

Aufbau, Validierung und Anwendung eines modellbasierten Werkzeugs für die immissionsbasierte Maßnahmenplanung im Berliner Mischwassersystem

A. Matzinger^{1,*}, M. Riechel¹, M. Uldack¹, N. Caradot¹, H. Sonnenberg¹, E. Pawlowsky-Reusing²,
B. Heinzmann², D. von Seggern³, P. Rouault¹

¹Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB), Cicerostraße 24, DE-10709 Berlin

²Berliner Wasserbetriebe (BWB), Neue Jüdenstraße 1, DE- 10864 Berlin

³Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm), Brückenstraße 6, DE-10179 Berlin

*Email des korrespondierenden Autors: andreas.matzinger@kompetenz-wasser.de

Kurzfassung Das vorgestellte modellbasierte Werkzeug bildet Mischwasserüberläufe aus dem Berliner Mischkanalsystem und deren kurzfristige Auswirkungen im Gewässer ab. Es soll für die Maßnahmenplanung und die Berechnung von Zukunftsszenarien verwendet werden. Das Werkzeug zeigt eine gute Übereinstimmung mit Messungen bezüglich des Verlaufes der Sauerstoffkonzentration im Gewässer und des Auftretens kritischer Bedingungen für die Fischfauna. Eine Szenarienuntersuchung für ein Extremjahr zeigt, dass durch die bis zum Jahr 2020 geplante Stauraumvergrößerung die Häufigkeit fischkritischer Bedingungen im Gewässer bereits um ein Drittel reduziert werden kann. Eine Reduktion um ein zusätzliches Drittel wäre durch weitergehende Maßnahmen im Bereich der Entsiegelung möglich. Die verbleibenden fischkritischen Bedingungen sind das Ergebnis von sehr starken Regenereignissen und können kaum verhindert werden. Eine durch Klimaveränderung erhöhte oder reduzierte Regenintensität im Sommer hätte starken Einfluss auf das Auftreten fischkritischer Bedingungen; die erwartete Temperaturerhöhung würde hingegen hauptsächlich die Sauerstoffsituation bei Trockenwetter verschlechtern.

Schlagwörter: Mischwasserüberlauf, Gewässer, Modellbasiertes Werkzeug, Sauerstoff, Infoworks CS, QSim

1 EINLEITUNG

Das Mischwassersystem (MW-System) im Zentrum Berlins (Abb. 1) entwässert das Abwasser von ~1,4 Millionen Einwohnern und den Regenwasserabfluss einer angeschlossenen versiegelten Fläche von ~64 km² (Weyrauch et al. 2010). Bei Regenwetter kommt es im Jahr zu ca. 30 bis 40 Mischwasserüberläufen (MWÜ), die über 179 Auslässe in die Stadtspreewasser und deren Seitenkanäle eingeleitet werden (Weyrauch et al. 2010). Eine erhebliche Hintergrundbelastung der Stadtspreewasser führt bereits flussaufwärts des MW-Gebietes zu niedrigen Sauerstoffkonzentrationen ($O_2 < 5 \text{ mg L}^{-1}$) während der Sommermonate. Kritische Bedingungen für die lokale Fischfauna mit $O_2 < 2 \text{ mg L}^{-1}$ treten aber ausschließlich als direkte Folge von MWÜ auf (Riechel et al. 2010). Durch die heterogene Verteilung der MW-Auslässe sowie die niedrige Fließgeschwindigkeit ($15 \pm 10 \text{ cm s}^{-1}$) können diese O_2 -Depressionen in der Stadtspreewasser über Stunden bis Tage andauern (Matzinger et al. 2012; Riechel et al. 2010). Zur Verbesserung der Gewässersituation werden zurzeit Maßnahmen umgesetzt, um den Stauraum des MW-Systems bis ins Jahr 2020 von 21 auf 43 m³ ha⁻¹ zu erhöhen (Matzinger et al. 2011). Da davon ausgegangen wird, dass in der Stadtspreewasser auch nach dieser erheblichen Stauraumvergrößerung noch kritische O_2 -Defizite auftreten werden, wurde in der hier vorgestellten Arbeit ein modellbasiertes Werkzeug entwickelt, mit dem mögliche weiterführende Maßnahmen hinsichtlich ihrer positiven Effekte im Gewässer verglichen werden können.

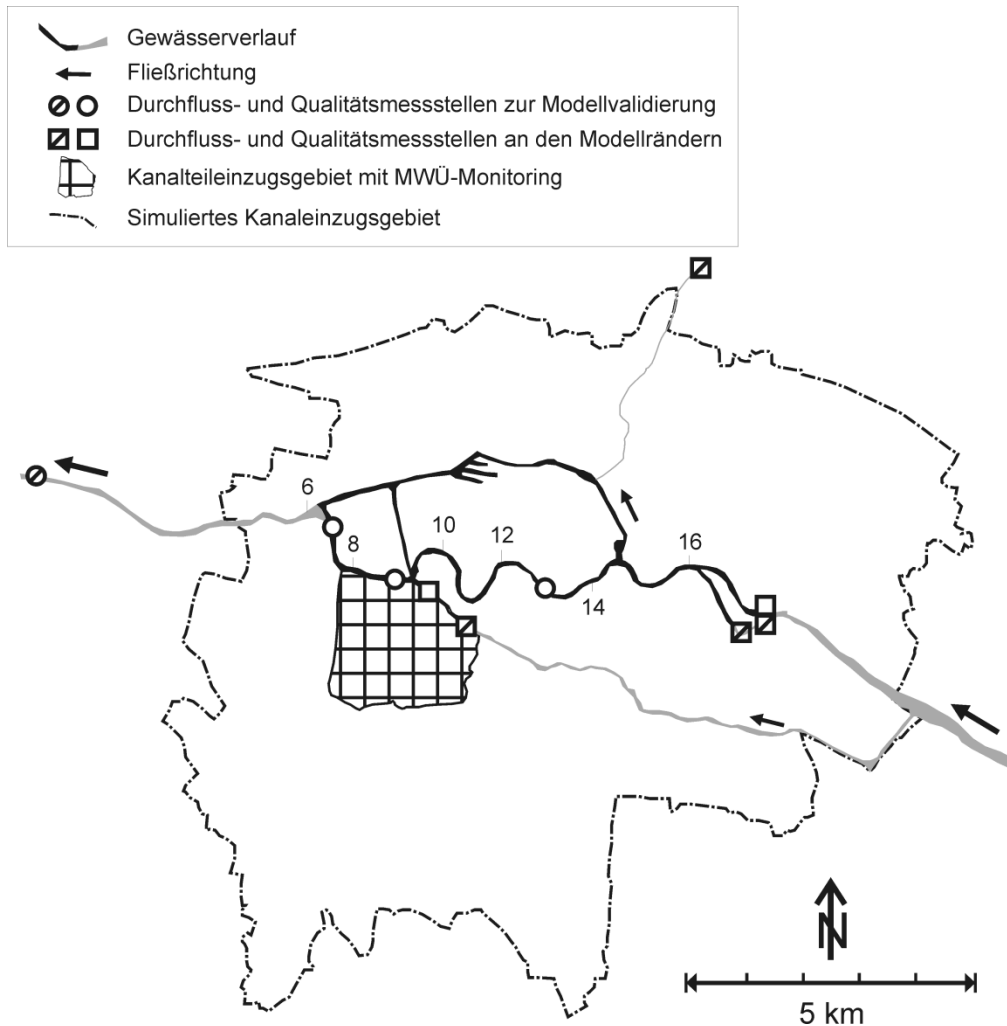


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet. Die Stadtspreewasserwege fließen von Osten nach Westen, die eingezeichneten Zahlen zeigen die Fließkilometer entlang des Hauptstroms. Das modellbasierte Werkzeug bildet das gestrichelt eingetragene Gebiet des zentralen Mischwassersystems, sowie den schwarz eingezeichneten Gewässerabschnitt ab. Im schraffierten Bereich wurde ein dreijähriges MWÜ-Monitoring durchgeführt.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Monitoring

Die Randbedingungen des modellbasierten Werkzeuges sowie Vergleichsdaten für dessen Kalibrierung/Validierung basieren auf Monitoringergebnissen, welche von 2010 bis 2012 (i) an einem großen MW-Auslass eines Teileinzugsgebietes ($\sim 8 \text{ km}^2$ versiegelte angeschlossene Fläche, ~ 140.000 Einwohner; schraffierte Fläche in Abb.1) sowie (ii) an mehreren Stellen in der Stadtspreewasser (Abb. 1) erhoben wurden. Angesichts der kurzfristigen Veränderungen bei MWÜ wurden kontinuierliche Messsonden (Ultraschall: Durchfluss; Elektroden: pH, Leitfähigkeit, Ammonium; Optisch: O_2 , CSB, BSB_5 , AFS) verwendet und bezüglich CSB, BSB_5 und AFS mit Laboranalysen automatisch genommener Proben kalibriert. Für diese Schmutzstoffparameter lag die kumulierte Unsicherheit der gemessenen Frachten im Bereich von 30 % (Caradot 2012).

2.2 Bewertung der Sauerstoffbedingungen im Gewässer

Für die Bewertung von O_2 -Bedingungen im Gewässer wurde zum einen auf den Ansatz von Lammersen (1997) für Tieflandgewässer mit karpfenartiger Fischfauna zurückgegriffen, der je nach Expositionsdauer und Wassertemperatur unterschiedliche Grenzwerte vorschlägt. Dieser Ansatz

umfasst akute Kurzzeitbelastungen (z.B. $< 1,5 \text{ mg L}^{-1}$ für > 30 Minuten bei 20°C) und länger andauernde Beeinträchtigungen (z.B. $< 4,5 \text{ mg L}^{-1}$ für > 12 Stunden bei 20°C) für die Fischfauna, welche in der Stadtspreewasser auch häufig ohne Mischwassereinfluss beobachtet werden. Das Nichteinhalten eines oder mehrerer Lammersen-Grenzwerte wird in der Folge als suboptimale O_2 -Bedingung bezeichnet. Zur Unterscheidung akuter Belastungszustände, die Fischsterben zufolge haben können, werden weiterhin kritische Bedingungen mit $\text{O}_2 < 2 \text{ mg L}^{-1}$ für ≥ 30 min ausgewiesen. Dieser Grenzwert stellt einerseits den LC_{50} -Wert (letale Dosis für 50% der Population) des Rapfens (*Aspius aspius*) dar, der empfindlichsten Fischart in der Stadtspreewasser (Wolter et al. 2003). Andererseits erscheinen 2 mg L^{-1} als sinnvolle Zielgröße, da ganzjährig höhere Konzentrationen eine Grundvoraussetzung für stabile Populationen der natürlicherweise erwarteten Leitarten Rapfen und Barbe sind (pers. Mitt. C. Wolter). Die Häufigkeit suboptimaler/kritischer Bedingungen wird in Kalendertagen angegeben, an denen die entsprechenden Grenzwerte nicht eingehalten werden. Zusätzlich wird die effektive Dauer in Stunden berechnet, wobei kurzfristige Erholungszeiten innerhalb eines Ereignisses nicht miteingerechnet werden.

2.3 Modellbasiertes Werkzeug

Aufbau – Das modellbasierte Werkzeug kombiniert (1) das kommerzielle Kanal-Schmutzfrachtmodell InfoWorks CS mit (2) dem Gewässergütemodell QSim der Bundesanstalt für Gewässerkunde (Kirchesch und Schöl 1999) sowie (3) einem O_2 -Auswertungstool, welches suboptimale und kritische Bedingungen ausweist (siehe 2.2). Die Modellgrenzen umfassen stark durch MWÜ beeinträchtigte Gewässerabschnitte der Stadtspreewasser und ihrer Seitenkanäle (schwarz gekennzeichnete Gewässerabschnitte in Abb. 1). Das Einzugsgebiet aller MWÜ-Auslässe in die simulierte Gewässerstrecke (versiegelte angeschlossene Fläche $\sim 59 \text{ km}^2$, ~ 1.25 Mio. Einwohner; gestrichelt eingerahmtes Gebiet in Abb. 1) werden über ein existierendes Grobnetz des zentralen Mischwassersystems Berlins modelliert (Schroeder und Pawlowsky-Reusing 2006).

Kalibrierung/Validierung – Für den Vergleich der Kanalsimulation mit den Messungen wurde das Teileinzugsgebiet des beprobten MWÜ-Auslasses (Abb. 1) gesondert simuliert. Alle Starkregen, die in den Jahren 2010 und 2011 zu MWÜ geführt haben, wurden auch vom Modell als Überlauf simuliert. Für Starkregenereignisse mit MWÜ wurde die Kalibrierung hinsichtlich der Gesamtentlastung von fünf MWÜ so vorgenommen, dass die Differenz zwischen Messung und Simulation für das entlastete Volumen, die Gesamtfracht von AFS, BSB₅ und CSB sowie das mittlere Verhältnis BSB_5/CSB jeweils unter 10 % lag. Das kalibrierte Modell erzeugte auch für einzelne Ereignisse gute Ergebnisse (Abb. 2a). Die angepassten Schmutzfrachtparameter des Regenwasserabflusses wurden in der Folge auf das gesamte Einzugsgebiet übertragen.

Das gekoppelte Gewässergütemodell QSim erzielte ohne zusätzliche Kalibrierung eine gute Abbildung von O_2 im Gewässer (Nash-Sutcliffe-Effizienz zwischen 0,58 und 0,77 für drei Messstandorte in den Jahren 2010 und 2011). Eine gute Übereinstimmung von Messung und Simulation wurde auch nach MWÜ erreicht (Abb. 2b); insbesondere konnten auch beobachtete starke Verminderungen von O_2 bis auf 0 mg L^{-1} simuliert werden. Durch Unsicherheiten in der Simulation (z.B. durch nicht erfasste lokale Starkniederschläge) gibt es aber einzelne MWÜ, für die die O_2 -Verminderung im Modell deutlich über- oder unterschätzt wird.

Neben diesen Unsicherheiten kann der Vergleich der Simulationsergebnisse mit Grenzwerten für die Bestimmung von suboptimalen/kritischen O_2 -Bedingungen selbst bei sehr gut abgebildetem O_2 -Verlauf (z.B. mit einer Abweichung zur Messung von $0,1 \text{ mg L}^{-1}$) zu einer Fehleinstufung führen. Dadurch kann die simulierte Häufigkeit suboptimaler/kritischer O_2 -Bedingungen von den Beobachtungen abweichen. So wurden im Jahr 2010 an drei Gewässerstandorten jeweils 1, 3 und 4 Kalendertage mit kritischen Bedingungen beobachtet, aber an allen drei Standorten 2 Kalendertage simuliert (Abb. 2b). Angesichts der Unsicherheiten des gekoppelten Werkzeuges sind absolute Aussagen nicht belastbar. Die sehr gute Sauerstoffabbildung bei Trocken- und bei Regenwetter erlaubt aber die Beurteilung relativer Veränderungen (z.B. durch Maßnahmen).

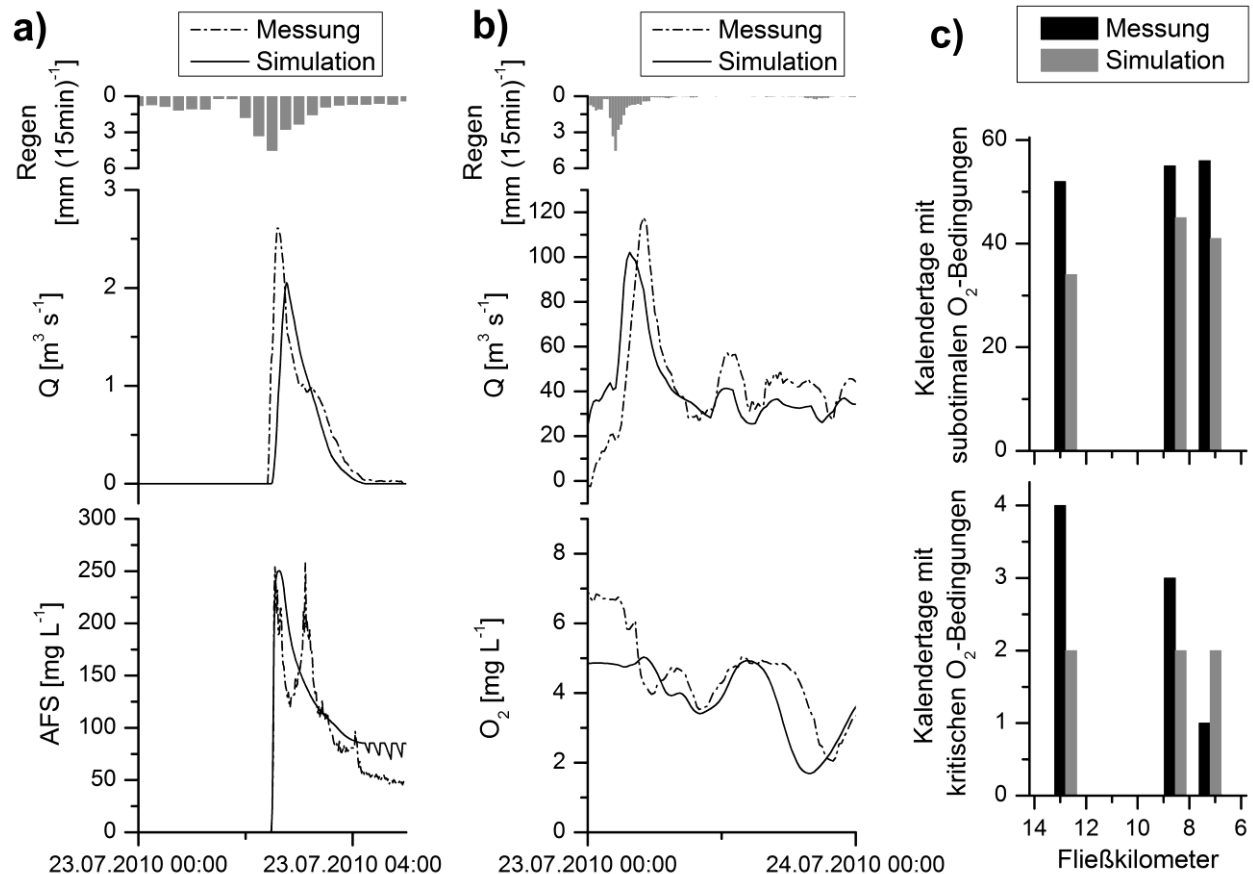


Abbildung 2: Beispielhafte Validierung des modellbasierten Werkzeuges: a) Durchfluss und Qualität eines MWÜ am Auslass des beobachteten Kanalteileinzugsgebietes (Abb.1) bei einem Starkregenereignis von 35 mm Regenhöhe im Juli 2010, b) Durchfluss und Sauerstoffverlauf nach dem gleichen Ereignis an der Gewässermessstelle bei km 7,20, c) Häufigkeit suboptimaler/kritischer Bedingungen des Jahres 2010 an drei Gewässermessstellen (Fließrichtung von links nach rechts, Vgl. Abb. 1)

Szenarien – Das Werkzeug wurde für Maßnahmen- und Klimaszenarien (Tab.1) anhand der Randbedingungen des Jahres 2007 getestet. Da in diesem Jahr sehr viele sommerliche Starkregen und dadurch verursachte kritische Bedingungen in der Stadtspreewälder auftraten, eignet es sich in besonderer Weise dazu, etwaige Effekte der untersuchten Maßnahmen anzuzeigen. Zunächst wurden der Kanalzustand im Status quo 2010 (S1) und 2020 inklusive der bereits geplanten Stauraumerweiterung (S2) miteinander verglichen. Darüber hinaus wurde die Sensitivität des modellbasierten Werkzeuges für weitergehende Maßnahmen getestet (S3: um 20% vergrößerter Stauraum, S4: um 20% reduzierte versiegelte Fläche). Diese weitergehenden Maßnahmen entsprechen keiner konkreten Planung sondern wurden pauschal für das gesamte Einzugsgebiet angesetzt; das Ausmaß der Maßnahmen bewegt sich aber im Rahmen der theoretischen Möglichkeiten. In den Klimaszenarien wurde von der erwarteten regionalen Temperaturerhöhung im Sommer für den Zeitraum 2046-2055 ausgegangen (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2011), unter der Annahme, dass die Gewässertemperatur analog zur Lufttemperatur ansteigt (S5). Da bezüglich der Intensität sommerlicher Starkregen sowohl eine Zunahme (Grieser und Beck 2002) als auch eine Abnahme (Jonas et al. 2005) möglich erscheint, wurden beide Varianten in Kombination mit einer Temperaturerhöhung simuliert (S6, S7).

3 ERKENNTNISSE AUS DER ANWENDUNG DES MODELLBASIERTEN WERKZEUGES

3.1 Verständnis der Prozesse im Gewässer

Die gekoppelte Modellierung zeigte, dass die beobachteten O₂-Depressionen nach MWÜ hauptsächlich durch drei Prozesse verursacht werden: (1) die Mischung von Flusswasser mit O₂-freiem/armem Mischwasser, (2) den Abbau von eingetragenen organischen Material und (3) die reduzierte Phytoplanktonaktivität durch die von MWÜ verursachte Trübung. Dabei dominiert Prozess (1) den O₂-Abfall der ersten Stunden nach dem MWÜ, während danach die Prozesse (2) und (3) zunehmend Gewicht bekommen. Durch die unterschiedlichen Zeitskalen der drei Prozesse verschiebt sich ihr relatives Gewicht an den auftretenden O₂-Depressionen mit der Zeit, bzw. mit dem zurückgelegten Fließweg. Entsprechend ist es möglich, dass Maßnahmen, die auf einen Bereich des MW-Systems oder auf einen der drei Prozesse fokussieren, abhängig vom Gewässerabschnitt eine unterschiedliche Entlastung für das Gewässer bewirken. Bei einer Bewertung der O₂-Bedingungen im Gewässer ist es daher wichtig mehrere Gewässerstellen zu betrachten.

3.2 Szenarien

Tab. 1 fasst die Szenarienergebnisse für den gesamten simulierten Zeitraum bezüglich MWÜ-Entlastung und Effekten im Gewässer (gemittelt für 8 Standorte) zusammen. Zum einen fällt auf, dass aufgrund der Hintergrundbelastung der Spree die Häufigkeit suboptimaler O₂-Bedingungen nahezu unabhängig von MW-bezogenen Maßnahmen ist (S2-S4 in Tab. 1). Andererseits führen die Maßnahmen zu einer signifikanten Abschwächung der O₂-Minima nach MWÜ, was sich in Tab. 1 in einer reduzierten Häufigkeit/Dauer kritischer Bedingungen zeigt. So würde beispielsweise die Häufigkeit und die effektive Dauer kritischer Zustände im Extremjahr 2007 durch die geplanten Maßnahmen (S2) um ein Drittel reduziert; durch eine zusätzliche 20%ige Reduktion der versiegelten Fläche (S4) könnte die Häufigkeit kritischer Zustände um ein weiteres Drittel vermindert werden mit einer Gesamtdauer von ~3 Stunden (ein Fünftel der ursprünglichen effektiven Dauer). Bezüglich der Klimaszenarien wird deutlich, dass eine Temperaturerhöhung vor allem die Hintergrundbelastung verstärkt, während sich Veränderungen der sommerlichen Regenintensität insbesondere auf die kritischen O₂-Konzentrationen infolge von MWÜ auswirken (S5, S6 und S7).

Tabelle 1: Übersicht der Szenarien und der simulierten Ergebnisse für das Extremjahr 2007

Szenario			Modellergebnisse für April bis November 2007 ^a				
Nr	Beschreibung	Vorhandenes Speichervolumen	Überlaufvolumen	Entlastete BSB ₅ -Fracht	Häufigkeit suboptimaler O ₂ -Bedingungen ^b	Häufigkeit kritischer O ₂ -Bedingungen ^c	Effektive Dauer kritischer O ₂ -Bedingungen
		[10 ³ m ³]	[Mio.m ³]	[t]	[d/a]	[d/a]	[h/a]
S1	Kanalnetz Status Quo 2010	192	5,9	354	28	3,9	15,3
S2	Kanalnetz mit geplantem Speichervolumen 2020	281	4,9	273	27	2,6	10,4
S3	S2 + vergrößerter Stauraum	318	4,6	247	26	2,1	8,6
S4	S2 + Reduktion befestigter Fläche um 20 %	281	3,3	182	25	1,3	3,2
S5	S2 + Temperaturerhöhung um 1,9 °C ^d	281	4,9	273	45	2,9	12,1
S6	S5 mit um 20 % höherer Regenintensität ^d	281	6,6	331	46	4,3	18,1
S7	S5 mit um 20 % reduzierter Regenintensität ^d	281	3,3	206	44	1,8	8,5

^a Randbedingungen (Meteorologische Daten und Gewässerdaten) des Extremjahres 2007

^b Kalendertage mit Unterschreitung der Dauer-Grenzwerte nach Lammensen (Lammensen 1997), gemittelt über 8 Gewässerstellen

^c Kalendertage mit O₂ < 2 mg L⁻¹ für mehr als 30 Minuten, gemittelt über 8 Gewässerstellen

^d aufgrund regionaler Klimaprojektionen (siehe Text)

Wie die Ergebnisse für den gesamten Zeitraum zustande kommen wird in Abb. 3 beispielhaft für ein Regenereignis mittleren Ausmaßes gezeigt. Im Status quo (S1) erreicht der Effekt der MWÜ, die an km 14,60 bereits Wirkung zeigen, bei km 10,28 ein Maximum; bis km 7,20 tritt bereits wieder eine leichte Erholung ein. Analog verstärkt sich die Auswirkung der MWÜ die direkt oberhalb km 10,28 in die Stadtspreet fließen (Doppelpeak am Abend des 7. Mai bei Spree km 10,28) bis km 7,20. Kritische Bedingungen mit $O_2 < 2 \text{ mg L}^{-1}$ treten an den beiden unteren Gewässerstellen auf. Nach der geplanten Staurationserweiterung (S2) werden 2 mg L^{-1} nur noch bei km 10,28 unterschritten, bei einer zusätzlichen Reduktion der versiegelten Fläche bleibt das O_2 -Niveau an allen untersuchten Gewässerstellen oberhalb von 3 mg L^{-1} .

Während bei dem in Abb. 3 gezeigten Regenereignis durch Maßnahmen eine klare Verbesserung des Gewässerzustands erreicht werden kann, treten bei extremen Starkregen auch bei S4 noch kritische Bedingungen auf (Tab. 1). So bleibt die Belastung bei den intensivsten Regenereignissen des simulierten Zeitraums nahezu unverändert (z.B. Ereignis am 15.06.2007 mit bis zu $8,9 \text{ mm (15min)}^{-1}$ und 45 mm Gesamtreghöhe, was etwa einem zweijährlichen Ereignis entspricht bei einer Trenndauer von 6 h).

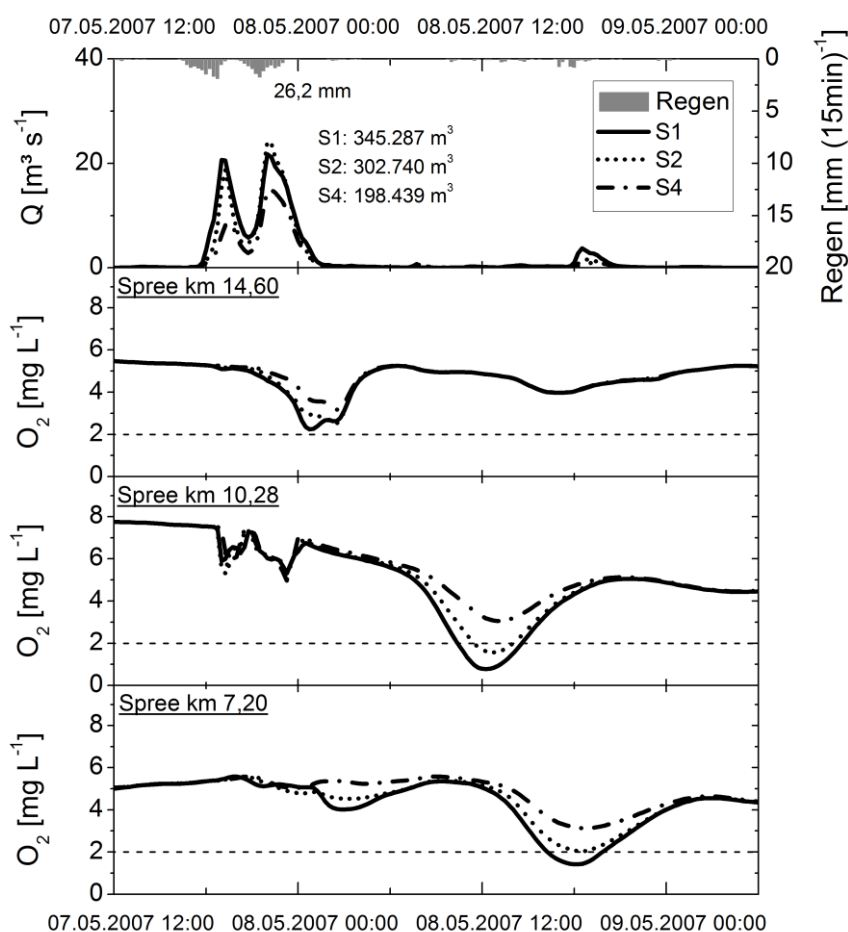


Abbildung 3: Vergleich der beiden Szenarien S2 (geplantes Speichervolumen bis 2020) und S4 (zusätzliche Reduktion der versiegelten Fläche um 20 %) anhand eines ausgewählten MWÜ. Die oberste Grafik zeigt den entlasteten MW-Volumenstrom, die unteren drei Grafiken zeigen den Sauerstoffverlauf an drei Gewässerstellen (Fließrichtung von oben nach unten, Abb. 1). Die gestrichelten Linien zeigen den Grenzwert von 2 mg L^{-1} für kritische Bedingungen.

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Die Arbeit zeigt, dass modellbasierte Werkzeuge nicht nur für einfache/vereinfachte Rahmenbedingungen aufgebaut werden können, sondern auch für große urbane

Entwässerungssysteme und Zielgrößen wie O_2 , die eine komplexe Simulation der Gewässergüte erfordern, in guter Übereinstimmung mit Messungen möglich sind. Voraussetzung dafür sind allerdings zeitlich hoch aufgelöste Messdaten, die die Zusammensetzung von MWÜ und die Reaktion im Gewässer erfassen.

Da das vorgestellte Werkzeug den O_2 -Verlauf im Gewässer sowohl bei Trockenwetter als auch nach MWÜ gut abbildet, kann davon ausgegangen werden, dass dies auch bei einer Reduktion des MWÜ-Volumens der Fall ist. Zudem konnte gezeigt werden, dass das Werkzeug sensitiv auf geplante und mögliche weitergehende Maßnahmen reagiert. Entsprechend wird das Werkzeug zur Unterstützung der Planung von Maßnahmen im Mischwassersystem für die Beurteilung einer relativen Verbesserung des Gewässerzustandes im Vergleich zu einer Referenzsituation empfohlen.

Die beispielhafte Szenarienrechnung für ein Extremjahr unterstreicht, dass bereits durch die bis 2020 geplanten Maßnahmen eine starke Verbesserung der Gewässersituation nach MWÜ erwartet wird und durch weiterführende Maßnahmen das Auftreten von kritischen O_2 -Bedingungen auf ein Minimum reduziert werden kann. Ein vollständiges Verhindern kritischer O_2 -Bedingungen bei den intensivsten Regenereignissen dürfte aber kaum möglich sein. Im Gegensatz zu den kritischen Situationen treten suboptimale O_2 -Bedingungen im Gewässer unabhängig von MWÜ auf. Entsprechend müssten für eine Verbesserung dieser Hintergrundbelastung andere Maßnahmen geplant werden, beispielsweise im Oberlauf der Spree. In Zukunft könnte das modellbasierte Werkzeug für die Beurteilung von Kombinationen verschiedener Maßnahmen innerhalb und möglicherweise außerhalb des Mischwassersystems verwendet werden.

Das modellbasierte Werkzeug wird zurzeit an die Endnutzer BWB und SenStadtUm übergeben, bei denen die verwendeten Modelle InfoWorks CS und QSim bereits vor dem Projekt genutzt wurden. Das Werkzeug soll bei der zukünftigen Planung von Maßnahmen über das Stauraumkonzept 2020 hinaus eingesetzt werden. Eine erste Anwendung soll am KWB für existierende Maßnahmen der Berliner Regenwasserbewirtschaftung erfolgen.

5 DANKSAGUNG

Die vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen der Projekte MIA-CSO und PREPARED durchgeführt, finanziell unterstützt durch die Berliner Wasserbetriebe, Veolia Eau und die EU (FP7, Projektnummer 244232). Messdaten wurden durch die Berliner Wasserbetriebe und die Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt zur Verfügung gestellt.

6 REFERENZEN

- Caradot, N. (2012). Continuous monitoring of combined sewer overflows in the sewer and the receiving river: return on experience. Kompetenzzentrum Wasser Berlin. http://www.kompetenz-wasser.de/fileadmin/user_upload/pdf/forschung/MIA-CSO/D_2.2_MonitoringOperation.pdf.
- Grieser, J., und C. Beck. (2002). Extremniederschläge in Deutschland: Zufall oder Zeichen? Klimastatusbericht 2002. Deutscher Wetterdienst (DWD).
- Jonas, M., T. Staeger, und C.-D. Schönwiese. (2005). Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Extremereignissen durch Klimaänderungen: Schwerpunkt Deutschland, p. 251. Umweltbundesamt (UBA).
- Kirchesch, V., und A. Schöl. (1999). Das Gewässergütemodell QSIM - Ein Instrument zur Simulation und Prognose des Stoffhaushalts und der Planktondynamik von Fließgewässern. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 43, 302-309.
- Lammersen, R. (1997). Die Auswirkungen der Stadtentwässerung auf den Stoffhaushalt von Fließgewässern. Schriftenreihe für Stadtentwässerung und Gewässerschutz des Institutes für Wasserwirtschaft der Universität Hannover, Heft 15.
- Matzinger, A., M. Riechel, P. Rouault, S. O. Petersen, E. Pawlowsky-Reusing, und B. Heinzmann. (2011). Impact-based management of combined sewer overflows – introduction to a flexible planning instrument. bluefacts – International journal of water management, 30-37.

- Matzinger, A., P. Rouault, M. Riechel, N. Caradot, H. Sonnenberg, B. Heinzmann, und D. v. Seggern. (2012). A large urban river under pressure - Research and actions for the mitigation of impacts from combined sewer overflows in Berlin, Germany. IS.Rivers - 1st international conference on integrative sciences and sustainable development of rivers.
- Riechel, M., A. Matzinger, P. Rouault, K. Schroeder, H. Sonnenberg, E. Pawlowsky-Reusing, und M. Leszinski. (2010). Application of stormwater impact assessment guidelines for urban lowland rivers – the challenge of distinction between background pollution and impacts of combined sewer overflows (CSO). Novatech 2010 7th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management.
- Schroeder, K., und E. Pawlowsky-Reusing. (2006). Adapted integrated modelling of drainage systems dominated by wastewater pump stations, p. V2.793-800. 7th International Conference on Urban Drainage Modelling and 4th International Conference on Water Sensitive Urban Design.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung. (2011). Stadtentwicklungsplan Klima - Urbane Lebensqualität im Klimawandel sichern, p. 84.
- Weyrauch, P., A. Matzinger, E. Pawlowsky-Reusing, S. Plume, D. von Seggern, B. Heinzmann, K. Schroeder, und P. Rouault. (2010). Contribution of combined sewer overflows to trace contaminant loads in urban streams. Water Research, 44, 4451-4462.
- Wolter, C., R. Arlinghaus, U. A. Grosch, und A. Vilcinskas. (2003). Fische & Fischerei in Berlin. Zeitschrift für Fischkunde Supplement, 2, 1-156.