

## Perspektiven für den urbanen Gewässerschutz durch dezentrales Regenwassermanagement

Franziska Knoche<sup>1</sup>, Frank Schumacher<sup>2</sup>, Malte Zamzow<sup>1</sup>, Jakob Sohr<sup>3</sup>, Matthias Rehfeld-Klein<sup>3</sup>, Andreas Matzinger<sup>1</sup>, Uta Johné<sup>4</sup>, Ilka Meier<sup>4</sup>, Pascale Rouault<sup>1</sup>, Erika Pawlowsky-Reusing<sup>4</sup> und Paul Schütz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, Grunewaldstraße 61-62, 10825 Berlin, Deutschland

<sup>2</sup> Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt, Südwestkorso 70, 12161 Berlin, Deutschland

<sup>3</sup> Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, Brückenstraße 6, 10179 Berlin, Deutschland

<sup>4</sup> Berliner Wasserbetriebe, Neue Jüdenstraße 1, 10179 Berlin, Deutschland

**Kurzfassung:** Mischwasserüberläufe nach Starkregenereignissen führen in den Berliner Fließgewässern im Sommer regelmäßig zu Sauerstoffdefiziten bis hin zu Fischsterben. Um solche Zustände zu vermeiden, ist neben der Sanierung des Kanalnetzes die Abkopplung von 20 bis 40 % der angeschlossenen Flächen in den Mischwassereinzugsgebieten notwendig und in Planung. Im Projekt MiSa - Mischwassereinzugsgebietssanierung - wurden im Auftrag der Umweltverwaltung in Workshops mit Berliner Bezirksämtern mögliche Abkopplungsstrategien definiert. Zur Bewertung dieser Strategien wurde eine Modellkette aus Kanalnetz- und Gewässergütemodell aufgebaut, die erstmals eine immissionsbasierte Bewertung ermöglicht und damit die Flächenabkopplung in einen direkten Zusammenhang mit der Gewässergüte stellt.

**Key-Words:** Blau-grüne Infrastruktur, Oberflächenabkopplung, Mischwasserüberläufe, Gewässerschutz, Kanalnetzmodellierung, Gewässergütemodellierung

### 1 Einleitung

Nach starken Regenfällen führen Überläufe der Berliner Mischwasserkanalisation oft zu niedrigen Sauerstoffkonzentrationen in den betroffenen Gewässern bis hin zu Fischsterben (Riechel et al., 2016). Um die Qualität der Oberflächengewässer Berlins zu verbessern, läuft derzeit ein umfassendes Modernisierungsprogramm des Mischwasserkanalsystems. Basierend auf numerischen Simulationen wird prognostiziert, dass das Ziel, das jährliche Volumen der Mischwasserüberläufe auf 25 % des jährlichen Regenwasserabflusses zu begrenzen, bis 2024 erreicht wird. Jedoch ist das Ziel

der Wasserrahmenrichtlinie (EU 2000) - ein guter ökologischer Zustand - für die von Mischwasserüberläufen betroffenen Oberflächengewässer weit davon entfernt, erreicht zu werden. Daher werden zusätzliche Maßnahmen erforderlich sein (Riechel et al., 2020). Zu diesem Zweck evaluiert das MiSa-Projekt die Auswirkungen von Maßnahmen zur Abkopplung von versiegelten Flächen, zur Anpassung des Kanalnetzes und des Gewässermanagements auf die Anzahl und das Volumen der Mischwasserüberläufe sowie deren Auswirkungen auf die Sauerstoffbedingungen. Die Ergebnisse werden genutzt, um stadtweite Managementstrategien mit lokalen Entscheidungsträgern zur Verbesserung der Oberflächenwasserqualität zu entwickeln.

## **2 Methodik**

Das MiSa-Projekt besteht aus vier Schritten: Defizitanalyse, Modellaufbau und -validierung, Festlegung realistischer Bewirtschaftungsstrategien mit den Behörden und Modellierung dieser Bewirtschaftungsstrategien.

### **2.1 Defizitanalyse**

Zur Bewertung der Sauerstoffbedingungen mit besonderem Fokus auf fischkritische Sauerstoffkonzentrationen wurden drei Indikatoren definiert: die Dauer der Unterschreitung einer kritischen Sauerstoffkonzentration, die Anzahl der kritischen O<sub>2</sub>-Ereignisse sowie die negative Abweichung von einem Referenzzustand in Prozent. Für den Berliner Raum wurde eine für Fische kritische Sauerstoffkonzentration von 1,5 mg/L definiert.

### **2.2 Modellaufbau und -validierung**

In einem zweiten Schritt wurde die modellbasierte Bewertung entwickelt. Diese Bewertung basiert auf den Ergebnissen einer Modellkette, die aus einem Kanalnetzmodell der Berliner Wasserbetriebe (Software: InfoWorks ICM) und einem Gewässergütemodell des Berliner Senats (Software: GERRIS/HYDRAX/QSim) besteht (Matzinger et al., 2013). Die Modellkette wurde aktualisiert und erweitert, um das gesamte Berliner Mischwassersystem mit 64,5 km<sup>2</sup> undurchlässiger Oberfläche, 17 Hauptpumpwerken und 176 Mischwasserausläufen zu erfassen. Die simulierten Mischwasserentlastungen dienen als Input für das Gewässergütemodell. Beide Modelle wurden einzeln und in Kombination für das Jahr 2017 kalibriert. Die Kalibrierungsdaten umfassten hochaufgelöste Monitoringdaten für die betroffenen Flussabschnitte in Berlin, Daten von neun Niederschlagsmessern und Durchflussdaten von den 17 Hauptpumpwerken.

### **2.3 Festlegung realistischer Managementstrategien**

In Zusammenarbeit mit der Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU), den Berliner Wasserbetrieben (BWB), der Berliner Regenwasseragentur sowie zwei Berliner Bezirksämtern wurden im Rahmen von Workshops Bewirtschaftungsstrategien zur Reduzierung und Abkopplung undurchlässiger Flächen in

den Mischwassereinzugsgebieten, Maßnahmen zur Anpassung der Mischkanalisation sowie Strategien zur Regenwasserbewirtschaftung diskutiert und konzipiert. Die entwickelten Strategien sollten dabei sowohl umsetzbar als auch mit anderen bezirklichen Zielen, wie z.B. der Anpassung an den Klimawandel, dem Hochwasserschutz und der Erhaltung der biologischen Vielfalt, vereinbar sein. Die Art der Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahme (beispielsweise Entsiegelung von Parkflächen, Dachbegrünung etc.) sowie der Ort (Straße oder Liegenschaft) und der Umfang (beispielsweise alle Straßen mit hoher Wärmebelastung, alle Flachdächer öffentlicher Grundstücke etc.) wurden für drei Zeithorizonte (10, 30 und > 30 Jahre) definiert.

## **2.4 Modellierung von Managementszenarien**

Um realistische Aussagen über die Wirksamkeit der Maßnahmen zu gewährleisten, wurden die Szenarien anhand von realen Niederschlagsereignissen bewertet, welche zu kritischen Sauerstoffdefiziten in den Berliner Fließgewässern geführt haben. Für die Simulation der entwickelten Szenarien wurde eine Auswahl von vierzehn Niederschlagsereignissen getroffen, die in den Jahren 2011 bis 2019 aufgetreten sind. Die Bewertung der Szenarien erfolgte anhand der drei MiSa-Indikatoren, wobei ein Vergleich mit dem sogenannten Basisszenario durchgeführt wurde. Dieses stellt die Einzugsgebiete der Mischwasserkanalisation, das Mischwasserkanalnetz und die Gewässerbewirtschaftung im Ist-Zustand dar.

## **3 Ergebnisse und Diskussion**

### **3.1 Defizitanalyse**

Die größten Sauerstoffdefizite wurden im Zentrum der Stadt und damit auch im Zentrum der Mischkanalisation gemessen. Der Mittelwert der kritischen O<sub>2</sub>-Ereignisse der Jahre 2000 bis 2019 ist in den Flussabschnitten am Anfang des Stadtzentrums mit Mischwasserkanalisation mit 0,06 pro Jahr vergleichsweise gering. Demgegenüber ist er im zentralen Hauptkanal der Spree mit 2,63 kritischen O<sub>2</sub>-Ereignissen sowie in einigen Seitenkanälen im Stadtzentrum mit bis zu 7,67 kritischen O<sub>2</sub>-Ereignissen pro Jahr deutlich höher.

### **3.2 Validierung der Modellkette**

Die Modellkette wurde für den Zeitraum Mai bis September 2017 mit hohen Niederschlagsmengen validiert. Die Sauerstoffkonzentrationen wurden über den gesamten Zeitraum bei Trockenwetter sowie nach Mischwasserüberläufen erfolgreich simuliert (vgl. Abbildung 1, rechte Seite). Die linke Grafik in Abbildung 1 zeigt einen Vergleich zwischen der Anzahl kritischer O<sub>2</sub>-Ereignisse, basierend auf Messwerten, und simulierten Ereignissen. Die Analyse wurde für drei verschiedene Sauerstoffgrenzwerte durchgeführt; für 1,5 mg/L, 2,5 mg/L und 3,5 mg/L.

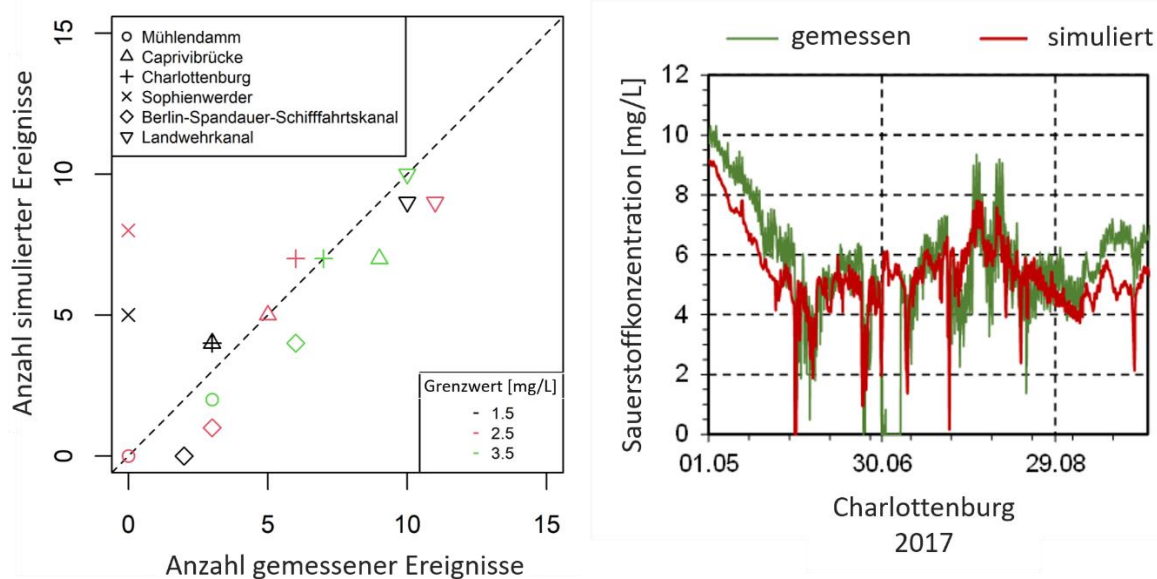


Abbildung 1: Links: Vergleich der Anzahl gemessener und simulierter kritischer O<sub>2</sub>-Ereignisse an sechs Gewässermessstellen im Sommer 2017; rechts: Vergleich der gemessenen und simulierten Sauerstoffkonzentrationen an der Gewässermessstelle Charlottenburg im Sommer 2017.

Abbildung 1 veranschaulicht die Qualität der Modellkette, die zwischen Mai und September 2017 an sechs Messstellen entlang der betroffenen Flussabschnitte erreicht wurde. Für fünf der untersuchten Messstellen stimmt die Anzahl der simulierten Ereignisse gut mit den Beobachtungen überein. Lediglich an der Messstelle "Sophienwerder" am Ende der Mischwasserkanalisation werden zu viele kritische O<sub>2</sub>-Ereignisse simuliert, was höchstwahrscheinlich auf die Einleitung von Kühlwasser aus einem Kraftwerk oberhalb der Messstelle zurückzuführen ist, dass zu diesem Zeitpunkt nicht Bestandteil des Gewässergütemodells war. Die Ergebnisse zeigen, dass die aktualisierte Modellkette die Sauerstoffkonzentration und die Dauer der kritischen O<sub>2</sub>-Ereignisse (nicht dargestellt), mit Ausnahme der Messstelle "Sophienwerder", zufriedenstellend simuliert.

### 3.3 Managementstrategien

Als Ergebnis der Workshops wurden acht Bewirtschaftungsszenarien entwickelt. Jedes Szenario ist eine Kombination aus Abkopplung von undurchlässiger Fläche und Anpassung des Kanalnetzes. Ein Szenario kombiniert Maßnahmen zur Anpassung des Kanalnetzes mit einer Gewässerbewirtschaftung durch eine angepasste Wehrsteuerung. Die ermittelten potenziellen Reduktionen der angeschlossenen, undurchlässigen Fläche für die beiden Bezirke sind in Tabelle 1 aufgeführt und reichen von 1,5 % für 10 Jahre bis 47,5 % für > 30 Jahre. Die Abkopplung von Straßen, Liegenschaften bzw. Straßen und Liegenschaften wird mit einer von den BWB für den gleichen Zeitraum geplanten Kanalnetzsanierung von einem bzw. neun Kanaleinzugsgebieten kombiniert. Eine Abkopplung von 1,5 % der undurchlässigen Fläche reduziert

an dieser exemplarischen Messstelle die Unterschreitungsdauer von 199,25 h (alle 14 Ereignisse, Basisszenario) nur um 29 h und verringert nicht die Anzahl der Ereignisse. Im Gegensatz dazu zeigen die 30-Jahres-Szenarien eine erhebliche Verbesserung der Wasserqualität mit deutlich geringeren Unterschreitungsdauern und einer geringeren Anzahl von kritischen O<sub>2</sub>-Ereignissen. Eine Verringerung um 47,5 % in Verbindung mit der Sanierung von neun Mischwassereinzugsgebieten führt zur Verhinderung aller 14 kritischen O<sub>2</sub>-Ereignisse an dieser Messstelle.

Tabelle 1: Eigenschaften der Managementszenarien für die Zeithorizonte 10 a, 30 a und > 30 a und Beispielergebnisse: Kulisse, Abkopplung von angeschlossener, undurchlässiger Fläche in Prozent, Anzahl sanierter Mischwassereinzugsgebiete (MW-EZG), Unterschreitungsdauer in Stunden in zentralem Abschnitt der Spree und entsprechende Anzahl kritischer O<sub>2</sub>-Ereignisse.

Zeit-horizont	Kulisse	Abkopplung an-geschlossener, undurchlässiger Fläche [%]	Anzahl sa-nierter MW-EZG	Unterschreitungsdauer in Spreeabschnitt im Stadtzentrum [h]	Anzahl kri-tischer O <sub>2</sub> -Ereignisse
10a	Straßen	1,5	1	170,25	14
	Liegenschaften	4	1	153,75	11
	Straßen & Lie-genschaften	5,5	1	137,75	10
30 a	Straßen	4,5	9	156,5	11
	Liegenschaften	22,5	9	35,75	6
	Straßen & Lie-genschaften	27,5	9	21,5	3
> 30 a	Straßen & Lie-genschaften	47,5	9	0	0

Abbildung 2 zeigt die Dauer der kritischen O<sub>2</sub>-Ereignisse in den Berliner Oberflächen-gewässern für alle 14 Niederschlagsereignisse in Form von georeferenzierten Isolinien und einen Vergleich zwischen dem Basisszenario (links) und einem Beispielszenario für den Zeitraum von 30 Jahren (rechts) mit einer Abkopplung der angeschlossenen, undurchlässigen Fläche um 27,5 % sowie der Sanierung von neun Einzugsgebieten (hellblau markiert). Aus hydraulischer Sicht sind diese Einzugsgebiete für die Schafung von zusätzlichem Speichervolumen geeignet.

Im Basisszenario variieren die Unterschreitungsdauern in der Spree zwischen 0 und 212,25 h, während die Unterschreitungsdauern in den Nebenflüssen mit 258 bis 971,75 h noch höher liegen. Im Vergleich zum Basisszenario ist der Zeitraum kritischer O<sub>2</sub>-Konzentrationen im gezeigten Szenario mit weniger als 25 Stunden in fast allen Flussabschnitten deutlich geringer. Ausnahmen sind Teile des Landwehrkanals im Stadtzentrum und der Neuköllner Schifffahrtskanal (siehe Nkn I). Letzterer stellt einen Sonderfall dar, da die Sauerstoffkonzentrationen in diesem Flussabschnitt auch ohne Mischwasserüberläufe sehr niedrig sein können. In diesem Fall müssen andere Faktoren, die die Oberflächenwasserqualität beeinflussen, berücksichtigt werden. Im Ge-

gensatz dazu kann die Wasserqualität des Landwehrkanals durch weitere Abkopplungsmaßnahmen verbessert werden, wie die Simulationsergebnisse des Szenarios für mehr als 30 Jahre zeigen.

Erste Simulationen von Gewässermanagementsszenarien mit angepasster Wehrsteuerung zeigen, dass eine rasche Erhöhung des Abflusses bzw. der Fließgeschwindigkeiten die Sauerstoffverhältnisse flussabwärts von Mischwasserauslässen deutlich verbessern kann.

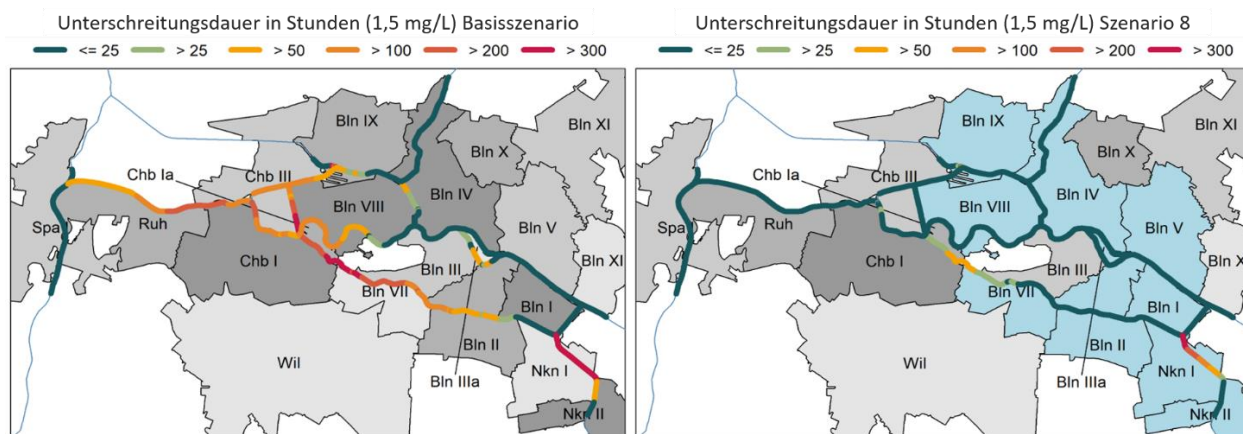


Abbildung 2: Links: Basisszenario; Unterschreitungsdauer in Stunden für die 14 ausgewählten Niederschlagsereignisse mit Mischwasserüberläufen in die Berliner Fließgewässer; grau markiert: Mischwassereinzugsgebiete; rechts: Unterschreitungsdauer in Stunden für die 14 ausgewählten Niederschlagsereignisse mit Mischwasserüberläufen in die Berliner Fließgewässer im Szenario mit einer Oberflächenabkopplung von 27,5 % für den Zeithorizont 30 Jahre; hellblau markiert: sanierte Mischwassereinzugsgebiete.

## 4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit Hilfe der MiSa-Indikatoren kann die Sanierung der Mischwasserkanalisation erstmalig anhand der Immissionen bewertet werden. Darüber hinaus kann die Modellkette aus Kanalnetzmodell und Oberflächengewässergütemodell die Auswirkungen von Mischwasserüberläufen auf die Hauptfließgewässer im Stadtgebiet von Berlin im Ist-Zustand gut abbilden. Durch die Verknüpfung der beiden Modelle kann das Stadtentwässerungsmanagement im gesamten Einzugsgebiet der Berliner Mischwasserkanalisation in verschiedene Szenarien integriert und hinsichtlich seiner Auswirkungen auf die Berliner Oberflächengewässer bewertet werden.

Das Workshop-Format und die enge Zusammenarbeit aller Partnerinstitutionen ermöglichen die strategische Planung des Stadtentwässerungsmanagements unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit, Machbarkeit, Klimaanpassung und Hochwasserschutzmaßnahmen. Während die Simulationen einen hohen Anpassungsbedarf der

Einzugsgebiete und der Regenwasserbewirtschaftung, aber auch ein hohes Potenzial für den Gewässerschutz aufzeigen, zeigten die Workshops auch eine hohe Umsetzungsmotivation bei den beteiligten Behörden. Neben weiteren Workshops mit betroffenen Bezirken mit Mischkanalisation sind bereits konkretere Szenarien der Gewässermanagementstrategie geplant. Erste Simulationen des angepassten Gewässermanagements haben gezeigt, dass es weiteres Potenzial zur Verbesserung der Wasserqualität durch eine Anpassung der Wehrsteuerung gibt.

## Danksagung

Wir danken der Berliner Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU) für die Förderung des MiSa-Projekts und den beiden Bezirken Friedrichshain-Kreuzberg und Charlottenburg-Wilmersdorf sowie der Berliner Regenwasseragentur für ihre Beiträge zu den Szenario-Workshops. Außerdem danken wir den Berliner Wasserbetrieben (BWB) für die Unterstützung bei der Anpassung des Kanalnetzmodells und die Bereitstellung der notwendigen Daten.

## 5 Literatur

EU (2000). Water Framework Directive, Directive 2000/60/EC. European Parliament and Council, 23/10/2000.

Matzinger A., Riechel M., Uldack M., Caradot N., Sonnenberg H., Rouault P., Pawlowsky-Reusing E., Heinzmann B. and von Seggern D. (2013). Aufbau, Validierung und Anwendung eines modellbasierten Werkzeugs für die immissionsbasierte Maßnahmenplanung im Berliner Mischwassersystem. Aqua Urbanica 2013 - Gewässerschutz bei Regenwetter, 8, Dübendorf, Switzerland.

Riechel M., Matzinger A., Pawlowsky-Reusing E., Sonnenberg H., Uldack M., Heinzmann B., Caradot N., von Seggern D. and Rouault P. (2016). Impacts of combined sewer overflows on a large urban river – Understanding the effect of different management strategies. Water Research, 105, 264-273.

Riechel M., Matzinger A., Pallasch M., Joswig K., Pawlowsky-Reusing E., Hinkelmann R. and Rouault P. (2020). Sustainable urban drainage systems in established city developments: Modelling the potential for CSO reduction and river impact mitigation. Journal of Environmental Management, 274.

## Korrespondenz an:

Franziska Knoche  
Kompetenzzentrum Wasser Berlin  
Grunewaldstraße 61-62, 10825 Berlin, Deutschland  
+49 30 53653 846  
[franziska.knoche@kompetenz-wasser.de](mailto:franziska.knoche@kompetenz-wasser.de)