, K. ; SOLBÉ, J. F.: River catchment management: an approach to the derivation of quality standard for farm pollution and storm sewage discharges. In: *Water Science and Technology* 21 (1989), S. 1065–1076