
Zweijähriges Messprogramm in der Mischwasserkanalisation im Einzugsgebiet Bln IX, Berlin – Wedding

Heinzmann, B.¹⁾, Nebauer, M.¹⁾, Pawlowsky-Reusing, E.¹⁾ und Schütte, M.²⁾

¹⁾ Berliner Wasserbetriebe, Cicerostraße 24, 10709 Berlin

²⁾ Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie mbH (ifs), Stiftstraße 12, 30159 Hannover

Kurzfassung

Die Berliner Wasserbetriebe führten zusammen mit der Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie mbH das FE-Projekt „Mischwasserkanalisations Messprogramm“ (MIME) in den Jahren 2010 und 2011 im damals (fast) vollständig sanierten Einzugsgebiet Bln IX des Pumpwerkes Wedding, Seestraße durch. Das umfangreiche Messkonzept beinhaltete neben stationären, auch temporäre Messeinrichtungen. Durchflüsse, Wasserstände und Niederschlagshöhen wurden gemessen sowie drei Probenahmegeräte betrieben. Der Trockenwetterabfluss wurde siebenmal messtechnisch komplett erfasst. Insgesamt konnten 69 Regenereignisse erfolgreich beprobt werden, davon 12 Überlaufereignisse. Aufgrund der gewonnenen Daten ist eine hydraulische Kalibrierung des Kanalnetzmodells des Einzugsgebietes mittels der Software InfoWorks CS möglich, während es bei der Schmutzfrachtmodellierung Unsicherheiten gab. Es konnte im (fast) vollständig sanierten Einzugsgebiet mittels 20jähriger Langzeitsimulation nachgewiesen werden, dass weniger als 25 % vom mittleren Jahresregenabfluss (Grenzwert für Entlastung entsprechend wasserbehördlicher Erlaubnis) überlaufen.

1. Einleitung

Nach Plänen von James Hobrecht wurde das Mischsystem in den Jahren von 1873 bis 1909 mit 12 unabhängigen Entwässerungsgebieten und Überläufen in die Spree gebaut. Heute gibt es 18 Entwässerungsgebiete im Berliner Mischsystem mit einer gesamten Fläche von 102,5 km². Die befestigte angeschlossene Fläche beträgt 66 km² und die Kanäle haben eine Länge von ca. 2.000 km. Abwasser von 1,2 Millionen Einwohner wird zusammen mit Regenabflüssen in der Kanalisation gesammelt und von Pumpwerken durch Druckrohrleitungen zu den Kläranlagen gefördert. Jährlich fließen rund 6,5 Millionen m³ Mischwasser über ca. 450 Entlastungsbauwerken in die Gewässer Berlins. Das entspricht zwar nur 2 % an Volumen verglichen mit den Einleitungen an gereinigtem Abwasser von den Kläranlagen und Einleitungen von Regenabflüssen aus der Regenwasserkanalisation im Trennsystem, aber beim Frachtvergleich für die Parameter abfiltrierbare Stoffe, CSB, BSB₅, Ammonium und Phosphor immerhin 9 bis 23 %. Nach starken Regenereignissen mit entsprechenden Mischwasserüberläufen nimmt der Sauerstoff in der Stadtspre ab und aquatische Lebewesen werden beeinträchtigt.

Um einen guten ökologischen und chemischen Zustand des Berliner Flusses Spree entsprechend der EU-Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen, wurde ein Masterplan vom Berliner Senat 2001 erlassen. Ziel ist es schrittweise bis zum Jahre 2020 die Mischwasserüberläufe zu vermindern (z.B. Sanierungserlaubnisse vom 30.06.1998 und 15.10.1999 für Mischwassereinleitungen). Nach erfolgter Sanierung der Einzugsgebiete ist durch Langzeitsimulation für jedes Einzugsgebiet nachzuweisen, dass im langjährigen Mittel über zwanzig Jahre jährlich nicht mehr als 25 % des jährlichen Regenabflusses überlaufen und nicht mehr als 20 % der Frachten des jährlichen Regenabflusses für die Parameter CSB, BSB₅ und abfiltrierbare Stoffe in die Gewässer gelangen.

2. Ziele

Im FE-Projekt (in Zusammenarbeit mit der Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie mbH) wurden verschiedene Parameter gemessen, um die Beschaffenheit des Abwassers bei Trockenwetter und die Zusammensetzung des Mischwassers bei Regenwetter sowie um den Klärüberlauf eines Regenüberlaufbeckens zu charakterisieren. Die Messdaten wurden für die Kalibrierung und Verifizierung eines Kanalnetz- und Schmutzfrachtmodells im Einzugsgebiet mittels der Software InfoWorks CS verwendet. Darüber hinaus galt es Daten über die Beschaffenheit der Mischwasserüberläufe für immissionsorientierte Planungen von Maßnahmen im Zuge der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie zu gewinnen. Eine weitere Aufgabe ist die Charakterisierung des Mischwassers und des Mischwasserüberlaufes in Abhängigkeit vom Regenereignis (Niederschlagshöhe und -dauer) sowie der voran gegangenen Trockenzeit.

3. Untersuchungsgebiet

Das Einzugsgebiet Bln IX des Pumpwerks Wedding an der Seestraße innerhalb des Mischsystems wurde für die Messkampagne aus folgenden Gründen ausgewählt:

- verschiedene Maßnahmen zur Vergrößerung des Stauraums wurden bereits durchgeführt:
 - Regenüberlaufbecken (Abbildung 1) mit einem Volumen von 2.000 m³
 - ein mobiles Wehr im nördlichen Hauptkanal (Senkwehr in der Abbildung 2), wodurch ein Volumen von 3.900 m³ in der Kanalisation während eines Regenereignisses bewirtschaftet werden kann
 - nur 5 Entlastungsbauwerke (Regenüberlauf RÜ 1; 2; 4; 5 und 6)
 - davon zwei mit einem Kippwehr (Abbildung 3) zur Schaffung von Stauraum
- Der Zulauf zur Pumpstation (niedrigster Punkt) erfolgt über zwei Hauptkanäle aus dem Norden und Süden (insgesamt 92 km Kanäle)
- Das Einzugsgebiet mit 76.000 Einwohner hat eine Fläche von nahezu 480 ha (befestigte Fläche beträgt 312 ha)
- Die Gebäudestruktur und -dichte ist relative homogen und kompakt und damit repräsentativ für das Mischsystem in Berlin.



Abbildung 1: Regenüberlaufbecken

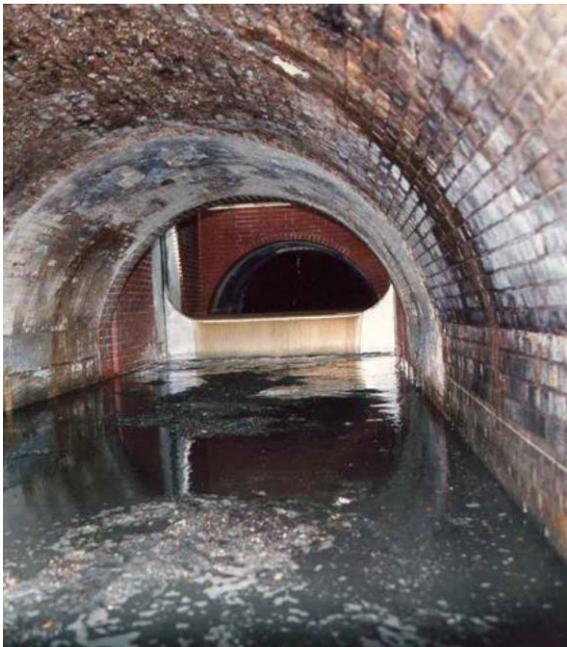


Abbildung 2: Senkwehr



Abbildung 3: Kippwehr (Mischwasserüberlauf Nr. 1 und 6)

4. Messkonzepte und Methode

Der Messstellenumfang umfasste neben stationären Messeinrichtungen (1 Durchfluss-, 9 Wasserstandsmessstellen und 2 Niederschlagsschreiber) auch temporäre Messeinrichtungen (7 Durchfluss-, 8 Wasserstandsmessstellen, 1 Niederschlagsschreiber sowie 3 Probenahmegeräte). Zur Ermittlung der Konzentrationen von insgesamt 39 Parametern wurden in den beiden Hauptsammlern volumenproportional Proben mit automatischen Probenahmegeräten entnommen und im Labor analysiert.

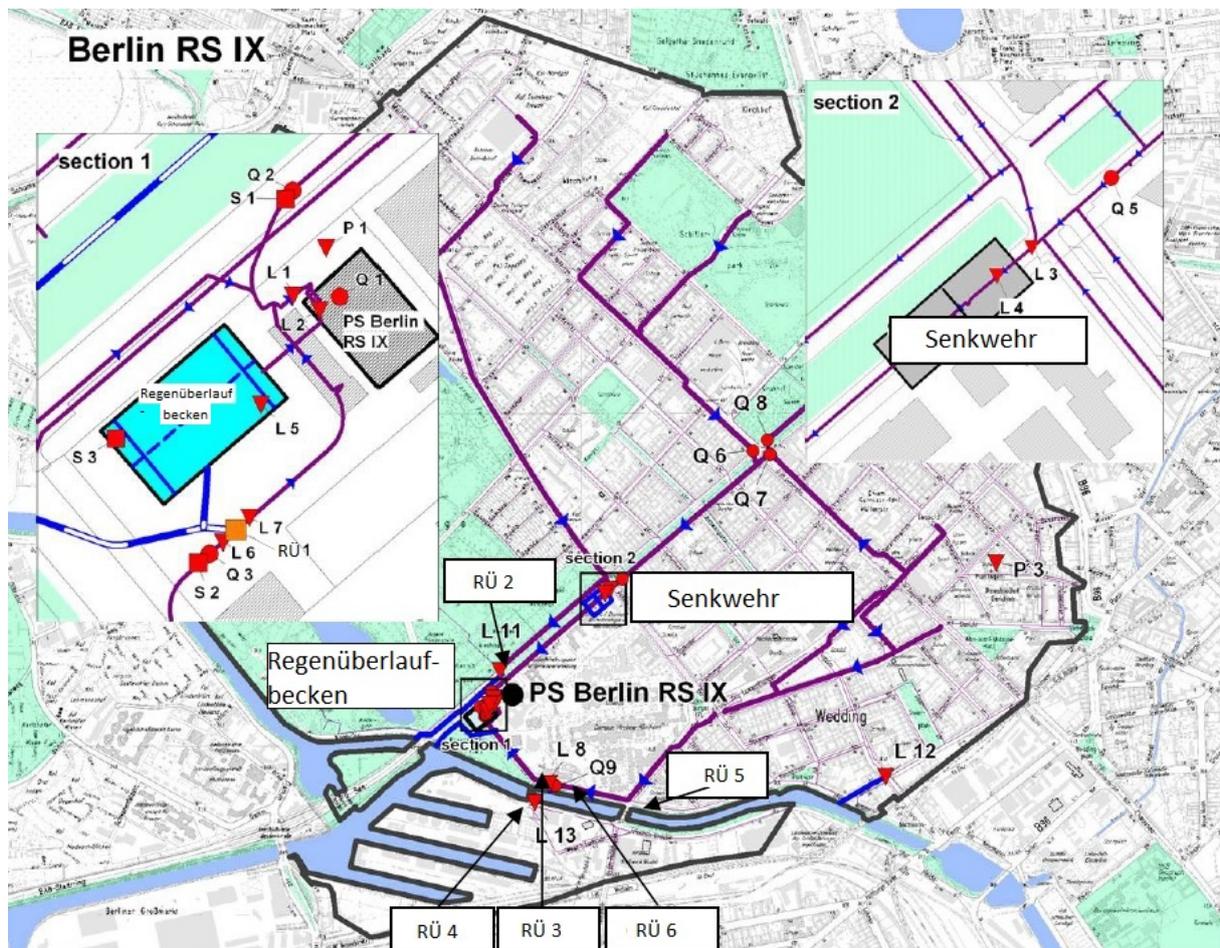


Abbildung 4: Einzugsgebiet des Pumpwerkes (PS) Wedding mit Ausschnitt 1 und 2 - Anordnungen der verschiedenen Messeinrichtungen: Niederschlag (P), Volumen (Q), Wasserstand (L), Probenahmegeräte (S)

Zur Bestimmung der Trockenwetterganglinien (jeweils für Frühjahr, Sommer, Herbst und Winter) in den beiden Hauptsammlern wurden im 1-Minuten-Takt die Abflüsse gemessen und im 5-Minuten Takt zeitproportionale 1 Stunden Mischproben genommen. Im Regenüberlaufbecken am Pumpwerk (PW) Seestraße wurden der Wasserstand und die Entlastungsmenge am Klärüberlauf messtechnisch erfasst. Bei Überlaufereignissen erfolgte ebenfalls eine volumenproportionale Probenahme und die Analyse der Parameter im Labor.

Der Gesamtabfluss des Einzugsgebietes wird als Summe der Förderleistung des Pumpwerkes Seestraße und den an den Überlaufschwelen entlasteten Abflussmengen bilanziert. Der jährliche Regenwetterabflussanteil lässt sich unter Berücksichtigung der Fördermenge des Pumpwerkes Wedding sowie des mittleren Trockenwetterabflussvolumens und des Entlastungsvolumens bestimmen.

Die Fördermengen des Pumpwerkes wurden mit magnetisch-induktiven Durchflussmessern bestimmt. Die Ermittlung der Entlastungsmengen im Einzugsgebiet erfolgte durch Ausstattung der einzelnen Überlaufbauwerke mit einer Wasserstandsmessung und die Berechnung der Entlastungsmenge mit der Überfallformel nach Poleni bzw. bei den Kippwehren des RÜ1 und RÜ6 über den Kippwinkel.

5. Ergebnisse

Von 115 Tagen liegen Trockenwettertagesganglinien des Abflusses vor (Abbildung 5). Von jeweils sieben Tagen wurden die Konzentrationen und Frachten von Parametern bestimmt. Daraus abgeleitet wurden mittlere Konzentrations- und Frachtganglinien des Abwassers für Frühjahr, Sommer, Herbst und Winter.

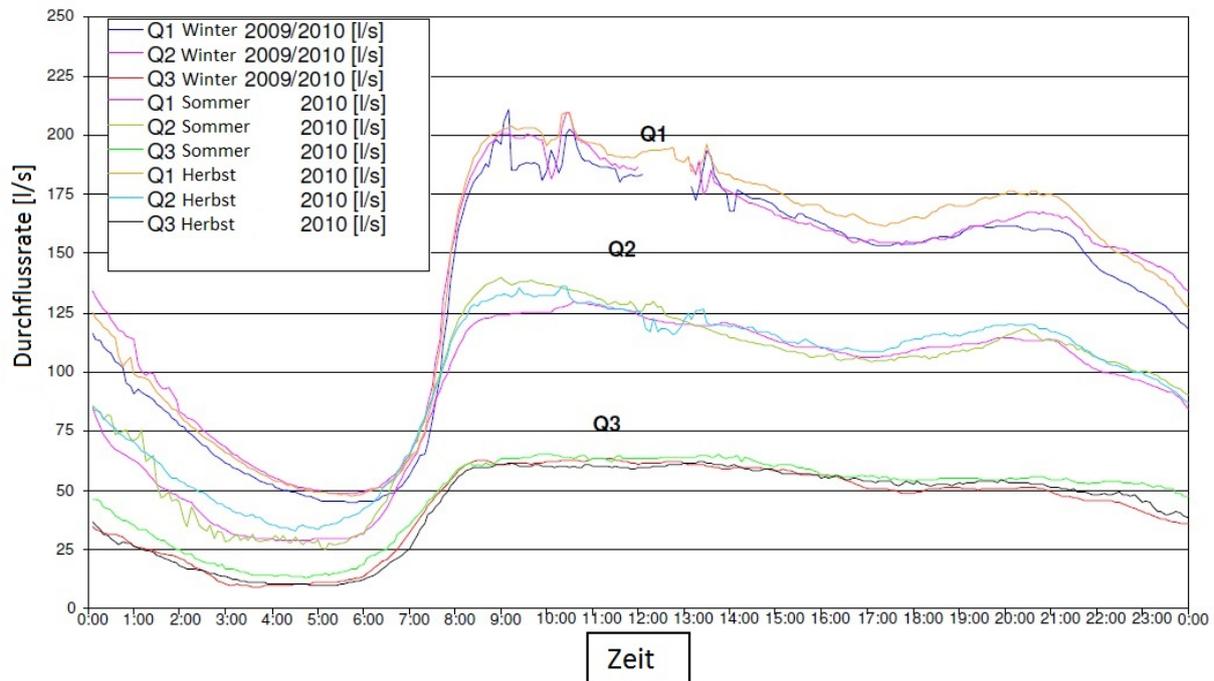


Abbildung 5: Tagesganglinien des Abflusses bei Trockenwetter

Die beiden Messjahre entsprechen mit den gemessenen Jahresniederschlägen der durchschnittlichen Niederschlagshöhe für Berlin. Eine statistische Auswertung der gemessenen Regenereignisse weist für den Messzeitraum im Vergleich zur langjährigen Regenreihe für Berlin eine geringere Anzahl von kleineren Regenereignissen und deutlich mehr Regenereignisse mit größerer Niederschlagshöhe und -dauer auf.

Insgesamt gelang es Abflussproportionale Proben von 30 Regenereignissen (insgesamt 102 Regenereignisse) in 2010 und 39 Regenereignissen (insgesamt 104 Regenereignisse) in 2011 zu nehmen. Hiervon wurden für jedes dieser Regenereignisse Zeitkurven für den Niederschlag und die Abflüsse von Mischwasser und die dazugehörigen Konzentrationen und Frachten ermittelt (Abbildung 6).

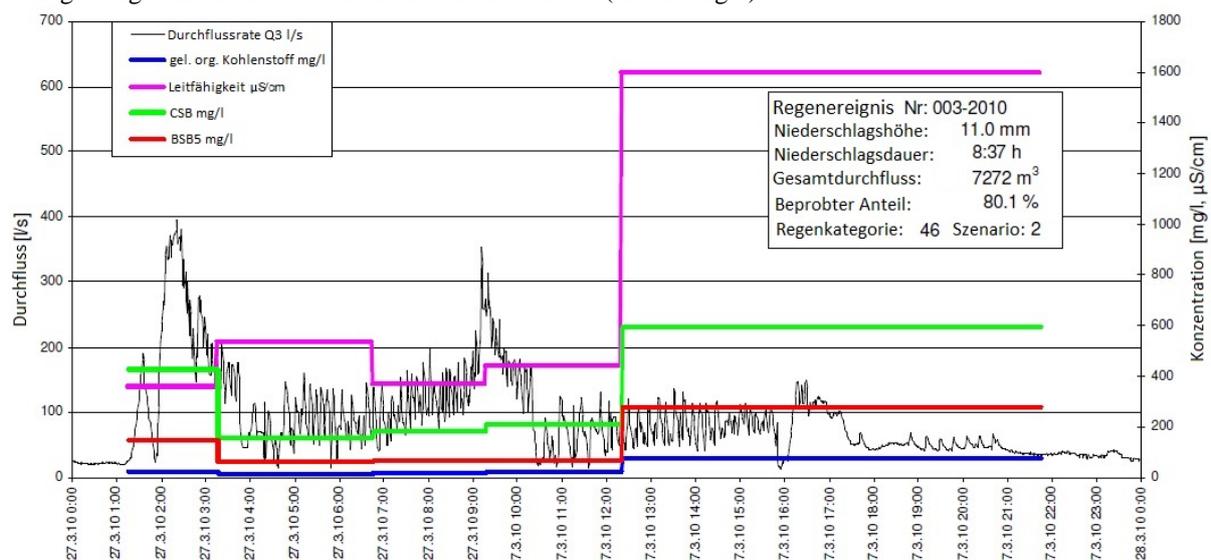


Abbildung 6: Darstellung für ein gemessenes Regenereignis

Auf dieser Grundlage konnten mittlere Konzentrationen und Frachten sowie Summen der Frachten von 39 Parametern in Abhängigkeit von betrieblichen Zuständen gebildet werden (Tabelle 1). Folgende Szenarien für Mischwasser und Mischwasserüberläufe bei Regenwetter wurden für das Jahr 2010 identifiziert:

Szenarien in Q2 (Anzahl)

Rückstau Senk. + kein Rückstau PW + ohne Überlauf (4)
 Rückstau Senkwehr + Rückstau PW + ohne Überlauf (9)
 Rückstau Senkwehr + Rückstau PW + mit Überlauf (9)
 Senkwehr geht nach unten = Probe nicht repräsentativ (8)

Szenarien in Q3 (Anzahl)

freier Abfluss (3)
 Rückstau PW (8)
 Fließumkehr ohne Überlauf (4)
 Fließumkehr mit Überlauf (15)
 Probe nicht repräsentativ (4)

Szenarien	arith. Mittel	geo. Mittel
Sz 1 (Q2): Rückstau Senkwehr + kein Rückstau Pumpwerk (PW) + ohne Überlauf	368	343
Sz 2 (Q2): Rückstau Senkwehr + Rückstau PW + ohne Überlauf	280	267
Sz 3 (Q2): Rückstau Senkwehr + Rückstau PW + mit Überlauf	289	255
Sz 4 (Q2): Senkwehr geht nach unten = Probe nicht repräsentativ	190	182
Sz 1 (Q3): freier Abfluss	404	396
Sz 2 (Q3): Rückstau PW	335	321
Sz 3 (Q3): Fließumkehr ohne Überlauf	184	188
Sz 4 (Q3): Fließumkehr mit Überlauf	233	253
Sz 5 (Q3): Probe nicht repräsentativ	261	275
KÜ (Klärüberlauf)	224	180
RÜ1	164	160
RÜ2	134	134
RÜ3	210	225
RÜ4	205	152
RÜ5	122	133
RÜ6	163	157
Abwasser bei Trockenwetter Q2	1075	
Abwasser bei Trockenwetter Q3	810	

Tabelle 1: CSB-Konzentrationen im Jahr 2010

Insgesamt wurde im Jahr 2010 ein Regenwasservolumen von 586.915 m³ beprobt. Dieses Volumen entspricht 62,0 % des gesamten Regenwasservolumens von 946.897 m³. Im Jahr 2011 wurde ein Regenwasservolumen von 691.411 m³ beprobt, was einem Anteil von 68,1 % des Regenwasservolumens des Jahres 2011 von 1.015.416 m³ entspricht.

Bei insgesamt 22 Regenereignissen gab es einen Zulauf ins Regenüberlaufbecken, wobei 15mal der Klärüberlauf ansprang. Mischwasserüberläufe wurden vor allem an RÜ1 (11), weiterhin RÜ2 (1), RÜ4 (7), RÜ5 (4) und RÜ6 (3) in den beiden Jahren gemessen. 12 Abflussereignisse mit Entlastungen konnten in diesem Zeitraum vollständig messtechnisch erfasst und die entsprechenden Zeitkurven erstellt werden.

Das Kanalnetz- und Schmutzfrachtmodell des Einzugsgebietes Bln IX des Pumpwerkes Wedding wurde im nächsten Schritt mit den generierten Daten von fünf ausgewählten Regenereignissen des FE-Projektes mittels der Software InfoWorks CS kalibriert und verifiziert. Hierbei gab es Schwierigkeiten mit der Bilanzierung der Mengen. Erst bei Annahme eines weiteren Regenüberlaufes im südlichen Bereich des Einzugsgebietes konnte die Kalibrierung erfolgreich durchgeführt werden. Überprüfungen vor Ort an den entsprechenden Bauwerken ergaben, dass das Entlastungsbauwerk RÜ3 noch offen und nicht, wie angenommen, zugemauert war, so dass hier Mischwasser noch überlief.

Die jährliche Menge an Mischwasserüberlauf lag unter 25 % des jährlichen Regenabflusses (Nachweis mittels 20jähriger Langzeitsimulation) und zeigt somit den Erfolg des Rehabilitationsprogrammes. Eine exakte Kalkulation unter Berücksichtigung von benachbarten Wasserständen für das Entlastungsbauwerk RÜ3 ist in Arbeit. Das Kippwehr am RÜ6 funktionierte nicht ordnungsgemäß. Nach Überschreitung des Stauzieles wurde

sofort der gesamte Entlastungsquerschnitt freigegeben, so dass insbesondere im Jahr 2010 dort mehr Mischwasser überlief. Deshalb konnten für die Kalibrierung des Schmutzfrachtmodells nur kleine Regenereignisse verwendet werden, bei denen das Kippwehr nicht ansprang. Eine weitere Unsicherheit bei der Kalibrierung der Parameter CSB, BSB₅ und abfiltrierbare Stoffe (hier soll entsprechend wasserbehördlicher Erlaubnis weniger als 20 % der Frachten vom mittleren Jahresregenabfluss in die Gewässer gelangen) sind nicht ausreichende Kenntnisse über Akkumulation bei Trockenzeiten und Abtrag der Parameter bei Regenereignissen von den Oberflächen. Dadurch bestehen hohe Unsicherheiten bei der 20jährigen Langzeitsimulation der Frachten.

Durch das Messprogramm konnte ein besseres Verständnis über die hydraulische Situation im Kanalnetz und das Zusammenwirken des Senkwehrs mit dem Regenüberlaufbecken gewonnen werden. Bei plötzlicher Freigabe des Kanalquerschnitts durch das Senkwehr bei eingestautem Kanal wurden Abflussspitzen bis 8 m³/s im nördlichen Hauptkanal gemessen, die deutlich den maximal möglichen Zufluss zum Regenüberlaufbecken von 2 m³/s überschreiten, so dass sich eine Fließumkehr im südlichem Hauptkanal einstellte und häufig über RÜ1 entlastet wurde.