

## Schmutzfrachtorientierte Kanalbewirtschaftung in der Praxis am Beispiel der Stadt Wetzlar

J. Schaffner<sup>1,\*</sup>, J. Steinhardt<sup>1</sup>, M. Bongards<sup>2</sup> und P. Kern<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Steinhardt Wassertechnik, Roederweg 10, 65232 Taunusstein, Deutschland

<sup>2</sup> Fachhochschule Köln, Inst. für Automation & Industrial IT, Claudiusstr. 1, 50678 Köln

\*Email des korrespondierenden Autors: joerg.schaffner@steinhardt.de

**Kurzfassung** Der vorliegende Bericht beinhaltet Teilergebnisse eines mehrjährigen Forschungsprojektes bezüglich Kanalnetzbewirtschaftung mittels gezielter Kanalspülungen in der Stadt Wetzlar. Unter der Leitung der Steinhardt GmbH entwickelten die Projektteilnehmer unter anderem eine Art Reihenschaltung von Kanalspülern, die es ermöglicht, gezielt Sedimente aus ablagerungsbehafteten Kanalabschnitten zu lösen und zur Kläranlage zu transportieren. Zur Dokumentation dieser Spülungen wurden Messungen von Höhenverläufen der erzeugten Wellen sowie der Sedimentablagerungen durchgeführt. Diese Werte dienten anschließend der Kalibrierung eines neu entwickelten numerischen Modells zur eindimensionalen Berechnung von Spülwellen in Hauptsammlern. Die vorhandenen Sedimente wurde bzgl. ihrer Eigenschaften untersucht und in-situ Messungen von CSB Frachten in Spülwellen lieferten Hinweise auf den potentiell möglichen Schmutzfrachttransport. Aufgrund der speziellen Kanalgeometrie der Spülstrecken wurde auch ein neues Verfahren der Dükerreinigung mittels Schwallspülung entwickelt.

**Schlagwörter:** Kanalbewirtschaftung, Sedimentmessungen, Modellierung, Schwallspülung, Reduzierung von Schmutzfrachtentlastungen.

### 1 EINLEITUNG

Die Bewirtschaftung einzelner Kanäle oder ganzer Kanalnetze kann auf vielfältige Arten erfolgen, hat aber in der Regel das Ziel Schmutzfrachtenlastungen in angeschlossene Gewässer zu reduzieren. (Heusch, 2011; Scheer, 2008). Dazu wird bei Regenwetterabfluss das vorhandene Kanal- und Beckenvolumen mit der Hilfe von gesteuerten Drosselorganen möglichst optimal ausgenutzt, um die Überströmung von Regenüberläufen bzw. von Klär- und Beckenüberläufen zu vermeiden. Eine Betrachtung der im Kanal bzw. Becken vorhandenen Sedimentablagerungen und der damit verbundenen Schmutzfrachtpotenziale erfolgt dagegen nicht. Diese Ablagerungen können, besonders nach längeren Trockenzeiten, bei Starkregenereignissen remobilisiert werden und neben der Stoßbelastung von Kläranlagen zu erheblichen Gewässerverschmutzungen führen. (Kirchheim, 2005) Eine regelmäßige Reinigung von langen Kanalstrecken mittels Schwallspülung kann die Ablagerungen kontinuierlich und gezielt zur Kläranlage transportieren und die zuvor beschriebene Problematiken reduzieren. Im Folgenden wird das in Wetzlar installierte Spülsystem vorgestellt sowie Untersuchungen in Bezug auf Sedimentverlagerungen aufgrund von Kanalspülungen sowie deren Schadstofftransport. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse sind ein Teil des Forschungsprojektes LASTSPUEL (Steinhardt GmbH 2008 und 2012), welches die Möglichkeiten einer kläranlagenbedarfsorientierten Kanalspülung analysiert.

### 2 BESCHREIBUNG EINZUGSGEBIET UND KANALNETZ DER STADT WETZLAR

Das Kanalnetz der Stadt Wetzlar weist zahlreiche hydraulische Sonderbauwerken und Randbedingungen auf, die es sehr interessant für eine detaillierte Untersuchung von Schwallspülungen macht. Eine Besonderheit des Kanalnetzes sind die verschiedenen Düker zur Unterquerung der Lahn, der Dill und des Mühlgrabens. Die Hauptsammler haben Dimensionen von DN 1100 bis DN 1600 und ab dem Lahndüker bis zur Kläranlage DN 1800 bis DN 2000. Des Weiteren beinhaltet das Wetzlarer Kanalnetz 53 Regenüberläufe sowie 12 Becken zur Regenentlastung. Das Einzugsgebiet besitzt eine Größe von ca. 690 ha, mit einer undurchlässigen Fläche  $A_u$  von 227 ha bei einem mittleren Befestigungsgrad von 33 %. Die Kläranlage Wetzlar wird im Regenfall mit maximal 750 l/s beschickt. Der darüber hinausgehende Zufluss

in der Höhe von in etwa 3.300 l/s wird dem Regenüberlaufbecken auf der Kläranlage zugeführt. Sowohl die Kläranlage, wie auch das Regenüberlaufbecken werden jeweils über ein separates Pumpwerk beschickt.

### 3 BESCHREIBUNG DER EINGESETZTEN KANALSPÜLER

Die Wahl des Spülsystems fiel auf Grund der mittleren Kanalgrößen auf den HydroGuard Mini der Steinhardt GmbH, der für Durchmesser von DN 500 bis DN 2000 ausgelegt ist. Die Grundposition des Kanalspülers ist außerhalb des Fließquerschnittes. Wird das Spülschild abgesenkt sperrt es den Trockenwetter- bzw. Mischwasserabfluss ab. (Abbildung 1) Sobald die Einstauhöhe erreicht ist, wird das Spülschild ruckartig geöffnet und der gesamte Fließquerschnitt freigegeben. Es entsteht sowohl eine Spülwelle im unterliegenden Kanal, als auch eine Sunkwelle im oben liegenden Bereich. Nach dem Auslösen der Spülwelle verbleibt das Spülschild bis zum nächsten Einstauzeitpunkt in der oberen Position. Die Spülhäufigkeit bzw. Frequenz kann frei gewählt werden. Dabei ist sowohl eine Vorort Steuerung als auch eine Fernwirksteuerung möglich. Bei Starkregen verbleibt das Schütz in der Ruheposition, die oberhalb des Fließquerschnitts liegt und somit keine Behinderung für den Abfluss darstellt. Während des laufenden Kanalbetriebes sind die Anlagenteile leicht zugänglich.

Abbildung 1: Absperren des Fließquerschnitts – Einstau, Spülung und Ruheposition.

### 4 STANDORTE KANALSPÜLUNG

Es wurden im Rahmen des Forschungsprojektes drei Kanalspüler eingebaut. Dabei war es nur möglich von der Größe geeignete vorhandene Schachtbauwerke als Standorte auszuwählen. Die Spülungen erfolgen in Reihe von der Altstadt aus gesehen über das sog. Bodenfeld (Hauptsammler 2) durch das Industriegebiet (Hauptsammler 1) bis zur Kläranlage.



Abbildung 2: Lage Kanalspüler Altstadt, Bodenfeld und Lahndüker.

Der Altstadtsammler liegt am westlichen Ende der Altstadt von Wetzlar in der Brauhausgasse. Der Spüler ist kurz hinter einem Dreifachdüker installiert, der den Mühlgraben unterquert. Die Spülstrecke des Altstadtsammlers ist ca. 593 m lang und wird bis zum RÜ Starke Weide betrachtet. Der Ablauf besteht aus einer Rohrleitung DN 1200. Das Bauwerk erlaubt einen HydroGuard Mini der Größe DN 1200. (Abbildung 2 und 3 links) Angesetzt ist eine Stauhöhe von 0,8 m mit einem Stauvolumen von 85 m³. Die Einstaudauer beträgt etwa 91 min. Der zweite Spüler ist zwischen den beiden Lahn Dükern im Anschluss an den Dill Düker eingebaut und bildet die Verlängerung des Altstadtsammlers in Richtung Kläranlage. Der Spüler befindet sich unterhalb des Dill Dükers (DN 1000/ DN 1100) mit einem Zulauf DN 1800. Der

Schacht M098 bietet Platz für einen HydroGuard Mini DN 1800 und die Möglichkeit ausreichend Volumen für die 650 m lange Spülstrecke einzustauen. (Abbildung 2 und 3 Mitte) Mit einer Stauhöhe von 1,25 m wird ein Stauvolumen von 400 m<sup>3</sup> erreicht. Die Einstaudauer beträgt dabei in etwa 37 min. Der Spülbereich in Richtung der Kläranlage endet am Oberhaupt des Lahn- Dükers. Mit dem Hauptsammler 1 wird die Verbindung zur Kläranlage geschlossen. Der Hauptsammler weist einen Querschnitt DN 2000 auf. Der Spüler befindet sich in Schacht M147 im Unterhaupt des Lahn- Dükers. Bei einer Einstauhöhe von 1,30 m am Spülschild kann ein Stauvolumen von ca. 1400 m<sup>3</sup> erzielt werden, welches ausreichend ist für die 1400 m lange Spülstrecke. Die Einstaudauer ist abhängig von der Tageszeit und beträgt im Mittel etwa 30 min. (Abbildung 2 und 3 rechts)



Abbildung 3: Kanalspüler DN 1200, DN 1800 und DN 2000.

## 5 SEDIMENTUNTERSUCHUNGEN

Die Beobachtung von Feststoffablagerungen und Probenahme im Verlauf der Spülstrecke in der Kanalisation der Stadt Wetzlar diente neben einem allgemeinen Aufschluss über die Inhaltsstoffe, Ablagerungshöhen und deren Eigenschaften, der Dokumentation der Reinigungsleistung durch die Spülwellen. Durch die Messung der Verlagerung der Sedimenthöhen vor und nach Spülereignissen aus den jeweiligen Spülstrecken, konnten Rückschlüsse auf die Anzahl und Intensität der Spülintervalle gezogen werden, die notwendig sind um einen ablagerungsfreien Betrieb zu erzielen.



Abbildung 4: Ablagerungen Düker Mühlgraben (links) und stromab Kanalspüler Altstadtsammler (rechts).

Vor und nach Inbetriebnahme der Kanalspüler wurde der Bestand an Kanalablagerungen dokumentiert, um die ungestörten Verhältnisse und nach der jeweils ersten Spülwelle, die direkte Auswirkung der Schwallspülung zu erfassen. Im Folgenden werden die Messergebnisse im Altstadtsammler dokumentiert. (Abbildung 4 und 5)

## 6 SEDIMENTVERLAGERUNGEN

Unmittelbar vor und nach den Kanalspülungen im Altstadtsammler wurden die Sedimenthöhen in den Schächten M 120 – M 122 gemessen. Direkt unterhalb des Spülerstandortes (M 120) waren dünenförmige Sedimentablagerungen mit einer Höhe von ca. 9 cm festzustellen, die sich bis in den stromab liegenden Folgeschacht zog. Der Bereich zwischen Schacht M 121 und M 122 war zunächst ablagerungsfrei. Nach erfolgten Spülungen mit drei unterschiedlichen Einstauhöhen wurde eine Verlagerung des

stromaufwärtigen Endes der Ablagerungsdüne um ca. 5 Meter stromab festgestellt. Das stromabwärtige Ende, das sich zunächst innerhalb des Schachtes M121 befand, hat sich um ca. 15 m stromab verlagert. Die Höhe der Sedimentdüne hatte sich auf ca. 7 cm reduziert. (Abbildung 5) Dieses Ergebnis zeigt deutlich, dass es schwierig ist eine große Menge älterer und verfestigter Ablagerungen mit nur einigen Spülungen aus dem Kanal zu entfernen. Es erscheint nahe liegend, dass die drei Spülwellen zunächst nur die biologischen und feinen mineralischen Anteile der Sedimente aus der Ablagerungsdüne lösen und abtransportieren konnten. Die folgende Untersuchung betrachtete daher die Eigenschaften der Kanalsedimente vor und nach den Spülungen.

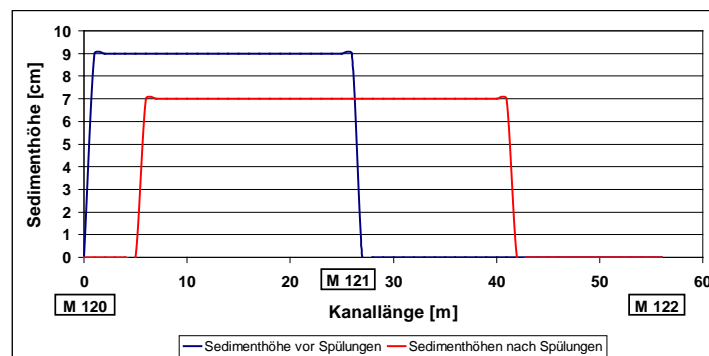


Abbildung 5: Sedimentverlagerungen Altstadtssammler aufgrund von Spülversuchen.

## 7 FESTSTOFFANALYSE

Die entnommenen Feststoffe wurden auf die Parameter Feststoffdichte ( $\rho_s$ ), Trockensubstanz (TS) und Glühverlust (GV) durch das Labor der Kläranlage Wetzlar untersucht. Anhaltspunkte zu der Rauheit der Feststoffe, die später im Rahmen der numerischen Simulationen verwendet werden sollen, konnten durch Sieblinienbestimmung (DIN 66 165) des Glührückstands und charakteristische Korndurchmesser  $d_x$  ermittelt werden. Die Feststoffanalyse ergab einen Trockenrückstand von  $TR = 83 - 93 \%$  und einen Glühverlust von  $GV = 1,98 - 3,12 \%$ . Aufgrund des hohen Anteils an Trockensubstanz und geringer organischer Belastung konnten die Feststoffe als kohäsionslose Sedimente eingestuft werden. Des Weiteren wurde, angesichts des geringen organischen Anteils, der aus dem Glühverlust abzuleiten ist, auf eine Analyse der Feststoffe hinsichtlich des Summenparameters CSB verzichtet. Interessant ist die Erhöhung der Trockensubstanz in Schacht M 121 nach den Spülversuchen. Dies deutet, wie bereits gesehen, auf eine Verlagerung der Sedimente bzw. auf eine Auswaschung der biologischen Anteile aufgrund der Spülungen hin. Die Feststoffproben aus der Altstadt weisen einen hohen Gewichtsanteil von Fein- bis Grobkies auf. Nach erfolgter Spülung und Verlagerung der Sedimentdüne ist insbesondere im Frontbereich der Düne (stromabseitig) ein größerer Gewichtsanteil an grobkörnigerem Material festzustellen.

## 8 CSB TRANSPORT DURCH SPÜLWELLEN - IN-SITU MESSUNGEN IM KANALNETZ

Die erste Abschätzung des Sediment- und Schmutzfrachttransportes erfolgte im Rahmen von in-situ Messungen an einem Kanalspüler DN 1800 in Wetzlar. Dazu wurden drei handausgelöste Spülungen durchgeführt und deren CSB Transport mit einer Online-Sonde in Schacht 101, ca. 355 m stromab des Kanalspülers gemessen. Zuvor wurde eine Wasserprobe genommen, deren CSB Gehalt als Kalibrierungswert für die Sonde im Labor UEG, Wetzlar untersucht wurde. Der Zu- und Ablauf der Spülwellen im untersuchten Schacht wurde durch eine temporär installierte Ultraschallsonde aufgezeichnet, so dass eine Korrelation der Abflussmenge zum CSB Transport hergestellt werden konnte.

Vor der Auslösung der ersten Spülwelle lag der CSB Gehalt des Trockenwetterabflusses bei ca. 300 mg/l. Der Frontbereich der Spülwelle erhöhte den CSB Gehalt auf ca. 500 mg/l. Anschließend fiel der CSB Gehalt rasch auf ein erhöhtes Grundniveau von ca. 350 – 400 mg/l ab. Aufgrund der verwendeten Messsonde ist die Datendichte besonders in den Spülspitzen mit zwei Datenpunkten pro Minute nicht

besonders hoch, so dass ein besser aufgelöster Verlauf hier nicht möglich war. Der Verlauf der zweiten und dritten Spülwelle ist in Abbildung 6 dargestellt. Die zweite Spülwelle erhöht den CSB Gehalt des Abflusses auf ca. 1150 mg/l. Dieser Spitzenwert fällt jedoch schnell wieder auf einen erneut erhöhten Grundwert von rund 600 mg/l ab. Dieser Umstand ist auf die vermehrte Ablösung von biologischen Sedimenten aus der Spülstrecke und besonders der stromauf liegenden zwei Dükerbauwerke zurück zu führen. Die dritte Spülwelle erhöht den CSB Gehalt des Abflusses auf einen Spitzenwert von ca. 800 mg/l.

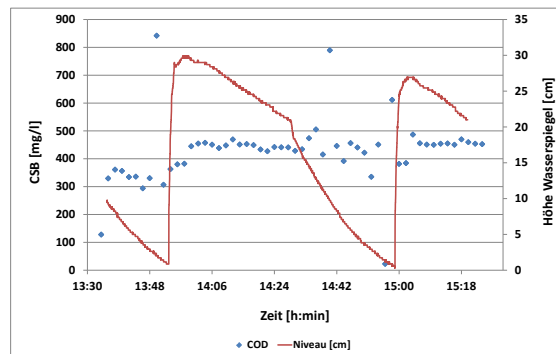


Abbildung 6: Gegenüberstellung Spülwellenhöhenverlauf und CSB Gehalt.

## 9 ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Bericht zeigt am Beispiel der Stadt Wetzlar eine Kanalnetzbewirtschaftung mittels Schwallspülung. Im Rahmen des Forschungsprojektes LASTSPÜL (Lastabhängige vorausschauend geregelte Kanalspülung zur gewässerschonenden Bewirtschaftung von Kanalnetz und Kläranlage) wurden drei Kanalspüler entlang des Altstadt- und der Hauptsammler installiert. Die Untersuchung von Sedimentproben im Labor der Kläranlage Wetzlar und die Ermittlung von Sieblinien zeigte, dass nur ein geringer biologischer Anteil vorhanden ist und die mineralische Fraktion der Fein- bis Grobkiese zu zuordnen ist. Sedimentmessungen zeigten ebenfalls die Höhenverläufe bereits vorhandenen Ablagerungen in der Altstadt und den Hauptsammlern auf. Die Ergebnisse der CSB Messungen in den Spülwellen zeigten, dass es möglich ist, durch regelmäßige Kanalspülungen, das Grundpotential an Schmutzfrachten im Kanal während Trockenwetterzeiten abzubauen. Dies bedeutet, dass Entlastungen bei Regenwettern in die angeschlossenen Gewässer deutlich geringere Schmutzfrachten aufweisen sollten. Die aufgezeigten Ergebnisse bilden die Basis einer geregelten Kanalspülung, welche auf den Bedarf der Kläranlage abgestimmt ist. In weiteren Teilprojekten des Forschungsprojektes wurden, in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Sydro (Darmstadt) und der FH Köln – Gummersbach, Untersuchungen zum Steuerungsalgorithmus der Kanalspülung unter Einbeziehung des jeweils aktuellen Zustandes von Kanalnetz und Kläranlage sowie die Entwicklung eines ein-dimensionalen numerischen Berechnungsmodells für Spülwellen bearbeitet. (Steinhardt, 2008; Steinhardt, 2012)

## 10 REFERENZEN

- Heusch, S. (2011). Modellprädiktive Abflusssteuerung mit hydrodynamischen Kanalnetzmodellen, Dissertation am Fachgebiet Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung der Technischen Universität Darmstadt.
- Kirchheim, N. (2005). Kanalablagerungen in der Mischkanalisation, Deutsche Vereinigung fuer Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA), Hennef.
- Scheer, M. (2008). Ermittlung und Bewertung der Wirkungen der Abflusssteuerung für Kanalisationssysteme, Dissertation am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Bereich Siedlungswasserwirtschaft und Wassergütwirtschaft der Universität Karlsruhe.
- Steinhardt GmbH (2008). Lastabhängig vorausschauend geregelte Kanalspülung zur gewässerschonenden Bewirtschaftung von Kanalnetz und Kläranlage – LASTSPÜEL, Abschlussbericht, Taunusstein.
- Steinhardt GmbH (2012). Abschlussbericht ZIM – Kooperationsprojekt „Dynamische, selbstlernende, vorausschauende, praxisnahe, übertragbare Kanalspülung unter Berücksichtigung von Kläranlagen-Belastung und Witterung“, Teilprojekt: Entwicklung eines praxisnahen übertragbaren Spül- und Regelkonzeptes, Datenermittlung (Spüldata, Schmutzfrachten, Witterungsdaten) und Durchführung der Versuchsprogramme, Taunusstein.