



kuras

Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme

SCHWERPUNKT ABWASSERSYSTEME

Zukunftsorientierte Anpassung der urbanen Abwasserinfrastruktur

Einzelmaßnahmen



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



INIS

Integrierte und multifunktionale
Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige
Wasserwirtschaft und Abwasserentsorgung

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	4
KURAS – Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme	4
Ganzheitliche Optimierung des Abwassersystems im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Abwassersysteme“	5
Die Herausforderungen	5
Das Modellgebiet.....	6
STECKBRIEF NR. 01 CLUSTER OBERFLÄCHE MAßNAHME DACHBEGRÜNUNG	8
STECKBRIEF NR. 02 CLUSTER OBERFLÄCHE MAßNAHME MULDENVERSICKERUNG.....	13
STECKBRIEF NR. 03 CLUSTER OBERFLÄCHE MAßNAHME GEZIELTE ABLEITUNG AN DER OBERFLÄCHE, TEMPORÄRER FLÄCHENEINSTAU	18
STECKBRIEF NR. 04 CLUSTER OBERFLÄCHE MAßNAHME OBJEKTBEZOGENER ÜBERFLUTUNGSSCHUTZ	24
STECKBRIEF NR. 05 CLUSTER KANALNETZ MAßNAHME VORAUSSCHAUENDE SCHWALLSPÜLSYSTEME.....	30
STECKBRIEF NR. 06 CLUSTER KANALNETZ MAßNAHME GESCHIEBESCHÄCHTE	36
STECKBRIEF NR. 07 CLUSTER KANALNETZ MAßNAHME DÜKERSPÜLUNG	41
STECKBRIEF NR. 08 CLUSTER KANALNETZ MAßNAHME SPÜL-KASKADE.....	46
STECKBRIEF NR. 09 CLUSTER KANALNETZ MAßNAHME OBERFLÄCHENSTRUKTURIERTE KANALSOHLE	50
STECKBRIEF NR. 10 CLUSTER KANALNETZ MAßNAHME INTERNE SCHWALLSPÜLUNG	54
STECKBRIEF NR. 11 CLUSTER KANALNETZ MAßNAHME TROCKENWETTERRINNENSYSTEM	58
STECKBRIEF NR. 12 CLUSTER KANALNETZ MAßNAHME KANALSPÜLUNG DURCH ABWASSERDRUCKLEITUNG	64
STECKBRIEF NR. 13 CLUSTER KANALNETZ MAßNAHME FREMDWASSERVERSCHLÜSSE	69
STECKBRIEF NR. 14 CLUSTER KANALNETZ MAßNAHME STAURAUMAKTIVIERUNG DURCH WEHRSCHELLENERHÖHUNG	72
STECKBRIEF NR. 15 CLUSTER KANALNETZ MAßNAHME STAURAUMAKTIVIERUNG DURCH ABFLUSSDROSSELUNG	75
STECKBRIEF NR. 16 CLUSTER KANALNETZ MAßNAHME STAURAUMERWEITERUNG.....	78
STECKBRIEF NR. 17 CLUSTER KANALNETZ MAßNAHME ABKOPPLUNG VON TEILFLÄCHEN EINES MISCHGEBIETES.....	82
STECKBRIEF NR. 18 CLUSTER KANALNETZ MAßNAHME UMWANDLUNG VOM MODIFIZIERTEN MISCHGEBIET IN EIN TRENNGEBIET	86
STECKBRIEF NR. 19 CLUSTER KANALNETZ MAßNAHME ERHÖHUNG FÖRDERKAPAZITÄT DES HAUPTPUMPWERKS.....	90
STECKBRIEF NR. 20 CLUSTER PUMPSYSTEM MAßNAHME REINIGUNGSSEQUENZ.....	95
STECKBRIEF NR. 21 CLUSTER PUMPSYSTEM MAßNAHME RÜCKSPÜLEN	99
STECKBRIEF NR. 22 CLUSTER PUMPSYSTEM MAßNAHME MERKMALSGENERIERUNG VERSTOPFUNGSFRÜHERKENNUNG...	103
STECKBRIEF NR. 23 CLUSTER PUMPSYSTEM MAßNAHME SAUGRAUMGESTALTUNG	106
STECKBRIEF NR. 24 CLUSTER PUMPSYSTEM MAßNAHME GESTALTUNG DES PUMPENSUMPFES.....	110
STECKBRIEF NR. 25 CLUSTER PUMPSYSTEM MAßNAHME ZULAUFRICTUNG SCHACHTPUMPWERK.....	113

STECKBRIEF NR. 26 CLUSTER KLÄRANLAGE MAßNAHME VARIABLE BELÜFTUNG	116
STECKBRIEF NR. 27 CLUSTER KLÄRANLAGE MAßNAHME BYPASSFÜHRUNG.....	122
STECKBRIEF NR. 28 CLUSTER KLÄRANLAGE MAßNAHME MISCHWASSERSPEICHER	127
STECKBRIEF NR. 29 CLUSTER KLÄRANLAGE MAßNAHME STEUERUNG/REGELUNG DER INTERNEN REZIRKULATION	131
STECKBRIEF NR. 30 CLUSTER KLÄRANLAGE MAßNAHME STEUERUNG RÜCKLAUFSCHLAMM.....	135
IMPRESSUM UND KONTAKT	139

EINLEITUNG

KURAS – Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme



Mit dem Verbundforschungsprojekt KURAS wurde am Fallbeispiel Berlin gezeigt, wie durch intelligent gekoppeltes Regenwasser- und Abwassermanagement die zukünftige Abwasserentsorgung, die Gewässerqualität, das Stadtklima und die Lebensqualität in der Stadt verbessert werden können. KURAS fand in enger Zusammenarbeit zwischen Fachpartnern aus Forschung und Praxis und den Berliner Entscheidungsträgern statt. Die Projektkoordination lag bei der TU Berlin und dem Kompetenzzentrum Wasser Berlin.

Das Projekt KURAS ist thematisch in die Forschungsschwerpunkte „Regenwasserbewirtschaftung“ und „Abwassersysteme“ unterteilt. In

diesem Maßnahmenkatalog werden die untersuchten und bewerteten Anpassungsmaßnahmen des Forschungsschwerpunktes „Abwassersysteme“ im Rahmen von Steckbriefen vorgestellt.

Eine weitergehende Erläuterung zur zugrundeliegenden Methodik befindet sich im Leitfaden *Zukunftsorientierte Anpassung der urbanen Abwasserinfrastruktur – Ein Leitfaden zum methodischen Vorgehen*. Die aus den individuellen Maßnahmen entwickelten Maßnahmenkombinationen sind im Katalog *Zukunftsorientierte Anpassung der urbanen Abwasserinfrastruktur – Maßnahmenkombinationen* beschrieben.

Ganzheitliche Optimierung des Abwassersystems im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Abwassersysteme“

Angesichts bestehender und zukünftiger Herausforderungen müssen für die gesamte Abwasserinfrastruktur – von der Stadtoberfläche über das Kanalnetz und das Pumpsystem bis hin zur Kläranlage (siehe Abbildung 1) – Lösungsansätze entwickelt werden. Insbesondere Mischsysteme, die in vielen Großstadtzentren seit über 100 Jahren bestehen, sind erheblichem Anpassungsdruck ausgesetzt: Klimawandel, Bevölkerungsentwicklung und Änderung des Wassergebrauchsverhaltens sind nur eine Auswahl zukünftiger Herausforderungen. Sie bedingen starke hydraulische und stoffliche Belastungsschwankungen, die dem Abwassersystem Flexibilität abverlangt. Überlastsituationen nach Starkregenereignissen, aber auch ausgedehnte Trockenperioden und damit einhergehende Probleme müssen für das gesamte Abwassersystem integriert betrachtet werden.

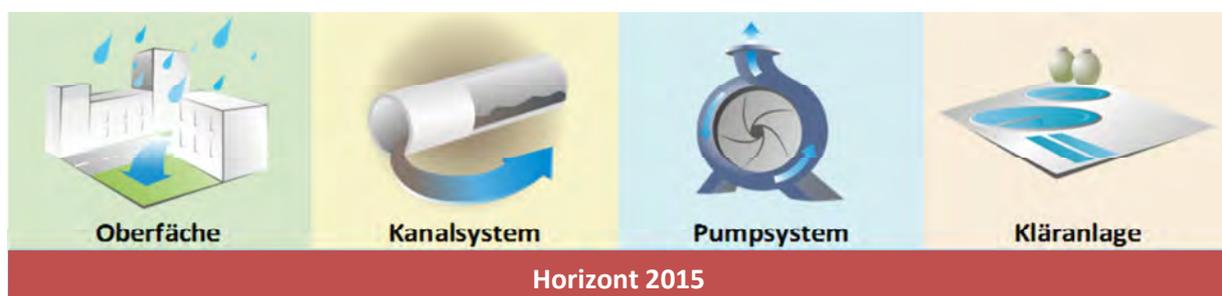


Abbildung 1: Betrachtungsebenen im KURAS-Forschungsschwerpunkt „Abwassersysteme“, vor dem Zeithorizont 2050

Die Herausforderungen

Hoher Niederschlagsabfluss in Folge von Starkregenereignissen und niedrige Fließgeschwindigkeiten während Trockenwetterperioden können ökologische, ökonomische, betriebliche und gesundheitliche Auswirkungen haben. Insgesamt wurden fünf übergeordnete Wirkungsfelder identifiziert, die in einem Zeithorizont bis zum Jahr 2050 durch die untersuchten Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen verbessert werden sollten: Überstau/Überflutung, Mischwasserüberläufe, Ablagerung in den Kanälen, Betriebssicherheit von Pumpsystemen und Ablaufwerte der Kläranlage (vgl. Abbildung 2).



Abbildung 2: Prioritäre Problemfelder als Ziele der Anpassungsmaßnahmen

Für jede der fünf Wirkungsfelder wurden Anpassungsmaßnahmen untersucht und deren Effektivität anhand von definierten Indikatoren quantifiziert und bewertet. Um das gesamte Abwassersystem abzudecken wurden dafür vier Forschungsschwerpunkte für die Subsysteme *Oberfläche*, *Kanalsystem*, *Pumpsystem* und *Kläranlage* gebildet.

Als Rahmenbedingungen für die Untersuchung der Maßnahmen mit dem Zeithorizont 2050 wurden vier Szenarien zugrunde gelegt. Neben verschiedenen Klimaszenarien für das Jahr 2050 erfolgten auch Prognosen zur Bevölkerungs- und Stadtentwicklung sowie verschiedene Wassergebrauchsszenarien. Daraus

wurden für die simulative Analyse ein Basisszenario sowie Entwicklungsszenarien für Überlast und Unterlast erstellt. Die Szenarien und das Vorgehen zur Szenarienerstellung sind im Leitfaden *Zukunftsorientierte Anpassung der urbanen Abwasserinfrastruktur – Leitfaden zum methodischen Vorgehen* beschrieben.

Das Modellgebiet

Die untersuchten Anpassungsmaßnahmen wurden für Berliner Fallstudien auf Einzugsgebietsebene erarbeitet.

Basierend auf aktuellen Herausforderungen im Entwässerungssystem (z.B. Häufung von Überstau- und Überflutungsereignissen, Ablagerungsschwerpunkte in der Kanalisation, verstopfungsbedingte Pumpenausfälle und Überschreitung der Ablaufgrenzwerte an der Kläranlage) wurde für den KURAS-Forschungsschwerpunkt Abwassersysteme das Einzugsgebiet des Hauptpumpwerks Wilmersdorf im Südwesten Berlins (31 km², ~260.000 Einwohner, ~40.000 m³ täglicher Trockenwetterabfluss) als Modellgebiet ausgewählt. Die Siedlungsstruktur zeigt eine hohe Variabilität der Bevölkerungsdichte mit geringem Industrieanteil. Das Einzugsgebiet beinhaltet sowohl eine Trennkanalisation als auch eine Mischkanalisation, wodurch Maßnahmen in beiden Kanalsystemen untersucht werden können. Das gesamte Abwassernetz im Modellgebiet ist sehr flach (durchschnittliches Kanalgefälle: 0,4 ‰), was zu starken Ablagerungen während Unterlastperioden (Trockenwetter), sowie zu Rückstau im System bei Überlast (Starkregenereignisse) führt. Das Kanalnetz weist einen Stauraum von 14.400 m³ auf. Zusätzlich ist eine Stauraumkapazität von 5.300 m³ in Form von Regenüberlaufbecken vorhanden und weitere 13.200 m³ sind momentan im Bau. Für die Steuerung des Kanalnetzes sind zwei Drosseln sowie ein Schütz vorhanden, um Mischwasserüberläufe an den 17 Überlaufwehren im Gebiet zu verringern. Das Hauptpumpwerk Wilmersdorf verfügt über acht Pumpen, deren Förderleistung in Abhängigkeit zum Zulauf pegelgesteuert wird. Die maximale Förderkapazität des Hauptpumpwerkes beträgt 1.450 l/s.

Das ausgewählte Modellgebiet, dargestellt in Abbildung 3, ist repräsentativ für urbane Standorte mit flachen Kanalnetzen, was eine Übertragung der Forschungsergebnisse auf andere Städte mit Mischwasserkanalisation ermöglicht.

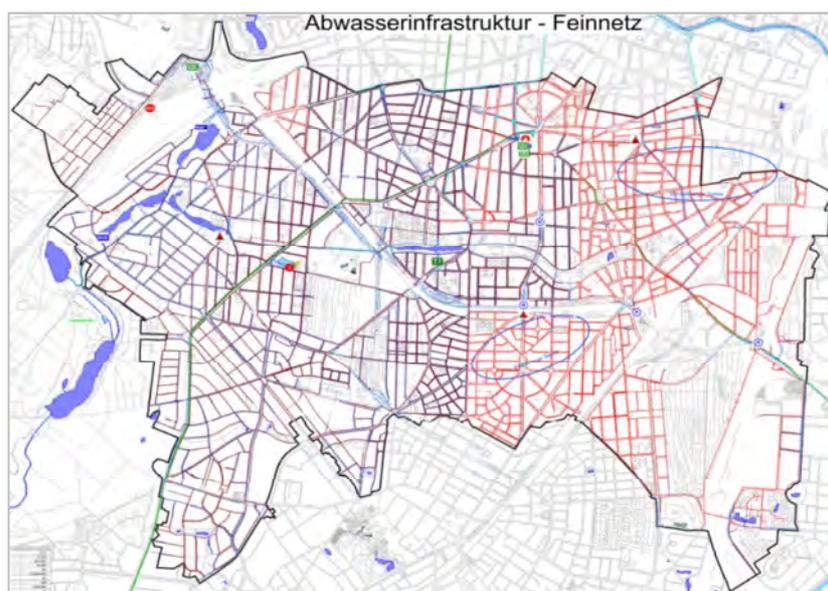


Abbildung 3: Modellgebiet Wilmersdorf (31 km²) – Kanalnetzmodell als Feinnetz in der Simulations-Software Infoworks (rot: Mischwasserkanal, braun Schmutzwasserkanal, blau Regenwasserkanal, türkis Entlastungskanal, grün Abwasserdruckleitung, Maßstab 1:9000)

STECKBRIEFE



**FORSCHUNGSCLUSTER
OBERFLÄCHE**

STECKBRIEF NR. 01 | CLUSTER OBERFLÄCHE | MAßNAHME DACHBEGRÜNUNG

Dachbegrünung



Abbildung 1: Extensive Dachbegrünung

Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzierung der hydraulischen Belastung von Kanalnetzen und Gewässern (damit einhergehend: Entschärfung von Mischwasserentlastungs-, Rückstau- und Überflutungsereignissen) ▪ Ressourcenschutz ▪ Verbesserung des Stadtklimas
Lastfall	Überlast
Cluster	Oberfläche
Beschreibung	Bewachsene Dachflächen („Gründächer“), Bewirtschaftung extensiv (geringer Pflegeaufwand) oder intensiv (hoher Pflegeaufwand, höhere Rückhaltewirkung)
Anwendungsebene	Dachflächen
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	DWA-A 138 DWA-M 153 FLL Dachbegrünungsrichtlinie 2008
Bearbeitung	TU Kaiserslautern

I. Funktion

Dachbegrünungen werden eingesetzt, um einen Teil des Niederschlagswassers durch gezielte Retention nicht zum Abfluss zu bringen und den Anteil der Verdunstung an der Gesamtwasserbilanz zu erhöhen. Weitere positive Wirkungen einer Dachbegrünung umfassen die Verbesserung des Mikroklimas, eine Reduzierung der Schadstoffe im Niederschlagsabfluss, eine Wärmedämmung im Sommer und Winter sowie den zusätzlichen Schutz des Dachaufbaus. Nach der Begrünungsart werden extensive und intensive Dachbegrünungen unterschieden. Extensive Dachbegrünungen haben eine dünne Substratschicht, eignen

sich aufgrund der geringen Auflast auch zum nachträglichen Einbau und sind nicht zur Benutzung geeignet (außer Wartungsgänge). Intensive Dachbegrünungen können bis hin zu einer kompletten Gartenlandschaft auf dem Dach bzw. der Tiefgarage mit Bäumen, Wegen, Teichen und Sumpfböden reichen.

Dachbegrünungen bewirken eine Verminderung des Niederschlagsabflusses durch Verdunstung. Bei intensiven Gründächern kann damit sogar ein nahezu vollständiger Rückhalt des Regenwassers erreicht werden. Insbesondere bei extensiven Gründächern werden die verbleibenden Abflüsse in der Substratschicht zwischengespeichert und gedrosselt abgegeben. Der Anteil der Verdunstung und das Maß der Retention werden vom Aufbau der Substratschicht, von der Dachneigung und der Anstauhöhe (einstellbar über eine Abflussschleuse) bestimmt. Der Aufbau besteht aus Vegetationsschicht, Filterschicht und Dränschicht, bei extensiven Gründächern können die drei Funktionen auch in einer Schicht vereint werden.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

In KURAS, Schwerpunkt *Abwassersystem*, wurde der Effekt einer umfangreichen Umsetzung von Dachbegrünungen im Untersuchungsgebiet „Modellgebiet Wilmersdorf“ simulationstechnisch dargestellt und in der Gesamtschau (Szenarienbetrachtung, Gesamtsystembetrachtung, Effektüberlagerung mit anderen Maßnahmen) hinsichtlich ihres hydraulischen Entlastungseffekt auf das Entwässerungssystem bewertet.

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Gründächer können auf allen Dächern bis maximal ca. 45° Dachneigung sowohl bei Neubauten als auch im Bestand gebaut werden, wenn die statischen Verhältnisse des Daches dies zulassen (Prüfung erforderlich). Ab 15° Dachneigung sind zusätzliche Maßnahmen gegen das Abrutschen des Aufbaus zu treffen. Die langfristige Dichtigkeit des Daches gegen drückendes Wasser inkl. Durchwurzelungsschutz ist eine Voraussetzung für Gründächer. Alle Dachbauweisen (Kaltdach, Warmdach, Umkehrdach) sind für Begrünungen geeignet, das Warmdach (einschaliges Dach mit Wärmedämmung) insbesondere auch für höhere Auflasten.

Für Kommunen besteht nach Bundesnaturschutzgesetz §§ 8a ff. und nach Baugesetzbuch (u.a. § 9) die rechtliche Grundlage, Eingriffe in die Natur auszugleichen und Dachbegrünungen in Bebauungsplänen festzusetzen. Auch die Entwicklungen im DWA-Regelwerk in Form des geplanten Arbeitsblattes 102 unterstützen die Zielsetzung des Erhalts des natürlichen lokalen Wasserhaushaltes. Dachbegrünungen stellen unter den Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung die Maßnahme mit dem stärksten Effekt auf die Verdunstung dar und sind daher in allen Bereichen wo eine Anhebung dieser Wasserhaushaltskomponente nötig ist, unverzichtbar.

Unterhaltung und Pflege

Eine Unterhaltung der extensiven Dachbegrünung ist bei richtiger, standardort- und substratgerechter Auswahl der Pflanzen nicht erforderlich (keine zusätzliche Bewässerung, keine Düngung, zwei Kontrollgänge pro Jahr). Intensive Dachbegrünung ist je nach Vegetation regelmäßig zu bewässern und zu düngen, im Rahmen der üblichen gärtnerischen Pflege. Bei Gräsern kann eine Mahd notwendig werden. Wichtig ist zudem die Dichtigkeitskontrolle des Daches und der darauf liegenden Dichtungsbahnen.

Potenzialanalyse

Notwendige Randbedingungen für eine Dachbegrünung stellen vorrangig die Dachneigung und die Möglichkeit einer statischen Mehrbelastung, vor allem bei intensiver Dachbegrünung dar. Zwar ist wie

beschrieben auch eine Dachbegrünung bei geneigten Dächern bis zu 45° möglich, setzt aber eine Abrutschsicherung voraus. Die im Projekt KURAS durchgeführte Potenzialanalyse konzentriert sich auf die Flachdachverfügbarkeit im Modellgebiet Wilmersdorf.

Im Rahmen dieser Potenzialanalyse wurden GIS-Daten mit Informationen zur Dachform ausgewertet. Die Daten sind frei zugänglich über den Internetauftritt des Business Location Centers Berlin (<http://www.businesslocationcenter.de>, abgerufen am 31.08.2015). Aus der Sichtung der Datengrundlage wurde ein Flachdachanteil von 67% im Modellgebiet ermittelt. Aus Detailbetrachtungen im Arbeitsschwerpunkt Regenwasser wurde eine Begrünbarkeit der Flachdachflächen für die vorliegende Baustruktur von 55% übernommen. **Für das Maßnahmenzenario Dachbegrünung wird also eine Begrünung von 36% der angeschlossenen Dachfläche im östlichen Teilgebiet angenommen, was 9% der angeschlossenen Fläche im östlichen Teilgebiet (überwiegend Mischgebiet) entspricht.** Es wird durchgehend eine extensive Dachbegrünung angenommen.

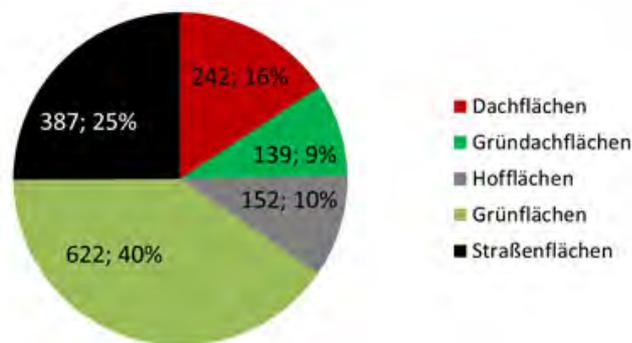


Abbildung 2: Maßnahmenzenario Dachbegrünung auf Basis des Status Quo - angeschlossene Fläche in Hektar und Prozent der Gesamtfläche

Modellierung

Die Modellierung des Maßnahmenzenarios erfolgte durch Modifizierung der Teilflächen im InfoWorksmodell, die als Dachflächen definiert sind. Dabei wurden ausschließlich Flach- und Plattformdächer modifiziert.

Die Modellierung des Abflussverhaltens erfolgte über die Anpassung des Anfangsverlustwertes (Benetzungs- und Muldenverluste) sowie des Abflussbeiwertes für die Gründachflächen. Die Glättung der Abflusskurve zur Darstellung der Abflussverzögerung erfolgte über die Anpassung des sogenannten „Routing Values“ in InfoWorks CS. Die drei genannten Parameter wurden durch Kalibrierung an Messwerte aus dem KURAS Schwerpunkt Regenwasser festgelegt (s. Kapitel Gründachmodellierung). Es lagen Messwerte an einem 100m² großen, extensiv begrüntem Dach zu Niederschlag und Abflussverhalten vor (Schubert et al., 2015).

Kenndaten zur Modellierung – extensive Dachbegrünung		
Parameter	Einheit	Parameter aus Kalibrierung an Messwerten aus KURAS Schwerpunkt Regenwasserbewirtschaftung
Anfangsverlust	mm	2,3
Abflussbeiwert	[-]	0,72
Abflussverzögerung, Routing Value	[-]	20

III. Bewertung der Maßnahme Dachbegrünung

Die Bewertung der Maßnahme erfolgte durch Auswertung der Simulationsergebnisse und deren relativen Vergleich mit den Ergebnissen der Status Quo-Analyse. Der Fokus lag hierbei auf der hydraulischen

Auslastung des Entwässerungssystems, die sich in den Ergebnissen bzgl. des Überstau- und Entlastungsverhaltens widerspiegelte.

Bewertung der Maßnahme	
<p>MWÜ = Mischwasserüberlauf</p> <div style="text-align: center;"> <p>Reduzierung [%]</p> <p>0 10 20 30 40 50 60 70</p> </div>	
<p>Kostenbewertung</p>	<p>Die Kostenangaben beziehen sich auf die Dachflächen im östlichen Teilgebiet (Mischkanalisation). Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Richtlinie, auf ein Jahr bezogene Kosten. In den Kostenbetrachtungen wurden Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Personalkosten berücksichtigt. Die Kosten sind unter der Annahme einer kompletten Neuinvestition zu verstehen. Es handelt sich um abschätzbare Kostenannahmen.</p> <div style="margin-top: 10px;"> <p> Bereich Jahreskosten Abschätzung Jahreskosten </p> </div>
<p>Synergien</p>	<p>Als Synergie mit dem KURAS Schwerpunkt „Regenwasserbewirtschaftung“ ist die Potenzialanalyse für die Maßnahme zu nennen (siehe oben). Die Ergebnisse der detaillierten Potenzialanalyse für das Teilgebiet Alt-Schöneberg wurden unter Berücksichtigung der Informationen zur Dachform auf das Gesamteinzugsgebiet des Hauptpumpwerk Wilmersdorf extrapoliert. Die Betrachtung des Effekts einer weiträumigen Umsetzung von Dachbegrünungen im KURAS Schwerpunkt <i>Abwassersysteme</i> bereichert die allgemeine Bewertung der Maßnahme Dachbegrünung im Gesamtprojekt. Im Rahmen der Überflutungsbetrachtung wird zusätzlich der Effekt von Dachbegrünungsmaßnahmen auf die Überflutungssituation untersucht.</p>
<p>Wirkungsabschätzung</p>	<p>Die Maßnahme Dachbegrünung ist sowohl zur Verbesserung der Mischwasserentlastungssituation als auch zur Verbesserung der Überstausituation zu empfehlen. Der höhere Effekt auf das Überstauverhalten ist auf das für Gründächer charakteristische Kappen der Abflussspitzen zurückzuführen. Der geringe Effekt auf Überflutungsgefährdung und –risiko ist auf die geringe relative Rückhaltewirkung bei außergewöhnlichen Niederschlagsereignissen mit hohen Niederschlagsabflussmengen zurückzuführen.</p>

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt/ Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Dachbegrünung		X		X			X

Umsetzungsbeispiele

Extensive Dachbegrünung:

- UFA Fabrik, Berlin
- Potsdamer Platz, Berlin
- Hochschule Neubrandenburg, Neubrandenburg

Übertragbarkeit

Die Übertragbarkeit der Erkenntnisse zur Maßnahme ist in allen Bereichen gegeben, die eine ähnliche Stadtstruktur und Dachformverteilung aufweisen und in denen eine flächendeckende Umsetzung von Dachbegrünungen politisch gewollt ist.

V. Literatur

- DWA-M 119 (2016): Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen (Entwurf), DWA-Merkblatt 119, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft und Abfall (DWA), Hennef.
- FLL (2008): Dachbegrünungsrichtlinie – Richtlinie für die Planung Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V. , Bonn.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (2010): Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung - Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung. Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung.
- Schubert, R.-L., Sperling, K., Caradot, N., Kaiser, D., Köhler, M., Schmidt, M., Riechel, M., Matzinger, A. (2015): Monitoring of runoff water quality from green and gravel roofs with bitumen membranes, Proceedings of the 17th IWA International Conference on Diffuse Pollution and Eutrophic, 13.-18. September 2015, Berlin, Germany.

Muldenversickerung



Abbildung 1: Muldenversickerung [Illgen, 2009]

Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzierung der hydraulischen Belastungen von Kanalnetzen und Gewässern (damit einhergehend: Entschärfung von Mischwasserentlastungs-, Rückstau- und Überflutungsereignissen) ▪ Ressourcenschutz ▪ Anreicherung des Grundwassers ▪ Ggf. Annäherung an den natürlichen lokalen Wasserhaushalt (DWA-A 102)
Lastfall	Überlast
Cluster	Oberfläche
Beschreibung	Einleitung von Regenwasser aus versiegelten Flächen (Dächer, Straßen, Parkplätze, Hofflächen, etc.) zur Muldenversickerung.
Anwendungsebene	Grundstücksebene
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	DWA-A 138 DWA-A 117 DWA-M 153 FLL-Broschüre Versickerung und Wasserrückhaltung
Bearbeitung	TU Kaiserslautern

I. Funktion

Bei der Muldenversickerung wird das Niederschlagswasser vor der Versickerung kurzzeitig zwischengespeichert. Die Entleerung der Mulde erfolgt durch Versickerung und Verdunstung. Der Boden unterhalb der Mulde sollte daher möglichst sickerfähig sein, damit sich die Mulde innerhalb eines Tages

wieder entleeren kann. Dies kann bei natürlich sickerfähigen Böden oder darunter liegenden Rigolen gewährleistet werden.

Die Bemessung des Speicherraumes erfolgt dabei in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit des Muldenbodens. Die Zuleitungen der angeschlossenen Flächen sollten möglichst oberirdisch über das Gefälle der angeschlossenen Flächen oder offene Rinnen geschehen, damit die Mulden möglichst flach angelegt werden können. Durch die Oberbodenpassage erfolgt eine Reinigung des Niederschlagswassers vor der Infiltration ins Grundwasser.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Ziel der Maßnahmenbetrachtung ist, den Effekt einer umfänglichen Umsetzung von Muldenversickerungsmaßnahmen im Modellgebiet Wilmersdorf simulationstechnisch darzustellen und ihren hydraulischen Effekt auf das Entwässerungssystem in der Gesamtschau (Szenarienbetrachtung, Gesamtsystembetrachtung, Effektüberlagerung mit anderen Maßnahmen) zu bewerten.

Kenndaten zur Bemessung/Betrieb			
Parameter	Einheit	Werte mit Quellenangaben	Auslegung in KURAS
Bemessung	1/a	DWA-A 138: empfohlene Häufigkeit: 0,2	Es wird kein Muldenüberlauf modelliert - die an Mulden abgehängte undurchlässige Fläche wird als Grünfläche modelliert. Durch Voruntersuchungen mit einer Beispielmulde und der in der Simulation verwendeten Niederschlagsbelastung konnte aber gezeigt werden, dass keine Überläufe zu erwarten sind. Lediglich für die Simulation mit dem Niederschlagsjahr 2007 (Entwicklungsszenario Überlast) wurde einmal ein geringer Überlauf festgestellt. Dieser kann vernachlässigt werden.
Flächenbedarf	m ²	ca. 15% der undurchlässigen, zu versickernden Fläche (Projekt Hamburg RISA)	Entsprechend HH-RISA: $A_{S, erf} = 0,15 \cdot A_{E, b} \cdot \Psi_m$
Wasserdurchlässigkeit des Bodens	m/s	DWA-A 138: $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} < k_f < 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$	Entsprechend DWA-A 138
Mächtigkeit des Sickerraums	m	DWA-A 138: 1 Meter unterhalb der Versickerungsanlage	Abgeleiteter minimaler Grundwasserflurabstand in KURAS: 2m
Abstand von Gebäuden	m	der Abstand muss größer als die 1,5fache Baugrubentiefe h, mindestens jedoch 0,5 m große sein	Pauschalwert: 2m Abstand zu Dachflächen
Abstand von Grenzen	m	Der Abstand muss so gewählt werden, dass eine Beeinträchtigung des Nachbargrundstückes ausgeschlossen werden kann	Pauschalwert: 1m Abstand zur Grundstücksgrenze
Nutzungsbedingte Abminderung der verfügbaren Versickerungsfläche	[-]	Nutzungsbedingte Abminderungsfaktoren aus Hamburg-RISA in Abhängigkeit des vorliegenden Strukturtyps zwischen 0,2 und 0,95	Wahl von Abminderungsfaktoren in Abhängigkeit der Bebauungsstruktur zwischen 0,35 und 0,85

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Die Bemessung einer Mulde oder Versickerungsfläche erfolgt nach DWA-A 138 oder über geeignete Langzeitsimulationen. Für Mulden sind Tiefen zwischen 10-30 cm üblich, um die Entleerungsdauer gering zu halten. Für den Bodenaufbau sind zusätzlich 20-30 cm Tiefe vorzusehen. Beim Bau der Mulden ist die sorgfältige Ausarbeitung einer waagerechten Sohle wichtig, damit besonders bei kleineren Regenereignissen keine ungleichmäßige Verteilung des Wassers auf der Sohle stattfindet. Der Böschungsbereich sollte möglichst flach sein (Böschungsverhältnis 1:2,5 bis 1:5). Dies dient auch der gefälligen optischen Integration in die Freiflächen.

Die Mulde bzw. Fläche hat eine geschlossene Vegetationsdichte (Rasen, ggf. mit Gehölzen oder Stauden), eine Randbepflanzung mit Bodendeckern ist möglich. Der unter der Mulde/Fläche befindliche Boden sollte eine gute Durchlässigkeit haben ($k_f > 10^{-6}$ m/s). Bei unzureichender Versickerungsfähigkeit des Unterbodens ist eine Kombination mit Rigolen möglich. Die Maximalgrenze für die Durchlässigkeit wird nach DWA-A 138 auf $k_f = 10^{-3}$ m/s festgelegt um eine ausreichende Reinigungsleistung auf dem Sickerweg zu gewährleisten. Ein ausreichender Abstand zu Gebäuden ist zum Schutz vor Vernässungsschäden einzuhalten. Ggf. vorhandene Altlasten im Boden sind zu berücksichtigen. Die belebte Oberbodenzone muss den stofflichen Anforderungen der Zustandsklasse Z0 gemäß LAGA genügen.

Unterhaltung und Pflege

Die Vegetationspflege (Rasen, Stauden, Gehölze) verhält sich entsprechend des sonst üblichen Aufwandes für Grünflächen. Wichtig ist das Freihalten der Versickerungsfläche und der Zuläufe von Laub u.ä. Bei Nachlassen der Versickerungsleistung sollte der Rasen vertikutiert werden. Andere Unterhaltungsmaßnahmen, wie z.B. Straßenreinigung können ebenfalls positive Effekte für den langfristigen Anlagenbetrieb bewirken.

Potenzialanalyse und Modellierung

Nach einer grundstücksscharfen GIS-gestützten Potenzialanalyse anhand der in der obigen Tabelle genannten Kenndaten wurden die im Kanalnetzmodell hinterlegten Hof- und Dachflächen durch Umwandlung in Grünflächen abgekoppelt. Im Status Quo beträgt die Summe aus Dach-, Hof- und Straßenfläche 920 ha. Als Ergebnis der Potenzialanalyse konnten davon 152,5 ha einer Muldenversickerung zugeführt werden, was einer Abkopplungsrate von 10% bezogen auf die Gesamtfläche entspricht (Abbildung 2). Bezogen auf die angeschlossenen Straßen-, Dach- und Hofflächen betrug die Abkopplung knapp 17%. Da Mulden nicht modelliert werden, sondern lediglich die Abkopplung abgebildet wird, konnte der Einfluss eines Muldenüberlaufs in das Kanalsystem nicht berücksichtigt werden. Testsimulationen mit einer beispielhaft bemessenen und modellierten Mulde zeigten jedoch für die in der Betrachtung verwendeten Niederschlagsansätze keine nennenswerten Muldenüberläufe. Aus diesem Grund kann die fehlende Modellierung vernachlässigt werden.

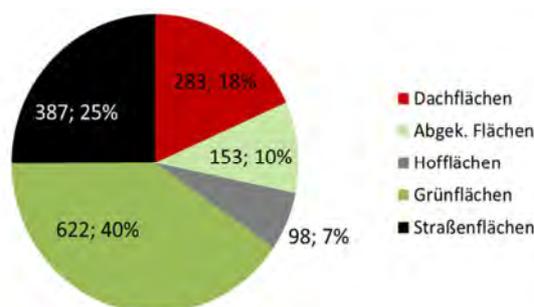
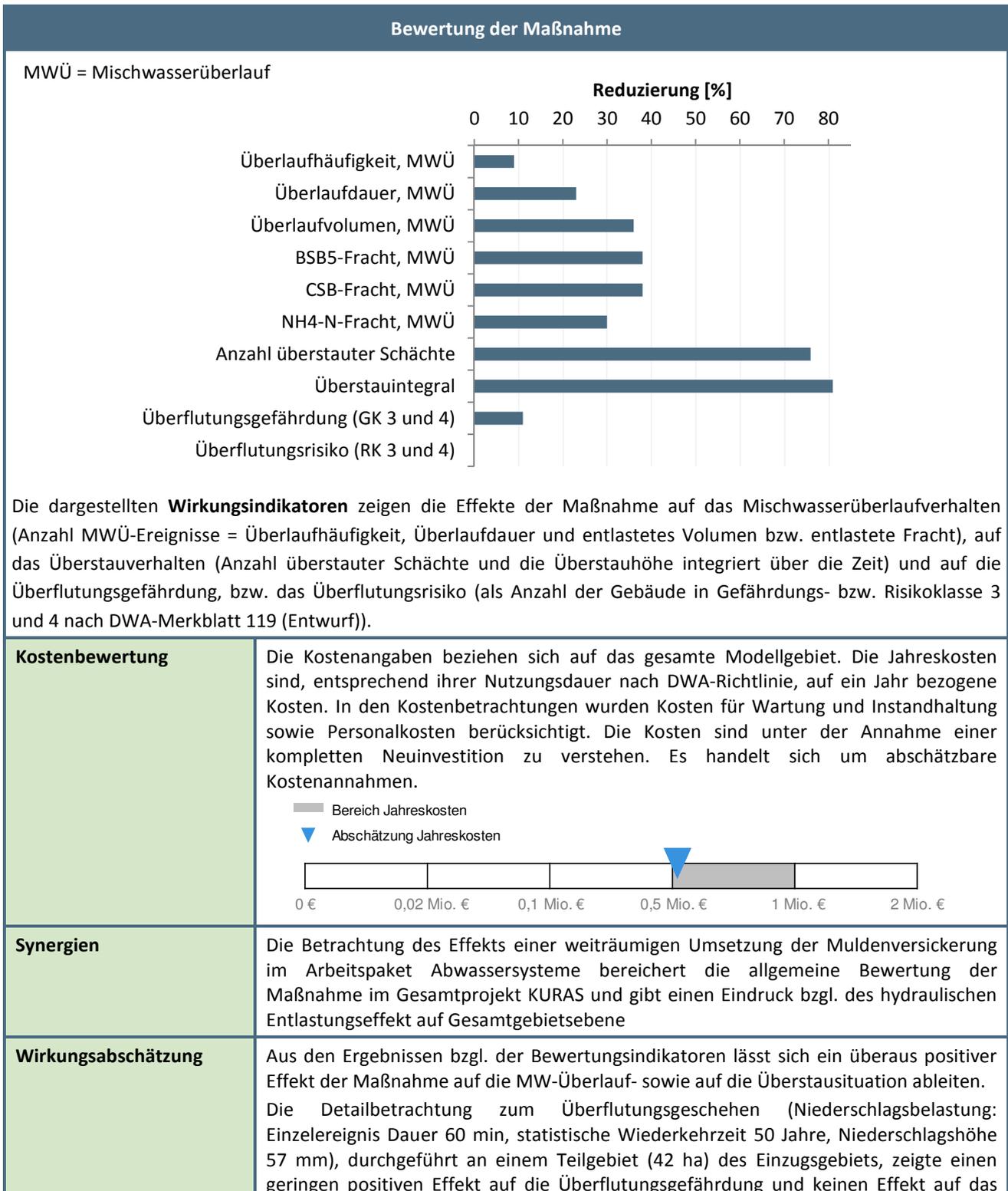


Abbildung 2: Flächenanteile im Gesamtgebiet [ha] und [%] mit Angabe des Anteils abgekoppelter Fläche durch

III. Bewertung der Maßnahme *Muldenversickerung*

Die Bewertung der Maßnahme erfolgte durch Auswertung der Simulationsergebnisse und deren Vergleich mit den Ergebnissen der Status Quo-, bzw. der Zukunftsszenarien. Der Fokus lag hierbei auf der hydraulischen Entlastung des Entwässerungssystems, die sich in den Ergebnissen bzgl. des Überstau- und Entlastungsverhalten widerspiegelt.



	Überflutungsrisiko im Gebiet. Gefährdung und Risiko wurden als Anzahl der Gebäude in Gefährdungs- bzw. Risikoklasse 3 und 4 nach DWA-Merkblatt 119 (Entwurf) bilanziert. Für die Bilanzierung wurde der simulierte maximale Wasserstand in Gebäudenähe zugrunde gelegt. Der geringe Effekt auf Überflutungsgefährdung und -risiko ist auf die geringe relative Rückhaltewirkung bei außergewöhnlichen Niederschlagsereignissen mit hohen Niederschlagsabflussmengen zurückzuführen.
--	---

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt/ Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Muldenversickerung		X		X			X

Umsetzungsbeispiele

- Berlin Bohnsdorf Johannes-Tobei-Straße (Straßen, Gehwege, Parkbuchten), Berlin Rummelsburg Hauptstraße (Straße, Parkbuchten), Berlin Kladow, Berlin Adlershof, Berlin Rosenthal
- Gewerbegebiet Hoppegarten, Hannover Kronsberg
- Dortmund, Metzger Straße (Dachflächen, Gehwege)
- Dorsten, Langobardenring (Dachflächen, Logistikflächen)

Übertragbarkeit

Die Übertragbarkeit der Maßnahme ist in allen Bereichen gegeben, in denen eine Versickerung von Niederschlagswasser unter Beachtung der genannten hydrogeologischen und nutzungsbedingten Restriktionen möglich ist.

V. Literatur

- DWA-A 138 (2005): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Hennef.
- FLL (2005) Broschüre: Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V., Bonn.
- Sieker, F.; Sieker, H.; Kaiser, M. (2006): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im privaten, gewerblichen und kommunalen Bereich. Grundlagen und Ausführungsbeispiele. 232 S., zahlr. farbige Abb., Tab., Gebunden, ISBN 3-8167-6975-6

STECKBRIEF NR. 03 | CLUSTER OBERFLÄCHE | MAßNAHME GEZIELTE ABLEITUNG AN DER OBERFLÄCHE, TEMPORÄRER FLÄCHENEINSTAU

Gezielte Ableitung an der Oberfläche, temporärer Flächeneinstau



Abbildung 1: Bentheplein Rotterdam [Scheid, 2016]

Ziele	Reduzierung der Überflutungsgefährdung bei außergewöhnlichen Starkregenereignissen.
Lastfall	Überlast
Cluster	Oberfläche
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abflussleitung und Retention mittels Transportmulden und Schwellen ▪ Gezielte Flutung von Freiflächen mit einer ursprünglich anderen Nutzung (Verkehrsflächen, Sportplätze, Grünanlagen etc.) für kurze Zeit während Starkregenereignissen zur Reduzierung der Gefährdung in Bereichen mit erhöhtem Schadenspotenzial (Keller, sensible Erdgeschossnutzung, unterirdische Infrastrukturen etc.)
Anwendungsebene	Straßenraum, Freiflächen, Plätze
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung der FHH 2015 (BWVI der FHH 2015), DWA-M 119 (derzeit im Gelbdruckverfahren), Dissertation Jan Benden 2014 (Benden 2014)
Bearbeitung	TU Kaiserslautern

I. Funktion

Durch eine entsprechende Ausgestaltung werden öffentliche Freiflächen und Straßenräume für den temporären Einstau und die gezielte Abflussleitung im Starkregenfall nutzbar gemacht. Dadurch soll eine Verringerung der Überflutungsgefährdung in angrenzenden Bereichen mit erhöhtem Schadenspotenzial erreicht werden.

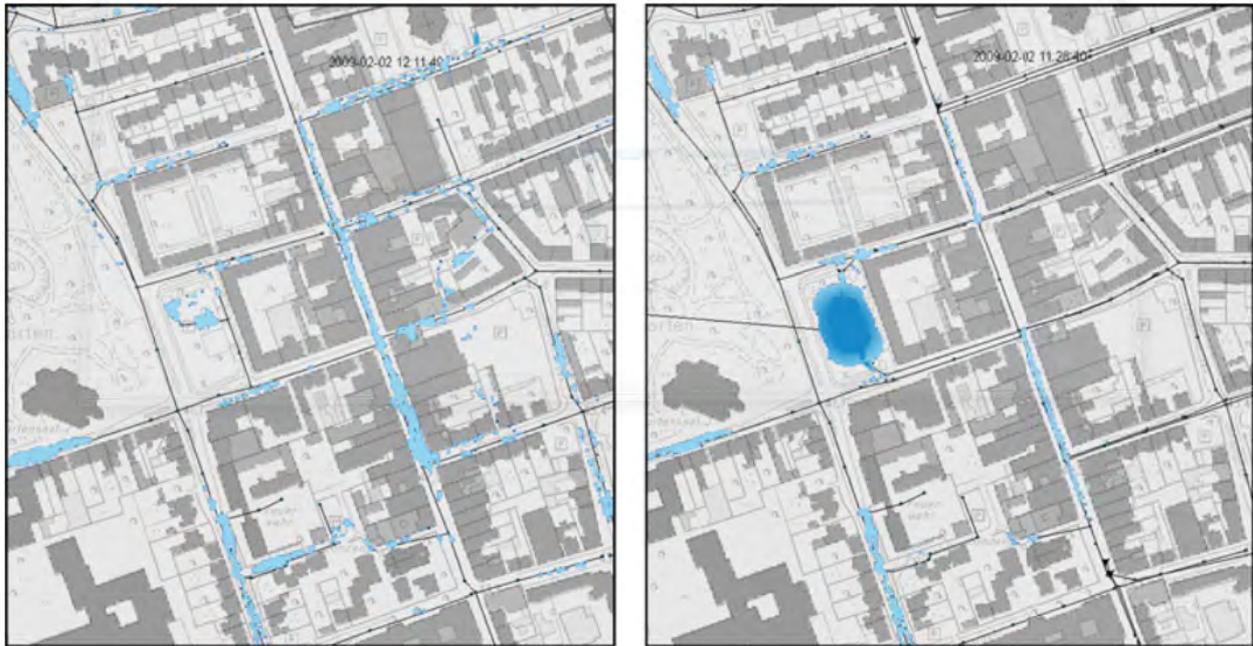


Abbildung 2: Simulation für die Mitbenutzung eines Parkplatzes zur Entlastung der Herner Fußgängerzone bei Starkregen [KlimaNet 2010 in (Benden 2014)]

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Untersuchungsmethode

Die Untersuchungsmethodik gliederte sich auf in eine Bedarfs- und Potenzialanalyse, in die Modellierung der Maßnahmen und die Simulation der Maßnahmenszenarien sowie die Effektbewertung der Maßnahmen anhand der Simulationsergebnisse. Die Bedarfsanalyse entstammt direkt der Gefährdungs- und Risikoanalyse *Überflutung*, die in den identifizierten Hauptgefährdungsbereichen des Modellgebiets durchgeführt wurde. Dabei wurden überflutungsgefährdete Bereiche mittels topografischer Analyse identifiziert und mit Bereichen mit erhöhtem Schadenspotenzial verschnitten, um den Bedarf für eine Maßnahmenumsetzung zu ermitteln.

Im nächsten Schritt fand eine Potenzialanalyse für die Maßnahmenumsetzung statt. Unter Berücksichtigung der Voraussetzungen für die Ausweisung und Ausgestaltung wurden hier mögliche Standorte für temporären Flächeneinstau und Maßnahmen der gezielten Ableitung ermittelt. Auch abflussbeeinflussende Aspekte (Gefälle/Ableitungs- und Rückhaltepotenziale) wurden bei der Standortwahl beachtet. Durch Bearbeitung und entsprechende Anpassung des Oberflächenmodells wurden daraufhin die geplanten Maßnahmen modelliert. Anschließend wurde eine gekoppelte 2D/1D-Abflusssimulation durchgeführt.

Durch Vergleich der Simulationsergebnisse des Status Quo Szenarios mit den Ergebnissen des Szenarios mit umgesetzten Maßnahmen konnten diese hinsichtlich ihrer Effekte auf die Gefährdungsreduzierung bewertet werden.

Umsetzung im Projekt KURAS, Schwerpunkt Abwassersysteme

Aufgrund des hohen Aufwandes einer detaillierten Überflutungsbetrachtung mittels gekoppelter Simulation wurde in KURAS nur einer der mittels u.a. topografischer Analyse identifizierten Hauptgefährdungsbereiche im Gesamtgebiet für eine detailliertere Betrachtung ausgewählt, das Gebiet „Am Rathaus Schöneberg“. Gründe für die Auswahl sind die relativ kleine Gebietsgröße, die Lage innerhalb eines hydrologischen Einzugsgebietes und, zur Synergienutzung im Projekt, die räumliche Überschneidung mit einem der beiden Modellquartiere aus dem Projektschwerpunkt *Regenwassermanagement*, „Alt-Schöneberg“.

Für das Gebiet „Am Rathaus Schöneberg“ wurde ein detailliertes gekoppeltes 1D/2D-Simulationsmodell erstellt und die Überflutungsgefährdung gebäudebezogen ermittelt. Nach der Analyse des Überflutungsgeschehens anhand der Simulationsergebnisse (Abflusswege, hohe Wasserstände in Gebäudenähe – siehe Abbildung (links)) wurden, unter Einbeziehung der Ergebnisse der Maßnahmenpotenzialanalyse aus dem Projektschwerpunkt *Regenwassermanagement*, Maßnahmen des temporären Flächeneinstaus und der gezielten Abflussleitung im Gebiet modelliert. Es wurden folgende Maßnahmen betrachtet:

- Parkplatzabsenkung
- Temporärer Flächeneinstau auf zwei Plätzen und einer Kreuzung
- Wasserführende Gräben zur Abflussleitung und -retention
- Kombinationen aus Schwellen und Führungsrinnen zur gezielten Abflussleitung

Abbildung 3 (rechts) zeigt die Verortung der Maßnahmen im betrachteten Gebiet.

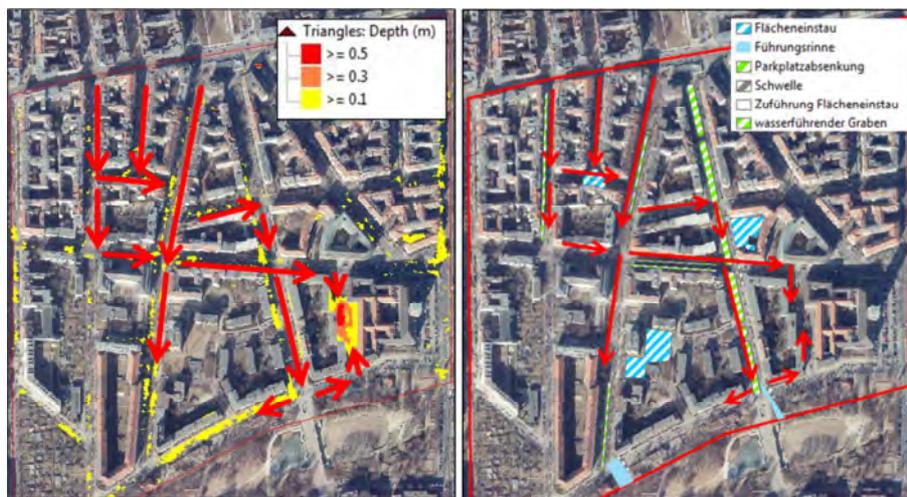


Abbildung 3: Simulationsergebnisse zu Wasserständen und Abflusswegen (links), Maßnahmenverortung (rechts)

In Abbildung 4 sind die Simulationsergebnisse für Status Quo- und Maßnahmenzenario gegenübergestellt. Dargestellt sind die maximalen Wasserstände je Oberflächenelement. Als Niederschlagsbelastung liegt ein Euler-Modellregen mit statistischer Wiederkehrzeit $T_n = 50$ Jahre, Dauer = 60 min zugrunde, welcher nach KOSTRA-DWD einer Niederschlagshöhe von $h_N = 57,2$ mm aufweist.

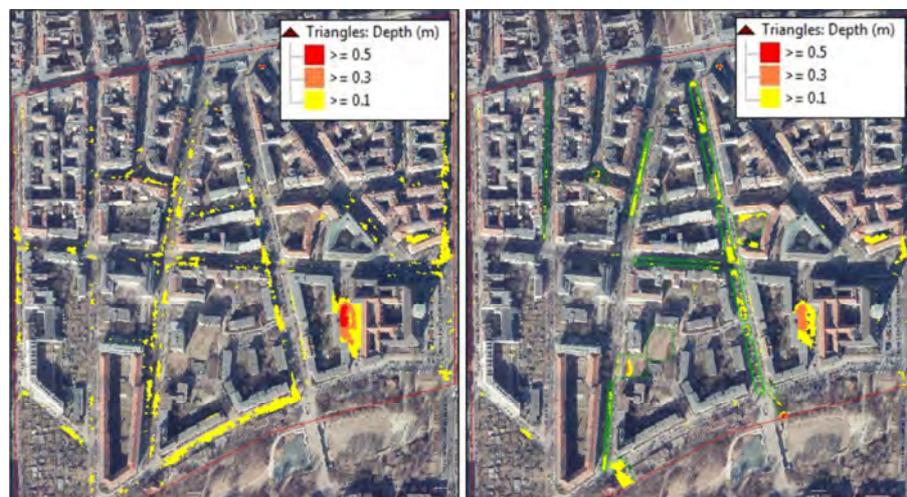


Abbildung 4: Status Quo- (links) und Maßnahmenzenario (rechts), dargestellt sind maximale Wasserstände

Für die quantitative Bewertung der Gefährdungslage wurde die jeweilige gebäudebezogene Gefährdung bilanziert. Hierzu wurde jedem Gebäude im betrachteten Gebiet der maximale Wasserstand in 10 cm Abstand zur Gebäudekante zugeordnet. Darauf basierend wurden die Gebäude entsprechend der in DWA-M 119 (Gelbdruck) vorgeschlagenen Gefährdungsklassifizierung in Gefährdungsklassen 1 bis 4 eingeteilt. Abbildung zeigt die Ergebnisse der gebäudebezogenen Gefährdungsklassifizierung für das Status Quo- sowie das Maßnahmenzenario.

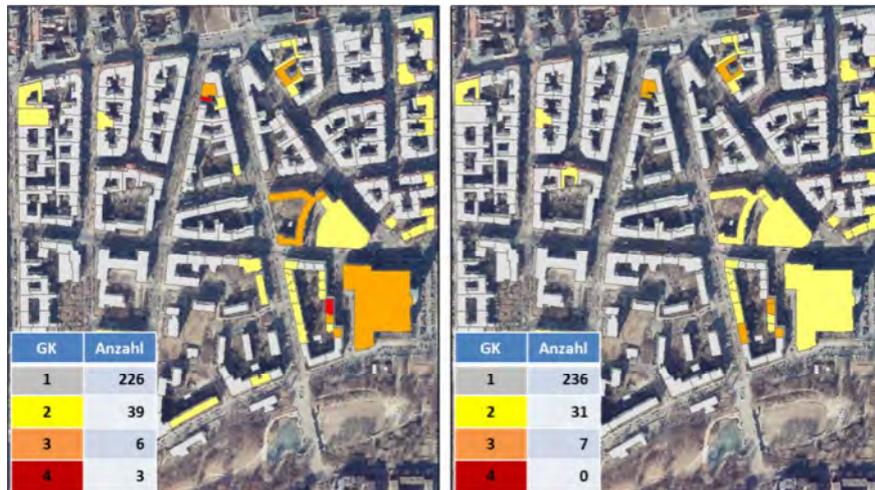
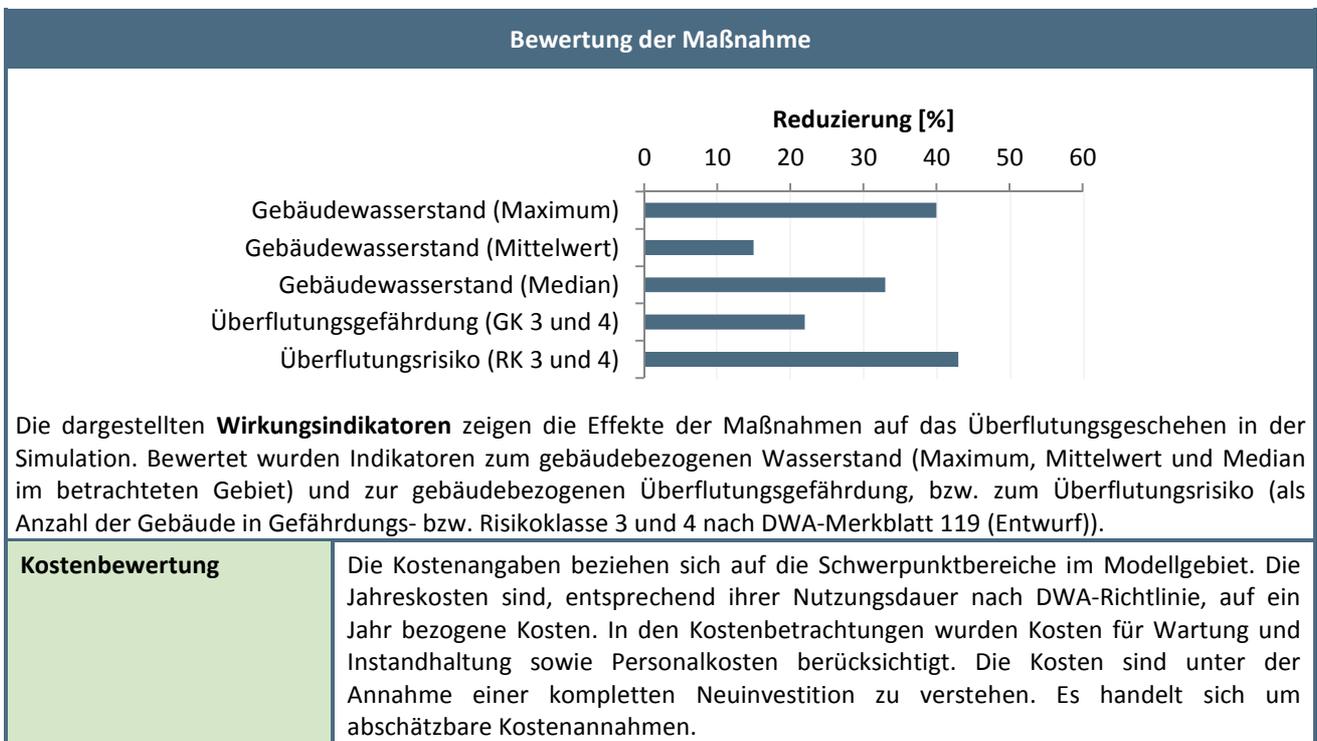


Abbildung 5: Status Quo- (links) und Maßnahmenzenario (rechts), gebäudebezogene Gefährdung

III. Bewertung der Maßnahme *Ableitung an der Oberfläche, temporärer Flächeneinstau*

Die Bewertung der Maßnahme erfolgte durch Auswertung der Simulationsergebnisse und deren Vergleich mit den Ergebnissen des Status Quo-Szenarios. Der Fokus lag hierbei auf der Veränderung von Indikatoren zur Überflutungsgefährdung.



	<p> ■ Bereich Jahreskosten ▼ Abschätzung Jahreskosten </p> <p> 0 € 0,02 Mio. € 0,1 Mio. € 0,5 Mio. € 1 Mio. € 2 Mio. € </p>
Synergien	Auch im KURAS Projektschwerpunkt <i>Regenwassermanagement</i> wurden Wasserplätze konzipiert. Ziel der Wasserplätze im Schwerpunkt <i>Regenwassermanagement</i> war der temporäre Einstau mit Regenwasser für Ereignisse im Bereich von $T_n = 5a$, die Erhöhung der Biodiversität und die Verbesserung des Stadtklimas. Als Synergie wurden die dabei definierten Wasserplätze in Alt-Schöneberg auch auf eine mögliche Mitnutzung zum Einstau im Überflutungsfall ($T_n \geq 30a$) untersucht. Dadurch lässt sich das Spektrum an Argumenten für eine Ausgestaltung als Wasserplatz um den Überflutungsschutz erweitern.
Wirkungsabschätzung	Die Simulationsergebnisse zu den Maßnahmen des temporären Flächeneinstaus und der gezielten Abflussleitung zeigen ein hohes Potenzial zur Verringerung von Überflutungsgefährdung und -risiko für außergewöhnliche Starkregenereignisse. Mithilfe der verwendeten Bewertungsindikatoren lässt sich eine Reduzierung der gebäudebezogenen Überflutungsgefährdung um ca. 20% bilanzieren. Aufgrund der risikoorientierten Maßnahmenkonzeption wird beim Überflutungsrisiko sogar eine Reduzierung um über 40% erreicht. Die positiven Ergebnisse sind in Relation zum baulichen Aufwand bei der Maßnahmenumsetzung zu setzen. Eine Maßnahmenkonzeption mit Nutzung positiver Synergieeffekte (auf Stadtklima, Wasserhaushalt, Erholungsflächen) ist zu empfehlen, um die aufwändige Umsetzung vertretbar zu machen. Die Art der Maßnahmen (Parkplatzabsenkung und -entsiegelung, Schwellen, wasserführende, begrünte Gräben) lässt diese Möglichkeit zu.

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt/ Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Temporärer Flächeneinstau/ gezielte Ableitung auf der Oberfläche	X		X		Es gibt zwar bereits vereinzelt Umsetzungsbeispiele in anderen Städten und Ländern (Dänemark, Niederlande), eine systematische Planung und Umsetzung von Retentionsräumen liegt jedoch noch nicht vor.		X

Umsetzungsbeispiele

- „Umsetzung einer Mitbenutzung am Beispiel einer Straße in Hamburg“ in (Benden 2014)
- Bloemhofplein in Rotterdam
- Benthemplein in Rotterdam
- Bellamyplein in Rotterdam
- Regenspielplatz in Neugraben-Fischbek Hamburg
- Hochschulstadtteil Lübeck
- Cloudburst Strategy Kopenhagen

Übertragbarkeit

Die Übertragbarkeit der Maßnahme ist in allen Bereichen gegeben, in denen geeignete Freiflächen für einen temporären Einstau vorhanden sind und zu einer Reduzierung des Überflutungsrisikos beitragen können.

V. Literatur

- Benden, Jan (2014): Möglichkeiten und Grenzen einer Mitbenutzung von Verkehrsflächen zum Überflutungsschutz bei Starkregenereignissen: RWTH Aachen.
 - BWVI der FHH (2015): Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung. Hg. v. BWVI FHH. BWVI der FHH. Hamburg.
 - DWA-M 119 (2016): Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen (Entwurf), DWA-Merkblatt 119, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft und Abfall (DWA), Hennef.
-

Objektbezogener Überflutungsschutz



Abbildung 1: Klappschotte für Hofeinfahrten [BWK/DWA, 2013]

Ziele	Reduzierung des Schadenspotenzials in Bereichen mit hohem Überflutungsrisiko, in denen die Überflutungsgefährdung schwer oder nicht zu vermindern ist.
Lastfall	Überlast
Cluster	Oberfläche
Beschreibung	Unter objektbezogenem Überflutungsschutz versteht man technisch-konstruktive Schutzmaßnahmen, aber auch Maßnahmen der Flächenvorsorge auf gefährdeten Grundstücken und an Gebäuden.
Anwendungsebene	Grundstücks- und Gebäudeebene
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	BWK/DWA Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge, 2013 DWA-M 119 (Entwurfassung)
Bearbeitung	TU Kaiserslautern

I. Funktion

Überflutungsschutzmaßnahmen von kommunaler Seite können meist nur ein begrenztes Maß an Sicherheit vor Überflutung bieten. In Bereichen hoher Gefährdung und hohem Schadenspotenzials kann jedoch durch Anordnung von Objektschutzmaßnahme auf dem Grundstück der nötige Überflutungsschutz hergestellt werden. Auch aus wirtschaftlicher Sicht kann es sinnvoller sein, den Überflutungsschutz einzelner Objekte zu erhöhen, als großangelegte Überflutungsschutzmaßnahmen auf kommunaler Ebene durchzuführen.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Untersuchungsmethode

In KURAS, Schwerpunkt *Abwassersystem*, wurden im Rahmen der Überflutungsbetrachtung eine Gefährdungs- und eine Schadenspotenzialanalyse durchgeführt. In Bereichen mit hohem Überflutungsrisikos, d.h. einer hohen Überflutungsgefährdung bei gleichzeitig hohem Schadenspotenzial, wurde die Sinnhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit von Objektschutzmaßnahmen untersucht. Wurde im Rahmen von KURAS die Umsetzung einer Objektschutzmaßnahme an einem Grundstück angenommen, so wurde die dort ermittelte Schadenspotenzialklasse abgestuft, wodurch sich auch das Überflutungsrisiko in diesem Bereich reduzierte. So wird im Maßnahmenzenario „Objektbezogener Überflutungsschutz“ die durch Objektschutz mögliche Risikoreduzierung im Untersuchungsgebiet ermittelt und kann in Bezug zu abgeschätzten notwendigen Kosten gesetzt werden.

Modellierung

Auf Grundstücksflächen, auf denen im Rahmen des Forschungsprojektes eine Objektschutzmaßnahme angesetzt wurde, wurde die Schadenspotenzialklasse auf Schadenspotenzialklasse 1 reduziert.

Umsetzung

Im Gebiet „Am Rathaus Schöneberg“ wurden auf Gebäudeebene Überflutungsgefährdung und Schadenspotenzial miteinander zum Überflutungsrisiko verschnitten (Abbildung 2). Dabei wurde sich der Vorschläge zur Risikoklassifizierung aus dem DWA-Merkblatt 119 (Gelbdruck) bedient (Abbildung 3).

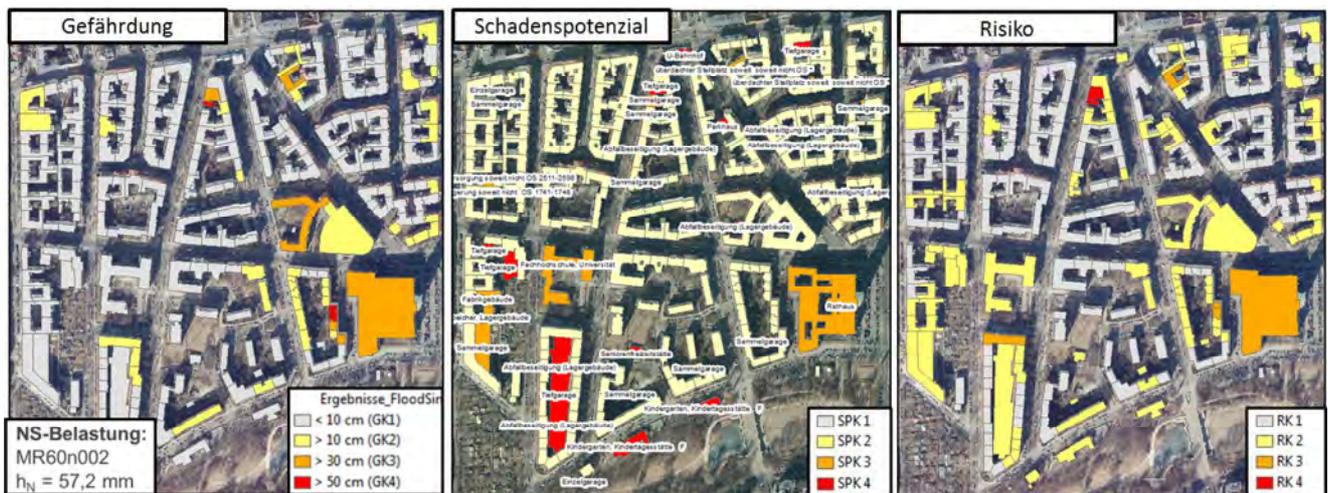


Abbildung 2: Überflutungsgefährdung, Schadenspotenzial und Risiko im Untersuchungsgebiet "Am Rathaus Schöneberg"

		Schadenspotenzial			
		gering	mäßig	hoch	sehr hoch
Gefährdung	gering	gering	gering	mäßig	mäßig
	mäßig	gering	mäßig	mäßig	hoch
	hoch	mäßig	mäßig	hoch	sehr hoch
	sehr hoch	mäßig	hoch	sehr hoch	sehr hoch

Abbildung 3: Risikoklassifizierung nach DWA-M119 (Entwurfassung!) für eine Niederschlagsbelastung mit $T_n = 50a$

Im Maßnahmenzenario „gezielter Objektschutz“ wurde an allen (insgesamt 7) Gebäuden, bei denen Gefährdungsklasse und Schadenspotenzialklasse mindestens den Wert 3 (hoch) betragen, Objektschutzmaßnahmen vorgesehen und entsprechend die Schadenspotenzialklasse auf Klasse 1 (gering) herabgesetzt. Abbildung 4 zeigt die Schadenspotenzialklassifizierung ohne (links) und mit (rechts) Objektschutzmaßnahmen (Mitte).

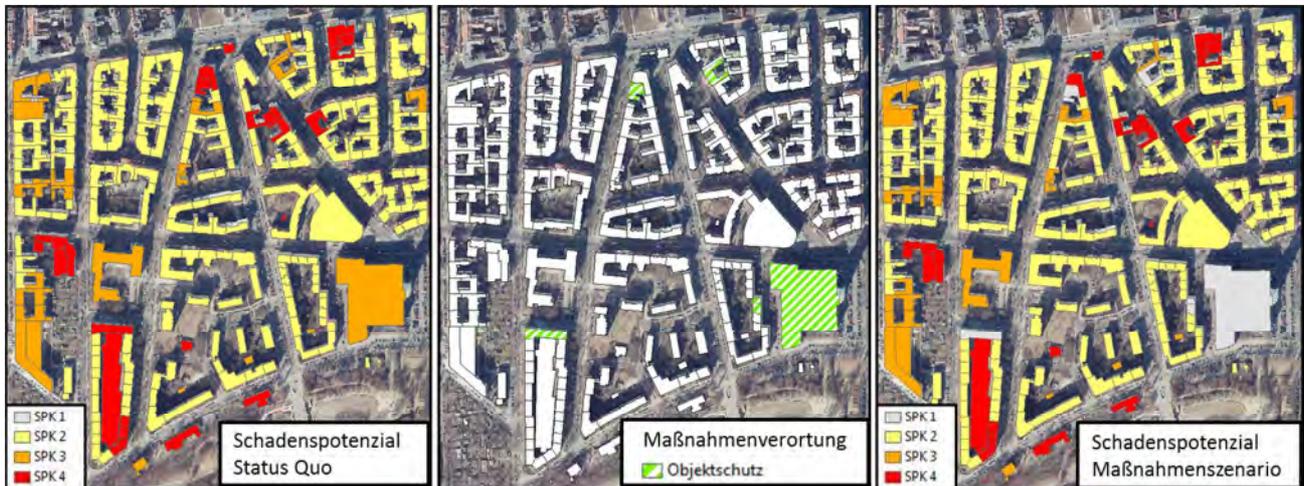


Abbildung 4: Schadenspotenzial im Status Quo (links), Maßnahmenverortung (mittig) und Schadenspotenzial (rechts) im Maßnahmenzenario

Abbildung 5 zeigt den Effekt der Objektschutzmaßnahmen auf die Risikosituation im Gebiet.

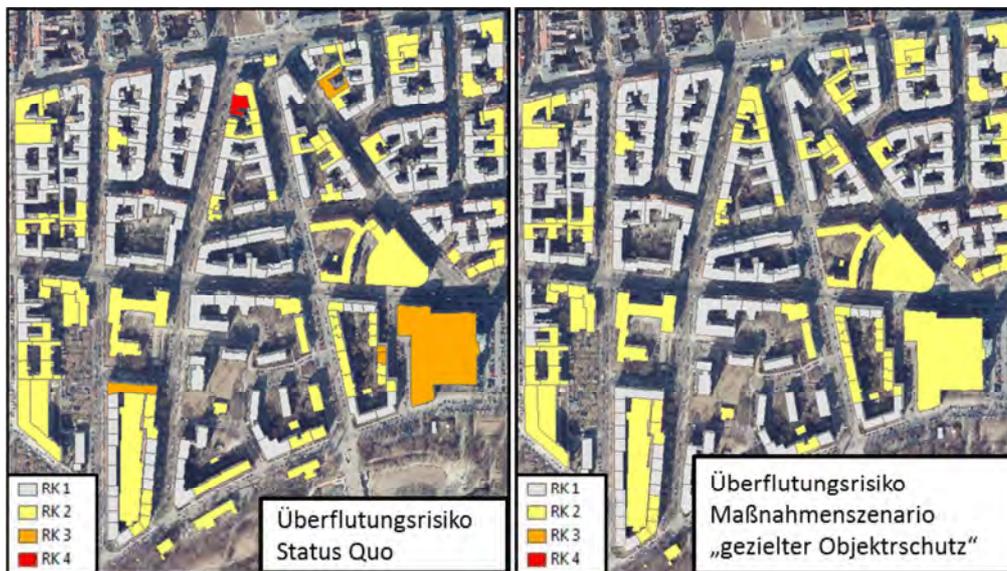


Abbildung 5: Überflutungsrisiko ohne (links) und mit Maßnahmen des gezielten Objektschutzes (rechts)

III. Bewertung der Maßnahme Objektbezogener Überflutungsschutz

Die Bewertung der Maßnahme erfolgt durch Auswertung des Effekts von Objektschutzmaßnahmen auf das Überflutungsrisiko im Gebiet. Zur Effektbewertung wird die Anzahl an Gebäuden in Risikoklasse 3 bis 4 im Status Quo-Szenario mit der des Maßnahmenzenarios „gezielter Objektschutz“ verglichen.

Bewertung der Maßnahme	
<p>Reduzierung [%]</p> <p>0 20 40 60 80 100</p> <p>Überflutungsrisiko (Risikoklasse 3 und 4)</p>	
<p>Der dargestellte Wirkungsindikator zeigt den Effekt der Objektschutzmaßnahmen auf das Überflutungsrisiko (als Anzahl der Gebäude in Risikoklasse 3 und 4 nach DWA-Merkblatt 119 (Entwurf)). Die Maßnahme reduziert die Anzahl an Gebäuden in RK 3 und 4 um 100 % gegenüber dem Status Quo. Dies ist nicht gleichbedeutend mit einer 100%-igen Reduzierung des Überflutungsrisikos im Gebiet! Es zeigt sich aber, dass sich mit Umsetzung von Objektschutzmaßnahmen an sieben Gebäuden das gebäudebezogene Risiko im betrachteten Gebiet stark reduzieren lässt.</p>	
Kostenbewertung	<p>Stark einzelfallspezifisch. Beispiele liefert der BWK/DWA Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge. Hier lassen sich Mindestkosten für Objektschutzmaßnahmen finden, z.B. wasserdichte Abdeckungen von Kellerlichtschächten (ab ca. 1.000,-€), manuell zu bedienende Klappschotte für Türen und Garagenzufahrten (ab ca. 5.000,-€), automatische Klappschotte für Türen und Garagenzufahrten (ab ca. 10.000,-€).</p> <p>Die Investitionskosten für die Objektschutzmaßnahmen sind in Relation zu dem möglichen Überflutungsschaden am Objekt zu setzen.</p> <p>Für diese Maßnahme kann keine Kostenbetrachtung durchgeführt werden. Die Umsetzung dieser Maßnahme ist standort- und objektabhängig.</p>
Synergien	-
Wirkungsabschätzung	<p>Durch Objektschutzmaßnahmen an sieben Gebäuden, die im Zuge der Risikoanalyse in Risikoklasse 3 bis 4 eingestuft wurden, kann das gebäudespezifische Überflutungsrisiko im Gebiet stark gesenkt werden. Im Maßnahmenzenario gibt es keine Gebäude mit Risikoklasse 3 „hoch“ bzw. Risikoklasse 4 „sehr hoch“. Die Umsetzung von Maßnahmen des gezielten Objektschutz an 7 von 274 Gebäuden (2,5%) reichen im betrachteten Gebiet aus, um das gebäudespezifische Überflutungsrisiko für die angesetzte Niederschlagsbelastung ($D=60\text{ min}$, $T_n=50a$, $h_N=57\text{ mm}$) auf RK1 „gering“ bis maximal RK2 „mäßig“ zu senken.</p> <p>Bei der allgemeinen Bewertung der Maßnahme ist zu beachten, dass sie stark fallspezifisch ist. In anderen Gebietslagen könnte es sein, dass eine Maßnahmenumsetzung an 2,5% der Gebäude nicht ausreicht, um dasselbe Ergebnis zu erreichen.</p> <p>Im Zuge dieser Betrachtung wurde ein vollständiger Schutz des betreffenden Grundstücks/Gebäudes durch objektbezogene Überflutungsschutzmaßnahmen unterstellt. Davon ist auch in der Regel auszugehen, es sei denn die Schutzhöhe wird zu klein gewählt oder die Schutzwirkung ist bei nicht-automatischen Systemen zum Überflutungszeitpunkt aufgrund der meist geringen verfügbaren Reaktionszeit nicht gegeben.</p>

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt/ Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Objektbezogener Überflutungsschutz		X	X				X

Umsetzungsbeispiele

Maßnahmenbeispiele aus dem Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge (BWK/DWA, 2013)			
Maßnahmenbezeichnung	Maßnahmenbeispiel	Hinweis	Bedarf an Reaktionszeit
Rückstausicherung		Obligatorisch gemäß Entwässerungssatzung	ohne
Wasserdichte Abdeckung von Kellerlichtschächten		Druckwasserdichter Wandanschluss	ohne
Erhöhung von Hauseingängen		Limitiertes Schutzniveau (Dezimeterbereich)	ohne
Druckwasserdichte Fenster		begrenzte, aber Druckdichtigkeit	ohne
Automatische Klappschotte für Fenster und Türen		Schutzniveau begrenzt auf Schotthöhe	ohne
Klappschotte aufschwimmend oder mit Antrieb für Hofeinfahrten oder Garagenzufahrten		Schutzniveau entsprechend Barrierehöhe	ohne

<p>Großflächige Schutztore für Hofeinfahrten oder Garagenzufahrten (automatisch schließend)</p>		<p>Schutzniveau entsprechend Barrierehöhe</p>	<p>ohne</p>
--	---	---	-------------

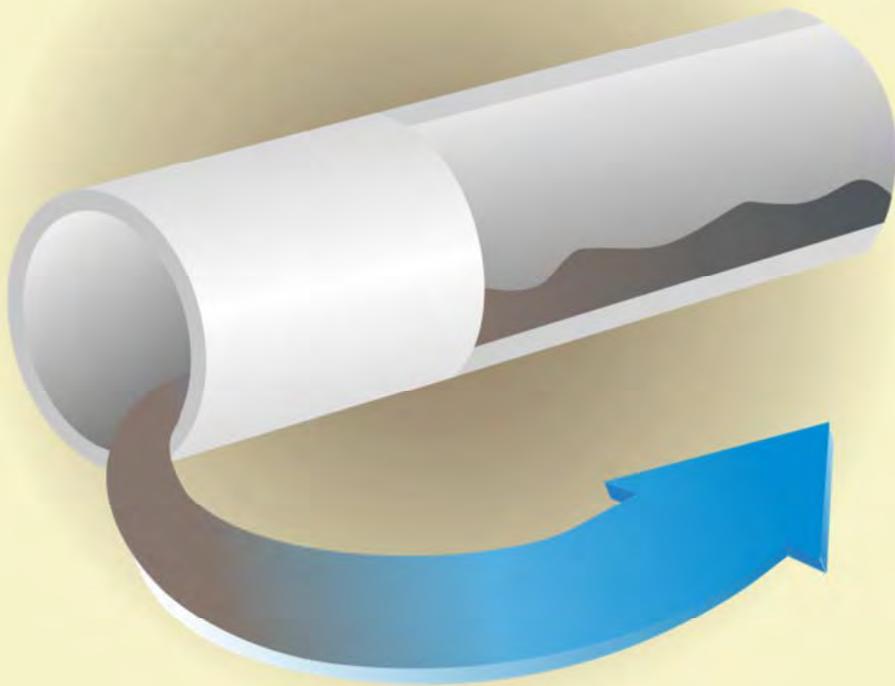
Übertragbarkeit

Eine Übertragbarkeit auf andere Städte/Kommunen ist gegeben.

V. Literatur

- BWK/DWA (2013): „Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge“, Schriftenreihe DWA-Themen, Hennef, August 2013.
- DWA-M 119 (2016): Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen (Entwurf), DWA-Merkblatt 119, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft und Abfall (DWA), Hennef.

STECKBRIEFE



**FORSCHUNGSCLUSTER
KANALNETZ**

Vorausschauende Schwallspülsysteme



Abbildung 1: Schwallwelle [BIOGEST]

Ziele	Remobilisierung der Ablagerungen (automatisiert), Reduzierung der Reinigungs-klasse (manueller Aufwand), in Folge Geruchs- und Korrosionsminderung/-bekämpfung
Lastfall	Unterlast
Cluster	Kanalnetz
Beschreibung	Gezielte automatisierte Spülung von Kanalnetzabschnitten an ausgewählten Schwerpunkt-Haltungen. Speicherung des Spülwassers (Regen-, Trink-, o.a. Grundwasser) oberhalb des Geländes oder im Schacht.
Anwendungsebene	Kanalnetz (Misch- und Schmutzwasserkanal)
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	Schwallspül-Apparate allg. Firma Steinhardt GmbH und Uhrig GmbH/KA 8-1991
Bearbeitung	Berliner Wasserbetriebe (BWB)

I. Funktion

Durch gezielte, intelligente sowie automatisierte Zugabe von ‚externen‘ Wassermengen wird es möglich, systematisch Spülwellen zu erzeugen und Kanalnetzabschnitte regelmäßig zu spülen. Variierend in Anzahl, Zeitfolge (Zyklus) und Intensität werden zuvor berechnete Spülwasservolumen an sog. Schwachstellen zugegeben. Das "vorausschauende" Spülen zielt auf das quasikontinuierliche Vermeiden kritischer Lastzustände in erwarteten Trockenwetterperioden (bspw. alle 2 Tage für eine Dauer von 8 Wochen). Die Spülzyklen sowie das Nachfüllen erfolgen automatisiert, d.h. programmierbar wiederkehrend. Als Zugabeort wird die Einbindung in bestehendem Schacht vorgesehen. Die Nachfüllung der oberirdischen Tankbevorratung kann wahlweise mit Regenwasser/Trinkwasser/Grundwasser erfolgen.



Abbildung 2: Möglichkeiten zur Sammlung und Speicherung des Spülmediums (u.a. Regenwasser) oberhalb Gelände [BWB]

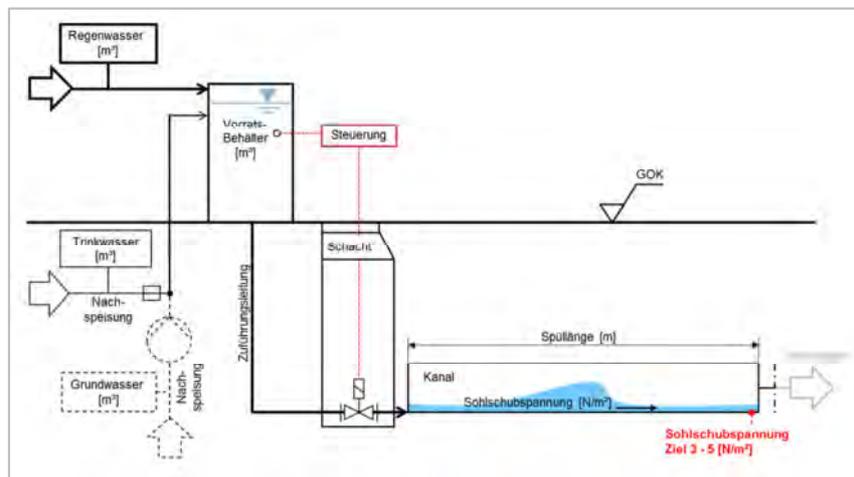


Abbildung 3: Prinzip-Skizze der Schwallspülung [BWB]

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Zur Verortung der Schwerpunkte erfolgte eine systematische Schwachstellenanalyse. Die Analyse zur Verortung der Schwachstellen erfolgt anhand von Indikatoren, u.a.: Reinigungsstufe, Gefällesituation, Geruchsbeschwerde etc. Die Untersuchung erfolgte mit dem Simulationsprogramm *InfoWorks CS*. Als Kriterium ist die Einhaltung der Schubspannung von mind. 3 N/m² auf der gesamten Spülstrecke gewählt worden.

Vorgehen:

- Systematische Ermittlung betreffender Haltungslängen/Spüllängen inkl. Dimensionierung
- Wahl der erforderlichen Spüllänge
- Ermittlung des erforderlichen Spülvolumens
- Ermittlung Anzahl der „Spülstationen“ über Spüllänge
- Entwurf der Spülzyklen/Spülabfolgen (automatisiert)

Für die softwaregestützte Simulation der hydraulischen Zustände in betreffenden Haltungabschnitten erfolgte in *Infoworks* der entsprechende Modellaufbau des Funktionsbausteins „Spüler“ inkl. rtc-Steuerung sowie dem Monitoring der Sohlschubspannung entlang der Spüllänge. Die Ermittlung der Spülvolumina

erfolgte iterativ, durch schrittweise Erhöhung der Spülvolumen. Die Dimensionierung der Vorlagebehälter (Nachfüllung mit Regen-/Trink-/Grundwasser) ist anhand getroffener Annahmen von Spülzyklen erfolgt. Abschließend erfolgte die Ermittlung potenzieller Standort(e) der Vorlagebehälter (oberhalb Gelände) sowie die Bewertung des Spülsystems.

Kenndaten zur Bemessung/Betrieb			
Parameter	Einheit	Werte mit Quellenangaben	Auslegung in KURAS
Sohlschubspannung	N/m ²	3 - 5	3
Spülstrecke	m	Max. 300 m bei DN 150 – 600 (Fa. Steinhardt)	300
Speichervolumen	m ³	0,1 – 2,0 (Steinhardt)	je nach Bedarf: 300 – 1.200 Liter

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Modellierbarkeit

Die Modellierung erfolgt mittels Infoworks CS. Eine numerische Simulation bspw. mit CFD ist ebenfalls denkbar jedoch nicht in KURAS - Projektschwerpunkt Abwassersysteme vorgesehen. Hierbei ist nach aktuellem Stand des Wissens eine Kopplung mit DEM zur Darstellung der Feststoffphase zu empfehlen.

Darstellung im Gesamtmodell

- Verortung im Modellgebiet anhand Schwachstellenkarten
- zzgl. szenarienbasierte Ermittlung der Schwachstellen (Entwicklungsszenarien-Unterlast)
- individuelle Simulationen zu jeweiligem Standort (→ weak-point - Analyse)
- Bewertung der Machbarkeit (Grobplanung)
- Bewertung der Wirtschaftlichkeit (Kostenvergleich zu manueller Reinigung/RKL)
- Hochrechnung auf das Gesamtgebiet (annahmebasiert)

Unterhaltung/Betrieb

- voll automatisiert (beaufsichtigungsfrei) zzgl. Wartung

III. Bewertung der Maßnahme *Vorausschauende Schwallspülsysteme*

Die Bewertung erfolgte anhand ermittelter Sohlschubspannungen an beispielhaft ausgewählten Schwachstellen, anhand des erforderlichen Spülvolumens sowie Volumenbevorratung und anhand einer ersten Einschätzung zur Umsetzbarkeit (grobe Machbarkeit).

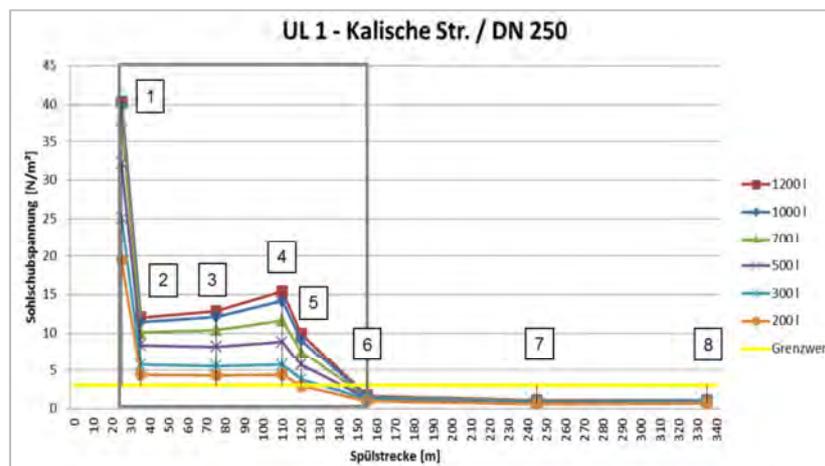


Abbildung 4: Beispieldarstellung Simulationsergebnisse Sohlschubspannung über Spüllänge [BWB]

Abbildung 4 zeigt beispielhaft die Ergebnisse zu den Sohlschubspannungen über die Spülstrecke bei unterschiedlichen Spülvolumina. Hierbei wurde zusätzlich zur ermittelten Schwerpunktlänge (Haltung 1-5) eine Spüllänge von 333 m gewählt, mit dem Ziel, die Spülwelle über den Wechsel in die nächst größere Nennweite (Haltung 6) bis zur Einbindung in einen Hauptsammler (Haltung 8) zu führen. Die erforderliche Sohlschubspannung von $> 3 \text{ N/m}^2$ wird bis zum Ende der Schwerpunktlänge (Spülstrecke von 120 m Länge, Haltungen 1-5) bereits mit einem Spülvolumen von 300 Litern erreicht. Der Anstieg der Sohlschubspannung zwischen Haltung 2 – 4 begründet sich in den seitlich zusätzlich zufließenden Abwassermengen sowie der Zunahme der Gefällelinie. Das bei sämtlichen Spülvolumina deutliche Absinken der Sohlschubspannung (Haltung 6) begründet sich durch den Wechsel in ein wesentlich größeres Profil (Ei, 900x600 mm). Die Maßnahme kann dahingehend als erfolgreich bewertet werden, da über die Schwerpunktlänge das Kriterium erfüllt wird und zwischen Haltung 6 – 8 die Mindestschubspannung von 1 N/m^2 (DWA) gewährleistet wird.

Kostenbewertung	<p>Die Kostenangabe bezieht sich auf die in der Effektbewertung dargestellte Einzelmaßnahme, d.h. mit Standortbezug. Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Richtlinie, auf ein Jahr bezogene Kosten. In den Kostenbetrachtungen wurden Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Personalkosten berücksichtigt. Die Kosten sind unter der Annahme einer kompletten Neuinvestition zu verstehen. Es handelt sich um abschätzbare Kostenannahmen.</p> <p> ■ Bereich Jahreskosten ▼ Abschätzung Jahreskosten </p>
Synergien	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Synergiepotential je nach Umsetzung als RW-Speicher anwendbar ▪ Bei Maßnahmen bei bspw. durch Versickerung / Gründach etc. (s. kleine bis mittlere Regen) können ggf. Unterlastzustände verstärkt werden. In diesem Fall als Kompensationsmaßnahme denkbar)
Wirkungsabschätzung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Wirkungsabschätzung erfolgte beispielhaft an mehreren Einzelstandorten. Eine Hochrechnung auf das gesamte Modellgebiet wurde annahmebasiert vorgenommen. Die Maßnahme hat ein positives Wirkungspotential, da sich Kosteneinsparungen im Bereich der Kanalreinigung darstellen.

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
vorausschauend, automatisiert	X		X		als systematische Handlungsempfehlung anhand Schwachstellenkarte/-analyse Reduzierung der manuellen Kanalreinigung in Schwerpunkthaltungen (für RKL 1 + 2)	X	
Methodik zur Ermittlung	X		X		Auswertung Betriebsdaten, GIS-basierte Auswertung, Gefälleanalyse	X	

Regenwasser- nutzung		X	X			X	
Kopplung der Anfangshaltung Kanal mit Trinkwasserleitung. - Endhaltung	X		X		Synergie Spülbedarf in Endhaltung Trinkwassernetz	X	

Umsetzungsbeispiele

- Bislang keine Beispiele zu „vorausschauenden“ Schwallspülsystemen bekannt

Übertragbarkeit

- Eine Übertragbarkeit in andere Standorte/Städte ist gegeben
- Zu empfehlen/zu beachten ist individuelle hydraulische Dimensionierung zur Planungssicherheit

V. Literatur

- Dettmar, J. (2005): „Beitrag zur Verbesserung der Reinigung von Abwasserkanälen“, Dissertation, Technische Hochschule Aachen
 - DWA A-110 (2006): „Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserleitungen und –kanälen“, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfälle e.V., Hennef
 - Engel, N. (2014): „Bemessungsgrundlagen für das Entwässerungssystem von Berlin“, Berliner Wasserbetriebe, Hochschule für Technik und Wirtschaft, Berlin
 - Schaffner, J. (2011): „Möglichkeiten und Grenzen von Schwallspülungen bei Anlagen zur Mischwasserbewirtschaftung“, Steinhardt Wassertechnik GmbH, Taunusstein
-

Geschiebeschächte

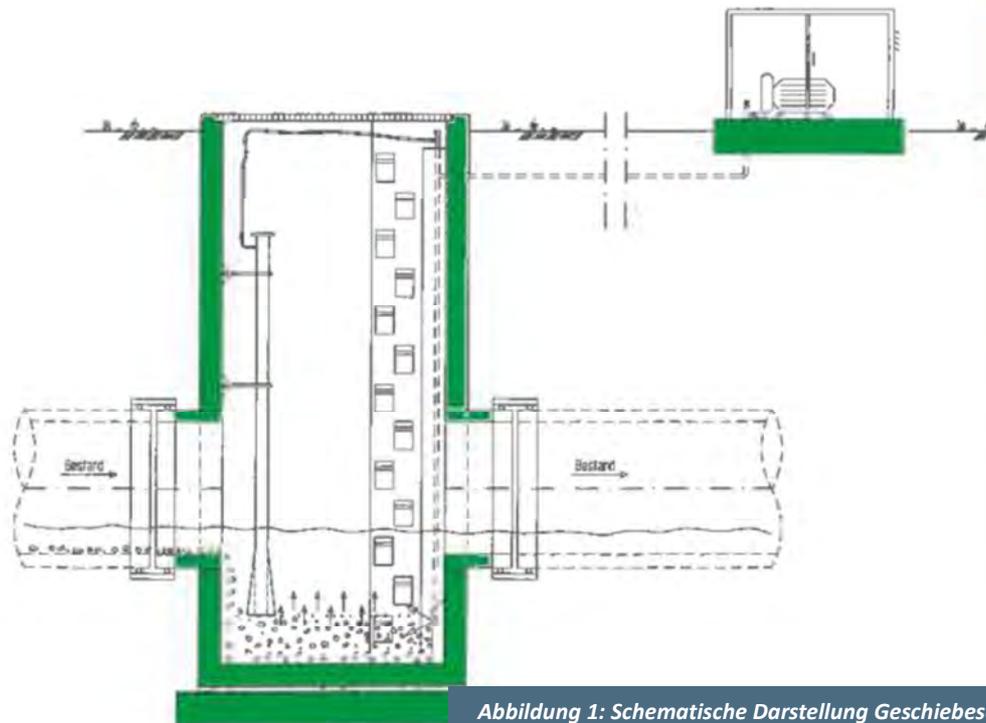


Abbildung 1: Schematische Darstellung Geschiesbeschacht [BWB]

Ziele	Reduzierung von Ablagerungen in nachgeordneten Kanalstrecken
Lastfall	Unterlast
Cluster	Kanalnetz
Beschreibung	In vielen Fällen breiten sich Ablagerungen mit Sediment (Sande und Steine) aus, die sich zunehmend mit organischem Material zusetzen/verdichten. Durch den gezielten Einbau von Geschiebeschächten vor Ablagerungsschwerpunkten und anderen für die Reinigungsstrategie relevanten Kanalnetzabschnitten können mineralische Feststoffe dezentral zurückgehalten werden, um den Reinigungsbedarf in den folgenden Haltungen zu reduzieren.
Anwendungsebene	Misch-/Trennkanalisation
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	„Erfahrungen mit Bau und Betrieb von Geschiebeschächten ohne Sammeleinsatz“ KA 6/13; „Untersuchungen zur Bedarfsorientierten Kanalreinigung unter Nutzung betrieblicher Synergien“ Ruhr-Uni Bochum, IKT
Bearbeitung	Berliner Wasserbetriebe (BWB)

I. Funktion

Geschiebeschächte bieten Stauraum für bis zu 5 m³ Feststofffracht. Bei Bedarf sind sie mit einem Belüftungsaggregat auszustatten, das intervallweise Luft einleitet und so organische Bestandteile weitestgehend austreibt. Eine Füllstandsonde erlaubt die Leerung mittels Saug- und Spülwagen (HDSR) zum geeigneten Zeitpunkt. Gebläse sowie sämtliche Steuerungstechnik werden separat in einem verschließbaren Schrank installiert. Während der Leerung wird eine Rinne eingehängt, die den Zulauf in den Geschiebesammelraum unterbricht. Vom Hersteller wird empfohlen, dass zum Absaugen des Sediments ein Kanalarbeiter in den Geschiebeschacht hinabsteigt. Die Leerung dauert max. zwei Stunden. Für den

innerstädtischen Gebrauch ist es möglich, den Geschiebeschacht mit einer überfahrbaren Stahlbetondecke auszustatten.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Schwerpunktermittlung (Schwachstellen)

Zunächst wurden die Mengen eingetragener sowie entnommener Sande und Ablagerungen im Modellgebiet bestimmt. Dazu dienten einerseits die Betriebs- und Abfallbilanzen betreffender Kanalbetriebsstellen und andererseits die Einschätzung der Ablagerungshöhen durch Mitarbeiter der Berliner Wasserbetriebe (BWB) zum Zeitpunkt der Kanalreinigung (*gemäß Betriebssystem*). Große Bedeutung kommt dabei der Genauigkeit der Datengrundlage zu.

Zudem sollten durch die Untersuchung der *bedarfsorientierten* Kanalreinigung Parameter wie Reinigungsbedarf und –effizienz festgestellt werden, die mit Blick auf das Jahr 2050 zu prognostizieren sind. Die Simulationsergebnisse zum Parameter *Sohlschubspannung* zeigten sich für diese Fragestellung als nicht hinreichend.

Das Mischsystem wurde für die Verortung geeigneter Standpunkte auf Basis des Mindestdurchflusses (ca. 3,5 l/s) stark eingegrenzt. Darüber hinaus ist es sinnvoll, Geschiebeschächte in möglichst großer Entfernung zum Pumpwerk zu platzieren, da sich nur dadurch ein nennenswerter Effekt auf die folgenden Haltungen und eine Reduzierung der Reinigungsstrecke einstellen kann. Zudem wurden reinigungsintensive Netzabschnitte und Unterlastschwerpunkte eingehend auf die jeweilige Ablagerungsursache hin untersucht und gesondert als mögliche Standorte in Betracht gezogen.



Abbildung 2: Verortung der fünf am besten geeigneten Haltungen im Modellgebiet (Hauptsammler)

Kenndaten zur Bemessung/Betrieb			
Parameter	Einheit	Werte mit Quellenangaben	Auslegung in KURAS
Anteil Mischwasser EZGam Zulauf KW-Ruh	m ³ /m ³	13 % (Einwohnerzahlen im Modellgebiet; Pumpwerke-Jahresbericht 2014)	k.A. da Standortbezug
Anteil MW-Wil an AE-Süd (Ablagerungen)	m ³ /m ³	32 % (Betriebssystem): „Menge Ablagerungen“ mit jeweiliger Kanalgröße)	k.A. da Standortbezug
Reinigungsstrecke	m/a	29.500 (Betriebssystem-Daten der BWB 2014)	standortbezogen: 9.710 m

remobilisierte Ablagerungen	m ³ /a	2600 (Betriebssystem-Daten der BWB s.o.)	k.A.
entnommene Sande (Kanalreinigung)	t/a	220 (Kanalbetrieb Süd, BWB, Container auf Betriebshöfen)	k.A.
Eingetragene Sande	t/a	280 (= Summe aller entnommenen Sande s.o., KW Ruhleben)	-
	kg/(E*a)	1,9	
Reinigungskosten	€/m	1,21 (vgl. mit DWA-Angaben)*	ca. 27.900 EUR/a (inkl. div. RKL)
Abnahme Sandeintrag	%	7,3 (Gleichbleibender spez. Sandanfall bei sinkender Einwohnerzahl)	Unterlast
Zunahme Ablagerungen	%	Betrachtung verschiedener Annahmen	bei Szenario
Zunahme Reinigungsstrecke	%	Betrachtung verschiedener Annahmen	bei Szenario

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Modellierbarkeit

Über eine Kurvenschar wurden verschiedene Unterlastszenarien dargestellt. Es lässt sich erkennen, dass in Zukunft, d.h. zwischen 2015 und 2050 in Summe eine Reduzierung der Sohlschubspannung zu erwarten ist. Der Anteil der Kanalstrecke verschiebt sich in den Bereich der Sohlschubspannung $< 0,2 \text{ N/m}^2$ und nimmt deutlich zu. Dem wurde der Effekt von Geschiebeschächten, also die Reduzierung der jährlichen Reinigungsstrecke gegenübergestellt.

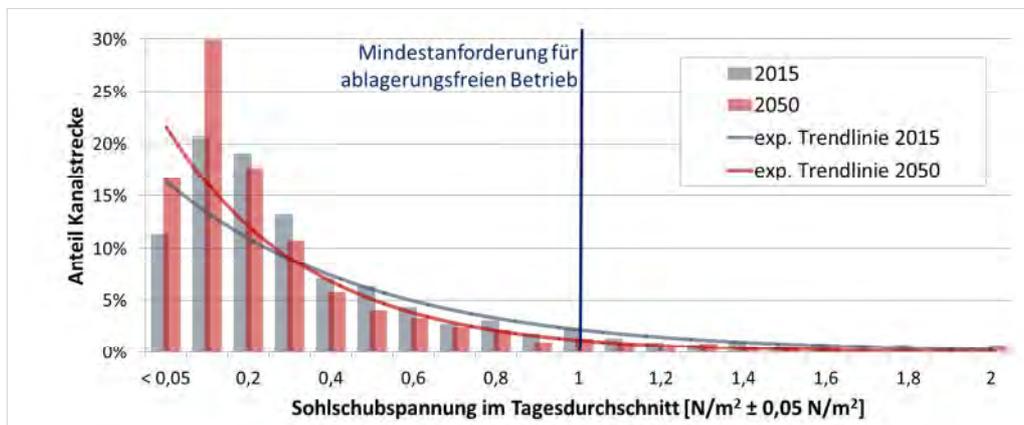


Abbildung 3: Entwicklung Sohlschubspannung - Simulationsergebnis

Darstellung im Gesamtmodell

Die Darstellung im Gesamtmodell erfolgte durch die Verortung der fünf am besten geeigneten Haltungen im Modellgebiet (Hauptsammler) siehe Abbildung 2.

Unterhaltung/Betrieb

Neben Instandhaltungsarbeiten setzt sich der Betriebsaufwand der Geschiebeschächte aus Leerungseinsätzen, die erfahrungsgemäß in Intervallen von 6 bis 12 Monaten stattfinden, und dem Stromverbrauch für Belüftung und Füllstandmessung zusammen. Die dabei entstehenden Kosten belaufen sich auf rund 1.300 €/a für einen Geschiebeschacht.

III. Bewertung der Maßnahme *Geschiebeschächte*

Bewertung der Maßnahme	
Als Bewertungsindikator der Maßnahme Geschiebeschacht wird für einen Beispielstandort die Ablagerungsvermeidung im betreffenden Kanalnetzabschnitt betrachtet, d.h. die Reduzierung der Reinigungsstrecke bzw. die damit verbundene Kostenreduzierung zur Kanalreinigung.	
Zusätzliche reinigungsfreie Kanalstrecke durch Einbau Geschiebeschacht	
<i>Abbildung 4: Resultierende reinigungsfreie Kanalstrecke durch Anwendung Geschiebeschacht am Beispielstandort</i>	
Kostenbewertung	Die Kostenangabe bezieht sich auf die in der Effektbewertung dargestellte Einzelmaßnahme, d.h. mit Standortbezug. Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Richtlinie, auf ein Jahr bezogene Kosten. In den Kostenbetrachtungen wurden Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Personalkosten berücksichtigt. Die Kosten sind unter der Annahme einer kompletten Neuinvestition zu verstehen. Es handelt sich um abschätzbare Kostenannahmen.
Synergien	keine
Wirkungsabschätzung	<ul style="list-style-type: none"> Die Wirkungsabschätzung erfolgte beispielhaft am Einzelstandort. Eine Hochrechnung auf das gesamte Modellgebiet wurde nicht vorgenommen. Die Maßnahme hat einen positiven Effekt, da sich für den betrachteten Einzelstandort durch den Einbau von Geschiebeschächten die Reinigungsstrecke zur Kanalreinigung um 55% im Status quo und um 66% im Szenario 2050 reduziert.

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Gezielter Rückhalt von Sediment		X	X		als Anwendung zur Entlastung Kanalreinigung bei unterstellter Zunahme der Reinigungsbedarfe im KURAS Unterlast-Szenario 2050		X

Umsetzungsbeispiele

- Entsorgungsbetriebe Wiesbaden, unterer Zwerchenweg 120, 65205 Wiesbaden; Geschiebeschacht mit stat. Greifer, Gebläse und Füllstandmesser vor Hauptklärwerk (L x B x H [m]: 2,7 x 2,0 x 6,5)
- Gemeinde Mudau, Schloßauer Str. 2, 69427 Mudau; Mehrere Anlagen mit Gebläse in Mudau und Ortsteilen (l x b x h [m]: 2,7 x 2,0 x 3,5)
- Entwässerungsbetrieb der Stadt Würzburg, Veitshöchheimer Str. 1, 97080 Würzburg Mehrere Anlagen im Stadtgebiet mit Gebläse (L x B x H [m]: 2,7 x 2,0 x 4,0)

Übertragbarkeit

Da die Untersuchungen ein breites Bild an Entwicklungsmöglichkeiten berücksichtigen, lassen sich die Erkenntnisse auch auf andere Stadtgebiete übertragen. Standorte müssen allerdings sorgfältig gewählt und die örtlichen Kosten für die Kanalreinigung bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt werden.

V. Literatur

- Sonnenburg, A.; Hazra, S.; Urban, W.: Neue Erkenntnisse zu belüfteten Geschiebeschächten ohne Sammeleinsatz, KA Korrespondenz Abwasser, Abfall Heft 61; 12/14
 - DWA Arbeitsgruppe ES 3.4 „Gestaltung von Regenbecken“: Erfahrungen mit Bau und Betrieb von Geschiebeschächten ohne Sammeleinsatz, KA Korrespondenz Abwasser, Abfall Heft 60; 6/13
-

STECKBRIEF NR. 07 | CLUSTER KANALNETZ | MAßNAHME DÜKERSPÜLUNG

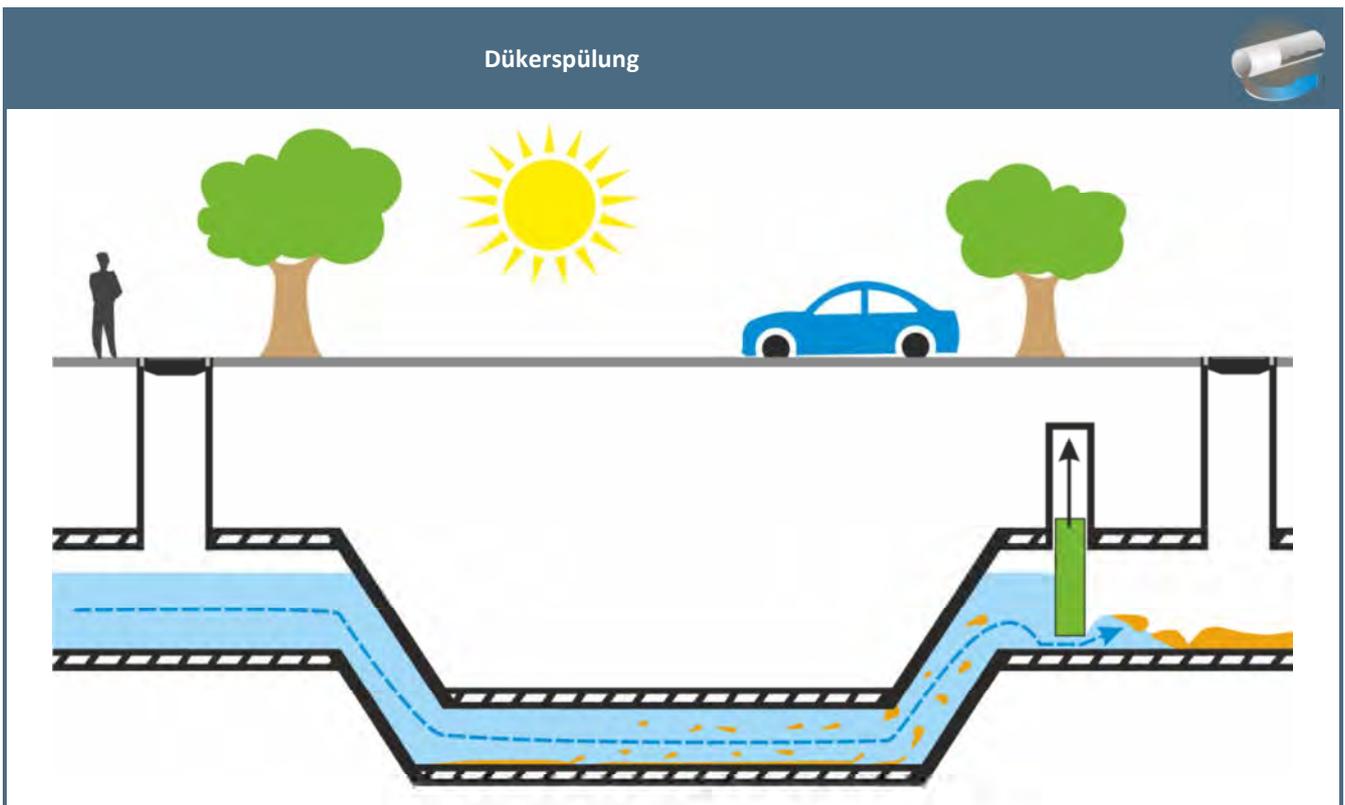


Abbildung 1: Schematische Darstellung Dükerspülung [BWB]

Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Remobilisierung von Ablagerungen durch Sunkwellen. ▪ Automatisierte Spülung zur Reinigung des Dükers. ▪ Sicherstellung des Dükerbetriebes
Lastfall	Unterlast
Cluster	Kanalnetz
Beschreibung	Dükerspülung als Form der Schwallspülung: Regelmäßige Beseitigung von Ablagerungen in längeren Trockenwetterperioden durch den Einsatz von Spülklappen an Schwerpunktdüchern.
Anwendungsebene	Kanalssystem: Schwerpunktdücker
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	Arbeitsblatt DWA-A 112: Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Sonderbauwerken in Abwasserleitungen und –kanälen.
Bearbeitung	Berliner Wasserbetriebe (BWB)

I. Funktion

Einzelspülklappe

Die automatisierte Spülklappe am stromabwärtigen Ende des Dükerunterhauptes staut durch Absperren des Fließquerschnitts vorhandenes internes Abwasser (Trockenwetterabfluss) stromaufwärts an. Das schlagartige Öffnen der Spülklappe führt zu einem Sogeffekt (Sunkwelle), der sich durch den Düker stromaufwärts ausbreitet. Hierbei kommt es zu erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten im Düker und dadurch zu einer erhöhten Sohlschubspannung, die zur Remobilisierung von Dükerablagerungen führt.

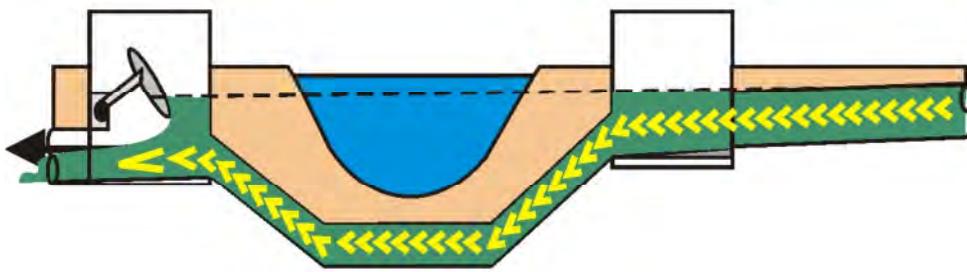


Abbildung 2: Systemskizze Spülklappe am Dükerunterhaupt [Steinhardt]

Effekte

Der Effekt der Maßnahme Dükerspülung lässt sich in den direkten Effekt einer erfolgreichen Spülung des jeweiligen Dükers und die längerfristige positive Auswirkung durch die Reduzierung von Ablagerungen im Kanalsystem unterscheiden.

Direkte Effekte auf den Dükerbetrieb:

- Dükerspülung → automatisierte Reinigung
- Wasserwechsel im Regenwetterast
- weniger Geruch und Korrosion, weniger Fettverblockung
- Sicherstellung des Dükerbetriebs → Prävention Havarie

Längerfristige Effekte durch weniger Ablagerungen:

- weniger Geruch und Korrosion durch Ablagerungen im Bereich Düker
- weniger organischer Abbau auf dem Weg zur Kläranlage
- weniger Reinigungsaufwand
- weniger unkontrollierte Remobilisierung im Überlastfall (Starkregenereignis)
 - geringere Entlastungsfracht bei Starkregenereignissen
 - Reduktion des Frachtstoßes für Pumpsystem und Klärwerk im Überlastfall

Potential

Die Installation von Spülklappen im Kanalnetz kann grundsätzlich für mehrere Anwendungen genutzt werden. Somit weist die Dükerspülung Synergieeffekte und Kombinationspotentiale mit anderen Maßnahmen auf.

- Kombinierbar mit „Interne Schwallspülung“
- Kombinierbar mit „Spül-Kaskade“
- Kombinierbar mit „Stauraumaktivierung durch Abflussdrosselung (Kaskadierung)“

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Die Maßnahme „Dükerspülung“ wurde mit Hilfe des Simulationsprogrammes InfoWorks CS im Modellgebiet Wilmersdorf an Schwerpunkten im Kanalsystem untersucht. Da eine softwaregestützte Simulation von Sedimentations- und Remobilisierungsprozessen mit InfoWorks aktuell nicht umsetzbar ist, erfolgte die Untersuchung der Maßnahme über die Betrachtung hydraulischer Strömungssituationen.

Die Dimensionierung und Auslegung der Maßnahmenbetrachtung erfolgte entsprechend der in der folgenden Tabelle dargestellten Parameter.

Kenndaten zur Bemessung/Betrieb			
Parameter	Einheit	Werte mit Quellenangaben	Auslegung in KURAS
Betriebliche Rauigkeit k_B	[mm]	berechnet aus GIS-Bestandsdaten	1,5
Öffnungsgeschwindigkeit Schütz	[m/s]	Steinhardt	0,1
Schubspannung-Spülung	[N/m ²]		>3
Einstauzeit	[min]	BWB	max. 120

Zusätzlich zur Simulation der Maßnahme mit InfoWorks CS an Schwerpunkten im Modellgebiet wurden experimentelle Untersuchungen in einer Kanalforschungsanlage zum Praxisnachweis des Remobilisierungseffektes durchgeführt.

III. Bewertung der Maßnahme Dükerspülung

Die Bewertung des Effektes der Maßnahme „Dükerspülung“ erfolgte anhand der Simulationsergebnisse zur hydraulischen Strömungssituation an den untersuchten Schwerpunktdüchern im Modellgebiet. Die Spülwirkung wurde dabei als erfolgreich eingestuft, wenn eine Schubspannung von mindestens 3 N/m² im Trockenwetterast des Dükers erreicht werden konnte, ohne eine maximale Einstauzeit von 120 Minuten zu überschreiten.

Die Darstellung der Maßnahmenbewertung erfolgt am Beispiel des Schwerpunktdükers Hohenstaufer Straße. Der Beispieldücker Hohenstaufer Str. führt einen Mischwasserhauptsammler, verfügt über einen Trockenwetterast DN700 und einen Regenwetterast DN1200 und stellt ein Nadelöhr im Mischsystem dar.

Bewertung der Maßnahme		
Parameter	Einheit	Werte
Einstauhöhe	[m]	1,22
Einstauzeit	[min]	23
Schubspannung	[N/m ²]	5,2

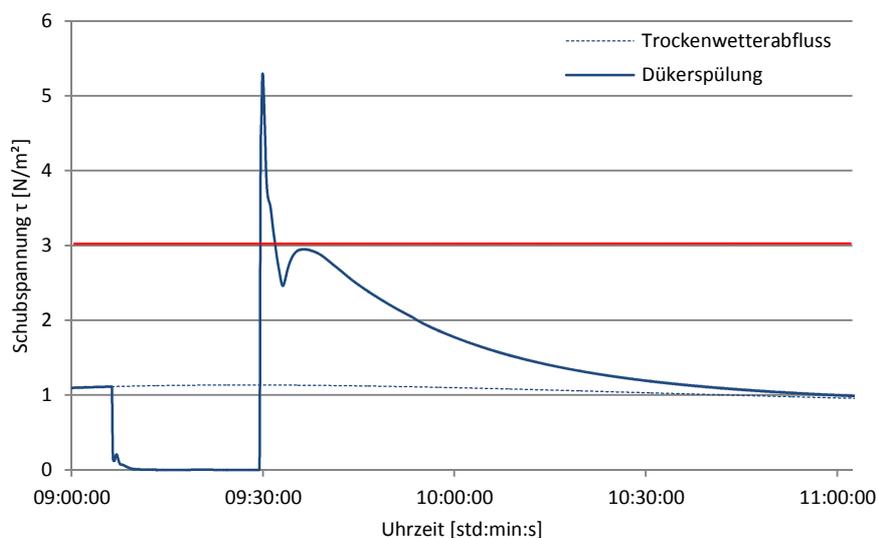


Abbildung 3: Schubspannungsverlauf der Sunkwelle im Schwerpunktdücker Hohenstaufer Str.

Am Standortbeispiel des untersuchten Schwerpunktdükers Hohenstaufen Straße erreicht die Sunkwelle der Dükerspülung das Zielkriterium einer Schubspannungsspitze von 3 N/m² zur Remobilisierung der Dükerablagerungen. Wie in den Voraussetzungen dargestellt, wird die maximal zulässige Einstauzeit mit 23 min bei einer Einstauhöhe von 1,22 m eingehalten.

Darüber hinaus konnte der Effekt der erzeugten Schwallwelle in nachfolgenden Kanalabschnitten untersucht werden. Über eine betrachtete Kanalstrecke von 600 m war eine Erhöhung der Schubspannung auf > 3 N/m² zu beobachten. Anhand weitergehender, experimenteller Untersuchungen zur Sedimentation und Remobilisierung von Feststoffen im Sonderbauwerk Düker in der Kanalforschungsanlage der BWB mit echtem Abwasser konnten sowohl die Sensibilität von Dükern zur Ablagerungsbildung, als auch die Effektivität der Dükerspülung zur Remobilisierung praktisch nachgewiesen werden. Es hat sich gezeigt, dass bereits geringere Schubspannungen als 3 N/m² zur vollständigen Reinigung des Dükers ausreichen können.

Kostenbewertung

Die Kostenangabe bezieht sich auf die in der Effektbewertung dargestellte Einzelmaßnahme, d.h. mit Standortbezug. Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Richtlinie, auf ein Jahr bezogene Kosten. In den Kostenbetrachtungen wurden Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Personalkosten berücksichtigt. Die Kosten sind unter der Annahme einer kompletten Neuinvestition zu verstehen. Es handelt sich um abschätzbare Kostenannahmen.


Synergien

Synergiepotentiale zur Kanalbewirtschaftung mit den Maßnahmen „Interne Schwallspülung“, „Spülkaskade“ und „Stauraumaktivierung durch Abflussdrosselung (Kaskadierung)“.

Wirkungsabschätzung

Die Untersuchung hat allgemein gezeigt, dass die Maßnahme Dükerspülung ein hohes Potential zur automatisierten Reinigung des Unterlastschwerpunktes Düker aufweist. Unsicherheiten durch die annahmebasierte Betrachtung anhand hydraulischer Kennzahlen konnten durch anschließende experimentelle Untersuchungen ausgeräumt werden.

Im Projekt erfolgte die Untersuchung beispielhaft an Einzelstandorten mit unterschiedlichem Ergebnis entsprechend den örtlichen Bedingungen. Eine Hochrechnung auf das gesamte Modellgebiet ist aufgrund der Standortabhängigkeit im Projekt nicht vorgesehen.

IV. Einordnung in die Realität
Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt/ Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
automatisierte Dükerreinigung mittels Sunkwelle		X	X		Automatisierte Reinigung an Unterlastschwerpunkten zur Entlastung des Kanalbetriebes. Sicherstellung Dükerbetrieb.		X
automatisierte Reinigung von Hauptsammlern mittels Schwallwelle		X		X	Automatisierte Reinigung an Unterlastschwerpunkten zur Entlastung des Kanalbetriebes. Großprofilreinigung.		X

Umsetzungsbeispiel

- Steinhardt Wassertechnik GmbH

Übertragbarkeit

Die Maßnahme Dükerspülung ist grundsätzlich übertragbar. Die Umsetzbarkeit der Maßnahme ist jedoch stark standortabhängig. Hydraulisch ungünstige Strömungsbedingungen in Dükern gehen häufig mit einem geringen Abwasseraufkommen einher. Somit kann die Einhaltung kurzer Einstauzeiten zum Anstauen des zur Spülung notwendigen Abwasservolumens nicht immer gewährleistet werden.

V. Literatur

- Steinhardt Wassertechnik GmbH; 2015; HydroGuard® Dükerspülung
- Schaffner, J.; 2011; Möglichkeiten und Grenzen von Schwallspülungen bei Anlagen zur Mischwasserbewirtschaftung

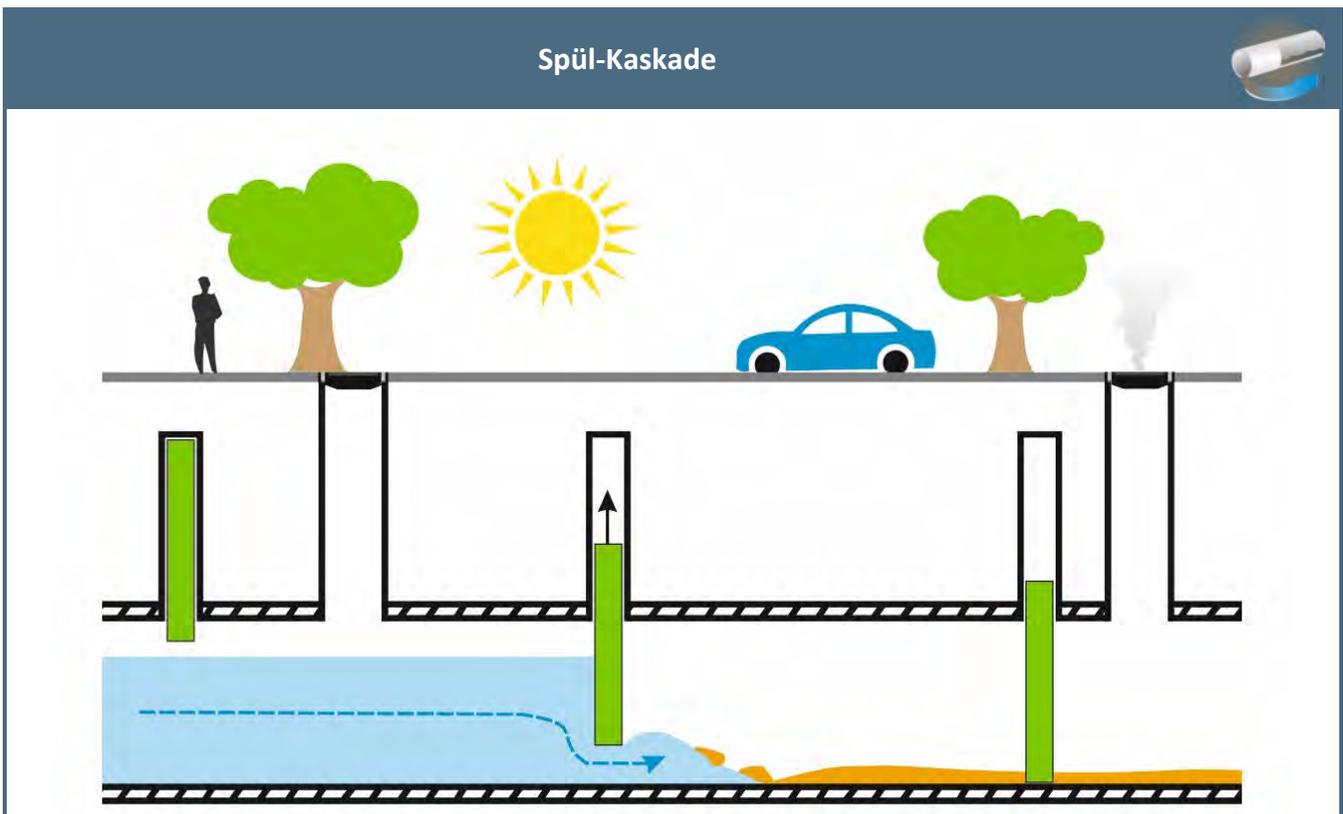


Abbildung 1: Schematische Darstellung Spül-Kaskade [BWB]

Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Remobilisierung von Ablagerungen durch kaskadierte Schwall- und Sunkwellen. ▪ Automatisierte Reinigung großer Hauptsammler und Düker über lange Kanalabschnitte. ▪ Ablagerungsarme Entleerungsstrategie nach Einstau durch Regen.
Lastfall	Unterlast/Überlast
Cluster	Kanalnetz
Beschreibung	Spülkaskade als Form der kaskadierten Schwall- und Dükerspülung. Regelmäßige Beseitigung von Ablagerungen in längeren Trockenwetterperioden durch intelligente Steuerung von hintereinandergeschalteten Spülklappen an Systemschwerpunkten in langen Kanalnetzen.
Anwendungsebene	Kanalnetz: Hauptsammler, Düker
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	Arbeitsblatt DWA-A 112: Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Sonderbauwerken in Abwasserleitungen und -kanälen.
Bearbeitung	Berliner Wasserbetriebe (BWB)

I. Funktion

Einzelspülklappe

Die automatisierte Spülklappe staut durch Absperren des Fließquerschnitts vorhandenes internes Abwasser (Trockenwetterabfluss) stromaufwärts an. Das schlagartige Öffnen der Spülklappe führt zu einer Schwallwelle, die im Sinne einer Stoßströmung den Kanal spült. Parallel dazu lässt das Öffnen der Spülklappe

einen Sogeffekt (Sunkwelle) entstehen, der sich stromaufwärts ausbreitet. Hierbei kommt es zu sehr hohen Strömungsgeschwindigkeiten und dadurch zu einer erhöhten Sohlschubspannung, die zur Remobilisierung von Ablagerungen führt.

Spülkaskade

Die Hintereinanderschaltung von mehreren Spülklappen bezeichnet hierbei die Spülkaskade. Ziel ist dabei die schrittweise Spülung langer Kanalsysteme entlang von Hauptsammlern zum Weitertransport remobilisierter Ablagerungen. Dabei kann die ankommende Welle durch geschickte Steuerung zur Verkürzung der Einstauzeiten an nachfolgenden Spülklappen genutzt werden.

Effekte

Der Effekt der Maßnahme lässt sich in den direkten Effekt einer erfolgreichen Spülung des jeweiligen Kanalabschnittes und die längerfristige positive Auswirkung durch die Reduzierung von Ablagerungen im Kanalsystem unterscheiden.

Direkte Effekte auf Ablagerungsverhalten:

- Schwallspülung → automatisierte Reinigung der Kanäle
- Dükerspülung → automatisierte Reinigung der Kanäle
- Wasserwechsel im Regenwetterast
- weniger Geruch und Korrosion, weniger Fettverblockung

Längerfristige Effekte durch weniger Ablagerungen:

- weniger Geruch und Korrosion durch Ablagerungen
- weniger Organik Abbau auf dem Weg zur Kläranlage
- weniger Reinigungsaufwand
- weniger unkontrollierte Remobilisierung im Überlastfall (Starkregenereignisse)
 - geringere Entlastungsfracht bei Starkregenereignissen
 - Reduktion des Frachtstoßes für Pumpsystem und Klärwerk im Überlastfall

Potential

Die Installation von Spülklappen im Kanalnetz kann grundsätzlich zu mehreren Anwendungen genutzt werden. Die Hintereinanderschaltung mehrerer Spülklappen in eine Spülkaskade verspricht dadurch das Potential der Synergie mehrerer Einzelmaßnahmen. Durch sinnvolle Verortung im Gesamtsystem Kanalnetz können so Einzelanwendungen miteinander verknüpft werden. Zu nennen sind hierbei die „*Interne Schwallspülung*“ an Schwerpunkten und die „*Dükerspülung*“ an Schwerpunktdüchern. Die geschickte Hintereinanderschaltung zielt dabei auf den schrittweisen Abtransport der remobilisierten Ablagerungen durch das Kanalnetz ab.

Weitere Synergiepotentiale liegen in der kombinierten Nutzung im Regenfall mit der Maßnahme „*Stauraumaktivierung durch Abflussdrosselung (Kaskadierung)*“. Darüber hinaus ist die Entwicklung einer optimierten, ablagerungsarmen Entleerungsstrategie des Kanalnetzes nach dem Einstau durch ein Regenereignis denkbar.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Die Maßnahme wurde mit Hilfe des Simulationsprogrammes InfoWorks CS im Modellgebiet Wilmersdorf an den in Abbildung 2 dargestellten Schwerpunkten im Kanalsystem untersucht. Die Auswahl der Schwerpunkte erfolgte in Abstimmung mit dem KURAS-Forschungsschwerpunkt Kanal – Überlast, in dem die Maßnahme vor dem Anwendungshintergrund der *Stauraumaktivierung* im Regenfall ebenfalls untersucht wurde.

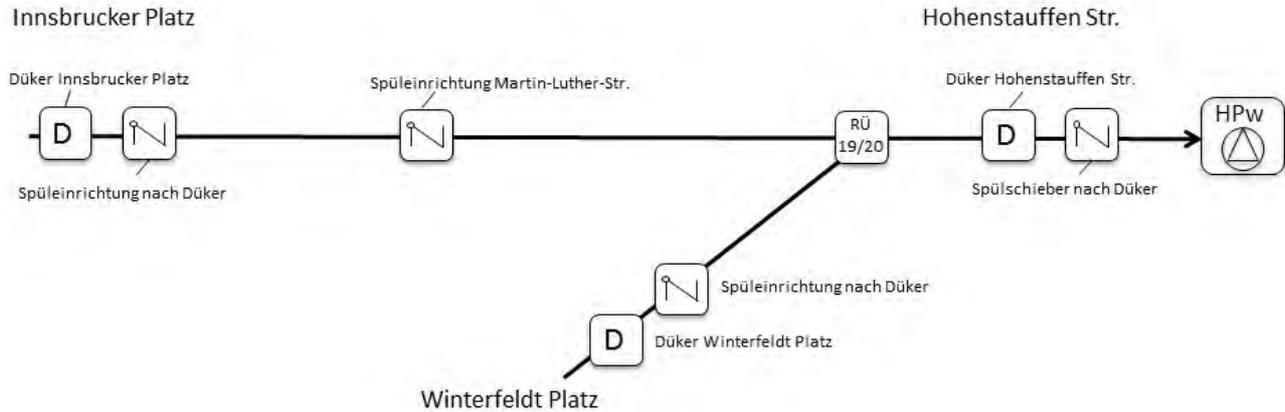


Abbildung 2: Systemskizze - Verortung der Spülklappen als Spülkaskade im Gesamtsystem

Da eine softwaregestützte Simulation von Sedimentations- und Remobilisierungsprozessen aktuell mit InfoWorks nicht umsetzbar ist, erfolgte die Untersuchung der Maßnahme über die Betrachtung hydraulischer Strömungssituationen.

Die Dimensionierung und Auslegung der Maßnahmenbetrachtung erfolgt entsprechend der in der folgenden Tabelle dargestellten Parameter.

Kenndaten zur Bemessung/Betrieb			
Parameter	Einheit	Werte mit Quellenangaben	Auslegung in KURAS
Betriebliche Rauigkeit k_B	[mm]	berechnet aus GIS-Bestandsdaten	1,5
Öffnungsgeschwindigkeit Schütz	[m/s]	Steinhardt	0,1
Schubspannung	[N/m ²]		>3
Einstauzeit	[min]	BWB	max. 120

III. Bewertung der Maßnahme Spül-Kaskade

Die kombinierte Untersuchung der hintereinandergeschalteten Einzelmaßnahmen (Dükerspülung Innsbrucker Platz → Interne Schwallspülung Martin-Luther Str. → Dükerspülung Hohenstauffen Str.) wurde im Projekt als erfolgsversprechend bewertet, jedoch nicht abschließend simuliert.

Entsprechend erfolgt an dieser Stelle eine Potentialabschätzung.

Kostenbewertung	<p>Die Kostenangaben beziehen sich auf die Einzelmaßnahmen, d.h. mit Standortbezug. Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Richtlinie, auf ein Jahr bezogene Kosten. In den Kostenbetrachtungen wurden Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Personalkosten berücksichtigt. Die Kosten sind unter der Annahme einer kompletten Neuinvestition zu verstehen. Es handelt sich um abschätzbare Kostenannahmen.</p> <p> Bereich Jahreskosten ▼ Abschätzung Jahreskosten </p> <p>0 € 0,02 Mio. € 0,1 Mio. € 0,5 Mio. € 1 Mio. € 2 Mio. €</p>
Synergien	<p>Synergiepotentiale zur Kanalbewirtschaftung mit den Maßnahmen „Dükerspülung“, „Interne Schwallspülung“ und „Stauraumaktivierung durch Abflussdrosselung (Kaskadierung)“.</p>

Wirkungsabschätzung	<p>Auf Basis der Untersuchung der implizierten Einzelmaßnahmen <i>Dükerspülung</i> und <i>Interne Schwallspülung</i> ist von der Maßnahme <i>Spülkaskade</i> ein hohes Potential zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Kanalnetzabschnitten die hoher Sedimentationsgefahr ausgesetzt sind, wie großer Mischwasserhauptsammler und Düker zu erwarten.</p> <p>Die untersuchten Einzelmaßnahmen (Steckbrief 7 und 10) haben gezeigt, dass die zur Remobilisierung notwendige Hydraulik an den betrachteten Standorten erreicht werden kann. Die Kaskadierung der Einzelmaßnahmen verspricht darüber hinaus Einstauzeiten an nachfolgenden Schützanlagen zu verkürzen.</p> <p>Des Weiteren besteht das Innovationspotential das Kanalnetz nach vollständigem Einstau im Überlastfall durch die Entwicklung einer kaskadierten Entleerungsstrategie abschnittsweise zu spülen und durch den Niederschlag eingetragene Sedimente direkt zu remobilisieren.</p>
----------------------------	--

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt/ Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
automatisierte Dückerreinigung mittels Sunkwelle		X	X		Automatisierte Reinigung an Unterlastschwerpunkten zur Entlastung des Kanalbetriebes. Sicherstellung Dükerbetrieb.		X
automatisierte Reinigung von Hauptsammlern mittels Schwallwelle		X		X	Automatisierte Reinigung an Unterlastschwerpunkten zur Entlastung des Kanalbetriebes. Großprofilreinigung.		X
kaskadierte Schwallspülung		X	X		Intelligente Steuerung mehrerer Spüleinrichtungen zur automatisierten Reinigung langer Kanalabschnitte.		X
Synergie zur Kanalnetzbewirtschaftung bei Überlast		X	X		Kombinierte Nutzung von Kanalnetzbewirtschaftungselementen für Überlast und Unterlast.		X
kaskadierte Entleerungsstrategie bei Überlast	X		X		Reduzierung von Ablagerungen nach Kanalnetzeinstau bei Überlast durch intelligente Entleerungsstrategie.		X

V. Literatur

- Dettmar, Joachim; 2005; Beitrag zur Verbesserung der Reinigung von Abwasserkanälen
- Kirchheim, N.; 2005; Kanalablagerungen in der Mischkanalisation
- Schaffner, J.; 2011; Möglichkeiten und Grenzen von Schwallspülungen bei Anlagen zur Mischwasserbewirtschaftung

Oberflächenstrukturierte Kanalsohle



Abbildung 1: Versuchsstrecke strukturierte Kanalsohle [IAB]

Ziele	Reduzierung von Ablagerungen/Reinigungsaufwand
Lastfall	Unterlast
Cluster	Kanalnetz
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Betrifft Kanäle mit geringem Gefälle und diskontinuierlichem Abflussvolumen ▪ Verbesserte Fließeigenschaften durch eine oberflächenstrukturierte Kanalsohle (selfcleaning-structure) ▪ Verminderung des Reinigungsaufwandes ▪ Verbesserte Remobilisierbarkeit
Anwendungsebene	Misch-/Trennkanalisation
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	Zanke „Einfluss der Turbulenz auf Beginn Sedimentbewegung“
Bearbeitung	Berliner Wasserbetriebe (BWB)

I. Funktion

Durch eine quasi-kontinuierliche Remobilisierung von Ablagerungen soll es ermöglicht werden, Ablagerungen in Kanälen zu reduzieren. Hierzu wird die Strömung in das Zentrum des Füllbereiches/hydraulischen Durchmessers überführt (gezielte Verlagerung des Schwerpunktes der Fließgeschwindigkeit). Dadurch werden Verwirbelungen erzeugt und laminare Grenzschichten in turbulente gewandelt. Je höher der Durchfluss (Tagessspitze), desto zentraler liegt der Schwerpunkt der Fließgeschwindigkeit.

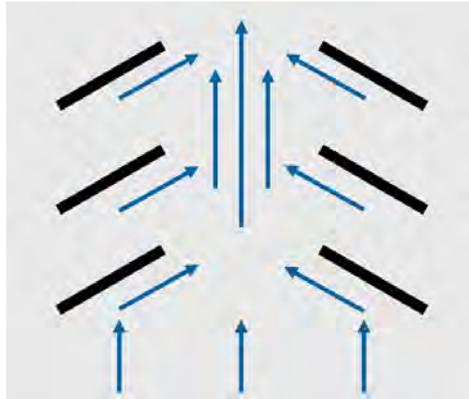


Abbildung 2: Prinzip-Skizze der oberflächenstrukturierten Kanalsohle [frei nach IAB-Weimar]

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Mit Kenntnis über die Entwicklung durch das Institut für angewandte Bauforschung (IAB) Weimar für sog. Entwässerungsrinnen erfolgte neben einer umfassenden Literaturrecherche eine dreistufige Vorgehensweise:

1. Konzeption einer Versuchsdurchführung an der Kanalforschungsanlage (KanForAn) (in situ)
2. Untersuchungen in der Kanalforschungsanlage (KanForAn)
3. Untersuchungen in einem ausgewählten Kanalabschnitt (in situ)

Zu 1.) erfolgte zusätzlich die Erarbeitung der Kennzahl Reynolds-Zahl als weiteres Bewertungskriterium, da sich bei den Ausgangsdaten der IAB-Weimar keine direkten Zusammenhänge zwischen Fließgeschwindigkeit und Wandschubspannung darstellten. Im Anschluss erfolgt die Untersuchung in der KanForAn zu strömungstechnischem Verhalten der Oberflächenstruktur in Bezug auf die Remobilisierbarkeit.

Die Arbeiten waren bei Projektende noch nicht abgeschlossen. Nach Projektende sind Untersuchungen in situ sowie CFD (computational fluid dynamics) + DEM (Defined elements method) – Simulationen geplant.

Kenndaten zur Bemessung/Betrieb			
Parameter	Einheit	Werte mit Quellenangaben	Auslegung in KURAS
Remobilisierbarkeit		qualitativ	
Abräumzeit	min	1-30 (Berger/Labahn Bionische Forschungsansätze im Leitungsbau)	Erreichen von $Re > 70.000$ über Dauer der Tagesspitze
Ablagerungshöhe	cm	0,2 – 15,0 (Berger/Labahn)	

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Modellierbarkeit

Die Modellierung erfolgte softwaregestützt mittels Infoworks CS zur Ausweisung der Strömungsbedingungen in der Tagesspitze. Eine numerische Simulation, bspw. mit CFD ist ebenfalls denkbar jedoch nicht im Schwerpunkt Abwassersysteme vorgesehen. Hierbei ist nach aktuellem Stand des Wissens eine Kopplung mit DEM zur Darstellung der Feststoffphase zu empfehlen.

Darstellung im Gesamtmodell

Eine Darstellung im Gesamtmodell wurde nicht vorgesehen, da die Maßnahme Einzelstandorte orientiert.

Unterhaltung/Betrieb

Bisher sind keine Informationen zum Unterhalt/Betrieb bekannt. Erforderlich sind u.a. Aussagen zu Materialbeständigkeit, zu Haltbarkeit der Klebeverbindungen, zur Machbarkeit, in Kanalabschnitten mit einer strukturierten Kanalsohle Absperrblasen setzen zu können sowie Aussagen zum Verhalten bei Einsatz von Kanalreinigungsgeräten.

III. Bewertung der Maßnahme Oberflächenstrukturierte Kanalsohle

Die Bewertung erfolgte anhand zu ermittelnder Ablagerungshöhen bei unterschiedlichen Strömungsbedingungen (Lastzuständen) in der Kanalforschungsanlage der BWB. Die Überströmung erfolgte mit realem Abwasser. Für eine Potentialabschätzung auf das Modellgebiet erfolgte die Bewertung vorerst über das Erreichen der kritischen Reynolds-Zahl über die Tagesspitze und gibt bei Erfüllung einen ersten Hinweis zu möglichen Einsatzstandorten unterhalb der Unterlastschwerpunkte.



Abbildung 3: Eingebaute Oberflächenstruktur in die Kanalforschungsanlage der BWB [BWB]

Bewertung der Maßnahme	
Als Bewertungsindikator wird die Ablagerungshöhe auf der oberflächenstrukturierten Kanalsohle gewählt. Zusätzlich wird die sog. Abräumzeit einbezogen, um den Effekt der Remobilisierung bewerten zu können.	
Kostenbewertung	Die Kostenangabe bezieht sich auf die in der Effektbewertung dargestellte Einzelmaßnahme, d.h. mit Standortbezug. Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Richtlinie, auf ein Jahr bezogene Kosten. In den Kostenbetrachtungen wurden Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Personalkosten berücksichtigt. Die Kosten sind unter der Annahme einer kompletten Neuinvestition zu verstehen. Es handelt sich um abschätzbare Kostenannahmen. <ul style="list-style-type: none"> ▪ ca. 130 €/lfd. m (für Rohrsegmente zur Neuverlegung)* ▪ ca. 500 €/ lfd. m (für nachträglichen Einbau im Bestand > DN 800)* *Kostenermittlung annahmebasiert Als zu betrachtenden Standort wird eine Kanalstrecke von 100 m Länge angesetzt. <div style="margin-top: 10px;"> Bereich Jahreskosten ▼ Abschätzung Jahreskosten </div> <div style="margin-top: 10px;"> </div>
Synergien	keine
Wirkungsabschätzung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ bisherige Voraussetzung: Einhaltung Kriterium $Re > 70.000$ ▪ Bewertung ist aktuell noch nicht abgeschlossen

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch
 mittel
 niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt/ Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Einflussnahme auf Ablagerungsverhalten	X		X		gezielte Einflussnahme an potenziellen Ablagerungsschwerpunkten	X	
Zusätzlicher Vergleichsparameter	X		X		kritische Reynolds-Zahl zur Integration der Turbulenzeffekte bei unterschiedlichen Kanalformen		X

Umsetzungsbeispiele

- Industriepark Marl als Inliner (Fa. Trolining)
- Stauraumkanal im Abwasserzweckverband EWP Potsdam (Fa. HOBAS) - als Pilot in 2016 (Bewertung ist noch nicht abgeschlossen)

Übertragbarkeit

- Übertragbarkeit ist bei Erfolg denkbar
- scale up / scale down auf Ablagerungsschwerpunkte ist zu berücksichtigen

V. Literatur

- Berger W., Labahn J.: Bionische Forschungsansätze im Leitungsbau; 2009
- Kirste/Labahn/Müller: Selbstreinigende Kanäle - Konsequente Umsetzung einer Innovation; Fachmagazin für Brunnen- und Leitungssysteme; 10/2008

STECKBRIEF NR. 10 | CLUSTER KANALNETZ | MAßNAHME INTERNE SCHWALLSPÜLUNG

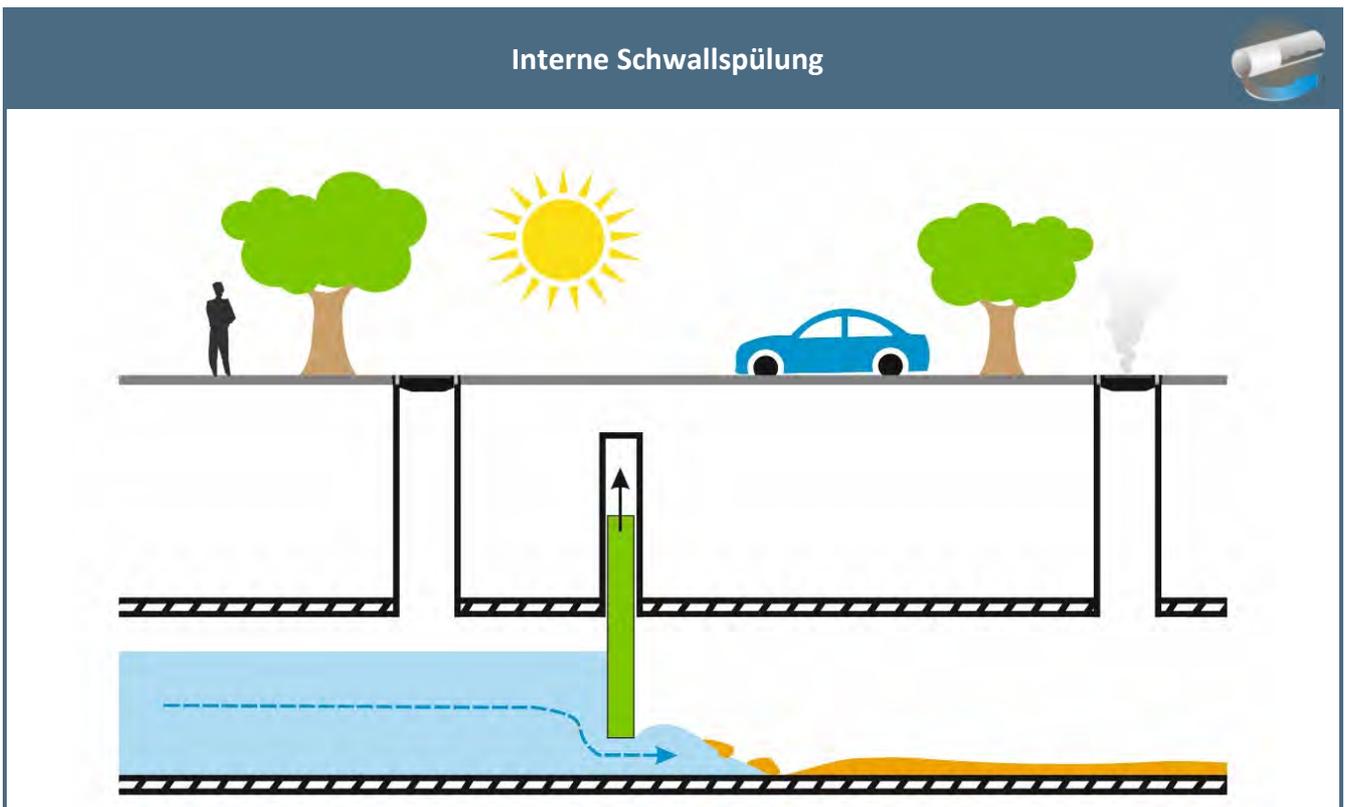


Abbildung 1: Schematische Darstellung Schwallspülung [BWB]

Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Remobilisierung von Ablagerungen durch Schwallwellen. ▪ Automatisierte Reinigung großer Kanalprofile.
Lastfall	Unterlast
Cluster	Kanalnetz
Beschreibung	Einstau von Abwasser mittels Spülklappen an Systemschwerpunkten und Erzeugung von Schwall- und Sunkwellen zur regelmäßigen Beseitigung von Ablagerungen in längeren Trockenwetterperioden.
Anwendungsebene	Kanalnetz: Hauptsammler
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	Arbeitsblatt DWA-A 112: Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Sonderbauwerken in Abwasserleitungen und –kanälen.
Bearbeitung	Berliner Wasserbetriebe (BWB)

I. Funktion

Einzelspülklappe

Die automatisierte Spülklappe staut durch Absperren des Fließquerschnitts vorhandenes Abwasser (Trockenwetterabfluss) stromaufwärts an. Das schlagartige Öffnen der Spülklappe führt zu einer Schwallwelle, die im Sinne einer Stoßströmung den Kanal spült. Parallel dazu lässt das Öffnen der Spülklappe einen Sogeffekt (Sunkwelle) entstehen. Hierbei kommt es zu erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten und dadurch zu einer erhöhten Sohlschubspannung, die zur Remobilisierung von Ablagerungen führt.

Effekte

Der Effekt der Maßnahme lässt sich in den direkten Effekt einer erfolgreichen Spülung des jeweiligen Kanalabschnittes und die längerfristige positive Auswirkung durch die Reduzierung von Ablagerungen im Kanalsystem unterscheiden.

Direkte Effekte auf Ablagerungsverhalten:

- Schwallspülung → automatisierte Reinigung
- weniger Geruch und Korrosion, weniger Fettverblockung

Längerfristige Effekte durch weniger Ablagerungen:

- weniger Geruch und Korrosion durch Ablagerungen
- weniger Organik Abbau auf dem Weg zur Kläranlage
- weniger Reinigungsaufwand
- weniger unkontrollierte Remobilisierung im Überlastfall (Starkregenereignisse)
 - geringere Entlastungsfracht bei Starkregenereignissen
 - Reduktion des Frachtstoßes für Pumpsystem und Klärwerk im Überlastfall

Potential

Die Installation von Spülklappen im Kanalnetz kann grundsätzlich für mehrere Anwendungen genutzt werden. Somit weist die Maßnahme Interne Schwallspülung Synergieeffekte und Kombinationspotential mit anderen Maßnahmen auf.

- Kombinierbar mit der Maßnahme „Dükerspülung“
- Kombinierbar mit der Maßnahme „Spül-Kaskade“
- Kombinierbar mit der Maßnahme „Stauraumaktivierung durch Abflussdrosselung (Kaskadierung)“

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Die Maßnahme wurde mit Hilfe des Simulationsprogrammes InfoWorks CS im Modellgebiet Wilmersdorf an Schwerpunkten im Kanalsystem untersucht. Da eine softwaregestützte Simulation von Sedimentations- und Remobilisierungsprozessen mit InfoWorks aktuell nicht umsetzbar ist, erfolgte die Untersuchung der Maßnahme über die Betrachtung hydraulischer Strömungssituationen.

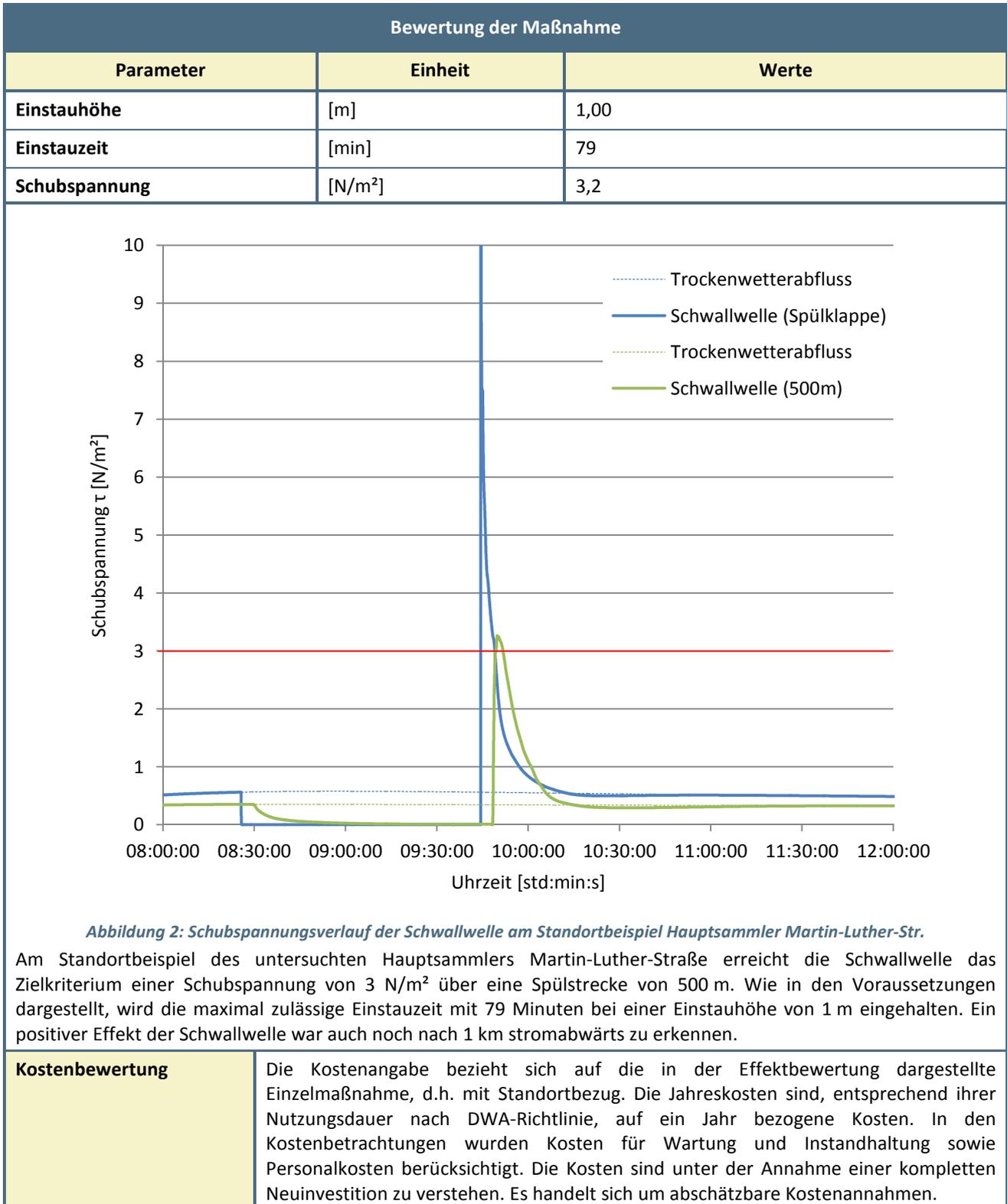
Die Dimensionierung und Auslegung der Maßnahmenbetrachtung erfolgte entsprechend der in der folgenden Tabelle dargestellten Parameter.

Kenndaten zur Bemessung/Betrieb			
Parameter	Einheit	Werte mit Quellenangaben	Auslegung in KURAS
Betriebliche Rauigkeit k_B	mm	berechnet aus GIS-Bestandsdaten	1,5
Öffnungsgeschwindigkeit Schütz	m/s	Steinhardt	0,1
Schubspannung-Spülung	N/m ²		>3
Einstauzeit	min	BWB	max. 120

III. Bewertung der Maßnahme Interne Schwallspülung

Die Bewertung des Effektes der internen Schwallspülung erfolgte anhand der Simulationsergebnisse zur hydraulischen Strömungssituation im untersuchten Kanalabschnitt im Modellgebiet. Die Spülwirkung wurde dabei als erfolgreich eingestuft, wenn eine Schubspannung von mindestens 3 N/m² über eine Spülstrecke von 500 m erreicht werden konnte, ohne eine maximale Einstauzeit von 120 Minuten zu überschreiten.

Die Darstellung der Maßnahmenbewertung erfolgt am Beispiel des Hauptsammlers Martin-Luther-Straße. Beim untersuchten Schwerpunkt Martin-Luther-Straße handelt es sich um einen großen Hauptsammler mit Maulprofil (Nennweite 3200) und sehr geringem Gefälle (0-1°/°). Trotz größerer Volumenströme treten in diesem Kanal aufgrund der ungünstigen Kanalgeometrie viele Ablagerungen auf, wodurch er als Unterlastschwerpunkt zu bezeichnen ist.



	<p> ■ Bereich Jahreskosten ▼ Abschätzung Jahreskosten </p> <p> 0 € 0,02 Mio. € 0,1 Mio. € 0,5 Mio. € 1 Mio. € 2 Mio. € </p>
Synergien	Synergiepotentiale zur Kanalbewirtschaftung mit den Maßnahmen „Dükerspülung“, „Spülkaskade“ und „Stauraumaktivierung durch Abflussdrosselung (Kaskadierung)“.
Wirkungsabschätzung	Die Untersuchung hat allgemein gezeigt, dass die Maßnahme Interne Schwallspülung ein hohes Potential zur automatisierten Reinigung ablagerungsanfälliger Hauptsammler aufweist. Im Projekt erfolgte die Untersuchung beispielhaft an Einzelstandorten mit unterschiedlichem Ergebnis entsprechend den örtlichen Bedingungen. Eine Hochrechnung auf das gesamte Modellgebiet ist aufgrund der Standortabhängigkeit im Projekt nicht vorgesehen.

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
automatisierte Reinigung von Hauptsammlern mittels Schwallwelle		X		X	Automatisierte Reinigung an Unterlastschwerpunkten zur Entlastung des Kanalbetriebes. Großprofilreinigung.		X

Umsetzungsbeispiele

- Steinhardt Wassertechnik GmbH
- Uhrig Straßen- und Tiefbau GmbH
- UNGER Ingenieurgesellschaft mbH

Übertragbarkeit

Die Maßnahme *Interne Schwallspülung* ist grundsätzlich übertragbar. Die Umsetzbarkeit der Maßnahme ist jedoch stark standortabhängig. Die Einhaltung kurzer Einstauzeiten zum Anstauen des zur Spülung notwendigen Abwasservolumens ist je nach lokaler Ausprägung der Unterlast und dem einleitenden Einzugsgebiet im Einzelfall zu analysieren.

V. Literatur

- Dettmar, J.; 2005; Beitrag zur Verbesserung der Reinigung von Abwasserkanälen
- Lorenzen, A.; 1998; Reinigung von Abwasserkanälen durch Schwallwellen
- Kirchheim, N.; 2005; Kanalablagerungen in der Mischkanalisation
- Schaffner, J.; 2011; Möglichkeiten und Grenzen von Schwallspülungen bei Anlagen zur Mischwasserbewirtschaftung

Trockenwetterrinnensystem

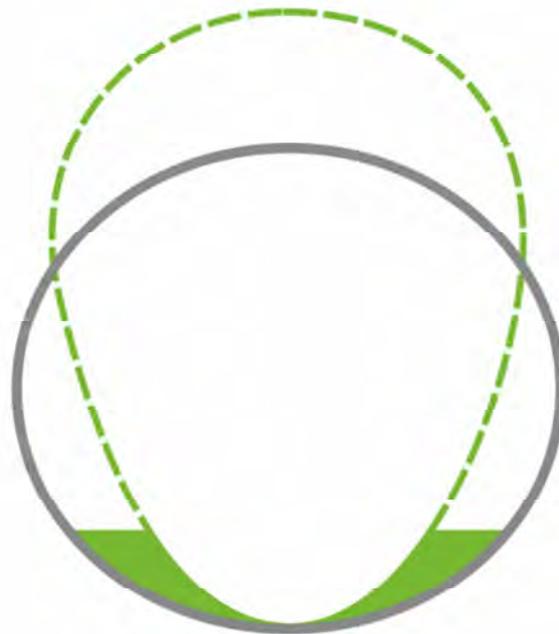


Abbildung 1: Schematische Darstellung Trockenwetterrinne [BWB]

Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ablagerungsfreier Kanalbetrieb an Schwerpunkten. ▪ Reduzierung des Reinigungsaufwandes durch Vermeidung von Ablagerungen.
Lastfall	Unterlast
Cluster	Kanalnetz
Beschreibung	Trockenwetterrinne als Einengung des Kanalquerschnittes im Sohlbereich zur Erhöhung der Fließgeschwindigkeit bei Trockenwetterabfluss mit dem Ziel ablagerungsfreien Betrieb zu gewährleisten.
Anwendungsebene	Ablagerungsschwerpunkte, Kanalnetz
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	Arbeitsblatt DWA-A 110: Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserleitungen und -kanälen.
Bearbeitung	Berliner Wasserbetriebe (BWB)

I. Funktion

Die Einengung des Querschnittsprofils einer Haltung in der Kanalsohle reduziert die durchflossene Querschnittsfläche und erhöht somit bei gleichbleibendem Abwasservolumenstrom die Fließgeschwindigkeit. Die Erhöhung der Fließgeschwindigkeit korreliert mit einer Erhöhung der Schubspannung, welche wiederum zur Erfüllung hydraulischer Bedingungen für den ablagerungsfreien Betrieb gemäß DWA A110 an bisherigen Ablagerungsschwerpunkten bei Trockenwetter führen soll.

Da die Reduzierung des Nenndurchmessers ausschließlich in Sohlhöhe erfolgt, kann die Hydraulik und der Sedimenttransport bei Trockenwetter verbessert und gleichzeitig im Regenfall bei höheren Teilfüllungszuständen der betreffenden Kanäle noch ausreichend Stauvolumen zur Ableitung größerer Niederschlagsmengen zur Verfügung gestellt werden.

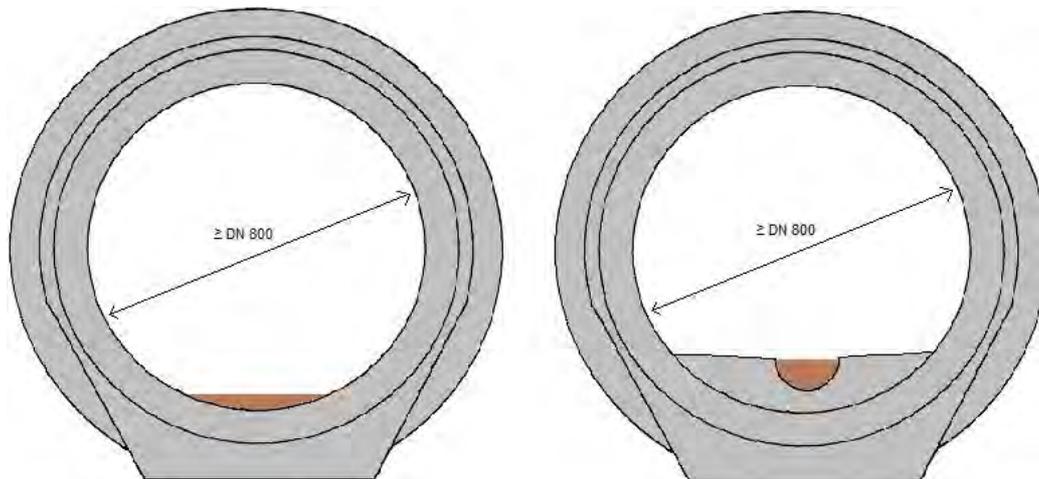


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Fließquerschnittes mit und ohne Trockenwetterrinne

Effekte

Der Effekt der Maßnahme lässt sich in den direkten Effekt einer ablagerungsfreien Kanalstrecke und die längerfristige positive Auswirkung durch die allgemeine Reduzierung von Ablagerungen im Kanalsystem unterscheiden.

Direkte Effekte:

- Einhaltung hydraulischer Bedingungen für ablagerungsfreien Kanalbetrieb durch die Erhöhung der Fließgeschwindigkeit / Schubspannung
- Reduzierung des Reinigungsaufwandes
- Verkürzung der Aufenthaltszeit des Abwassers im Kanalsystem
 - weniger Organikabbau auf dem Weg zur Kläranlage
 - weniger Geruch und Korrosion durch anaerobe Milieubedingungen

Längerfristige Effekte durch weniger Ablagerungen:

- weniger Geruch und Korrosion durch Ablagerungen
- weniger Organikabbau auf dem Weg zur Kläranlage
- weniger unkontrollierte Remobilisierung im Überlastfall (Starkregenereignisse)
 - geringere Entlastungsfracht bei Starkregenereignissen
 - Reduktion des Frachtstoßes für Pumpsystem und Klärwerk

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

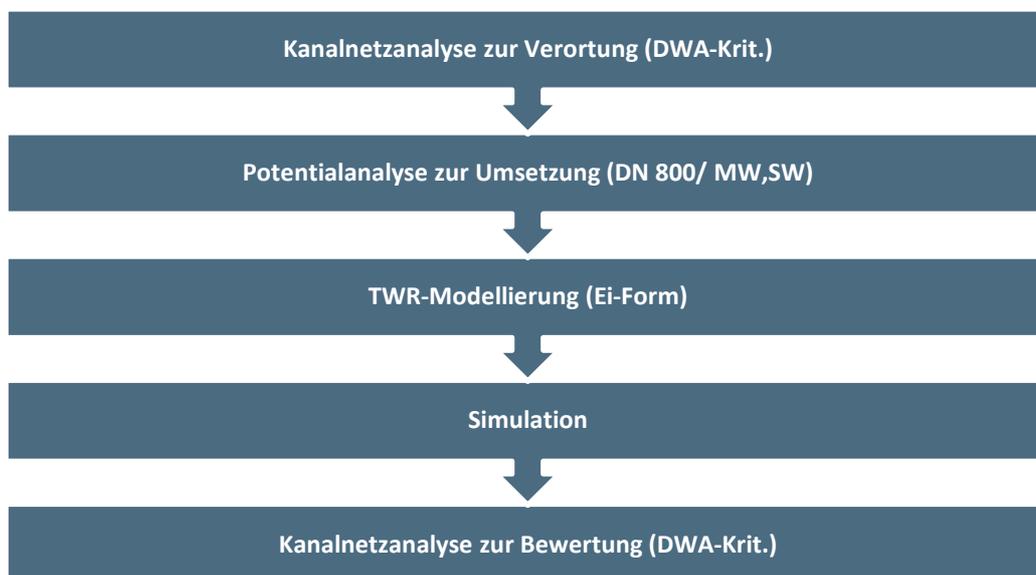
Die Maßnahme wurde mit Hilfe des Simulationsprogrammes InfoWorks CS im Kanalnetz des Modellgebiet Wilmersdorf untersucht. Die Auswahl der Einsatzorte erfolgte anhand einer Auswertung zur Ablagerungsanfälligkeit der Haltungen im Kanalsystem auf Basis der DWA-Kriterien (A110) zu ablagerungsfreiem Kanalbetrieb ($\tau \geq \tau_{\min} \geq 1 \text{ N/m}^2$ für mind. 8 Stunden pro Tag) und dem Kriterium der praktischen Umsetzbarkeit der Baumaßnahme anhand einer Mindestnennweite von DN 800.

Da eine softwaregestützte Simulation von Sedimentations- und Remobilisierungsprozessen mit InfoWorks aktuell nicht umsetzbar ist, erfolgte die Untersuchung der Maßnahme über die Betrachtung hydraulischer Strömungssituationen.

Die Dimensionierung und Auslegung der Maßnahmenbetrachtung erfolgt entsprechend der in der folgenden Tabelle dargestellten Parameter.

Kenndaten zur Bemessung/Betrieb			
Parameter	Einheit	Werte mit Quellenangaben	Auslegung in KURAS
Schubspannung	N/m ²	DWA A110	$\tau \geq \tau_{\min} \geq 1 \text{ N/m}^2$
Dauer notwendiger Hydraulik	h	DWA A110	≥ 8
Durchmesser DN	mm	BWB	$\geq \text{DN}800$

Schema zur Untersuchungsmethodik



III. Bewertung der Maßnahme Trockenwetterrinne

Nach der umfangreichen Kanalnetzanalyse zu ablagerungskritischen Bereichen nach den DWA-Kriterien, einer Potentialanalyse zur Umsetzung und der entsprechenden Dimensionierung und Modellierung der Trockenwetterrinnen gemäß Ei-Form konnte der Maßnahmeneffekt an 36 Haltungen im Modellgebiet dargestellt werden. Die Maßnahme wurde positiv bewertet, wenn die zur Einhaltung der DWA-Kriterien für ablagerungsfreien Kanalbetrieb notwendige Mindestschubspannung in der entsprechenden Haltung für 8 oder mehr Stunden am Tag erreicht wurde.

Bewertung der Maßnahme
Im Folgenden ist der Effekt der Trockenwetterrinne auf die Schubspannung anhand einer einzelnen Beispielhaltung dargestellt. Wie in Abb. 3 ersichtlich, wird die für ablagerungsfreien Betrieb erforderliche Mindestschubspannung durch die Einengung des durchflossenen Querschnittes über den ganzen Tag eingehalten.

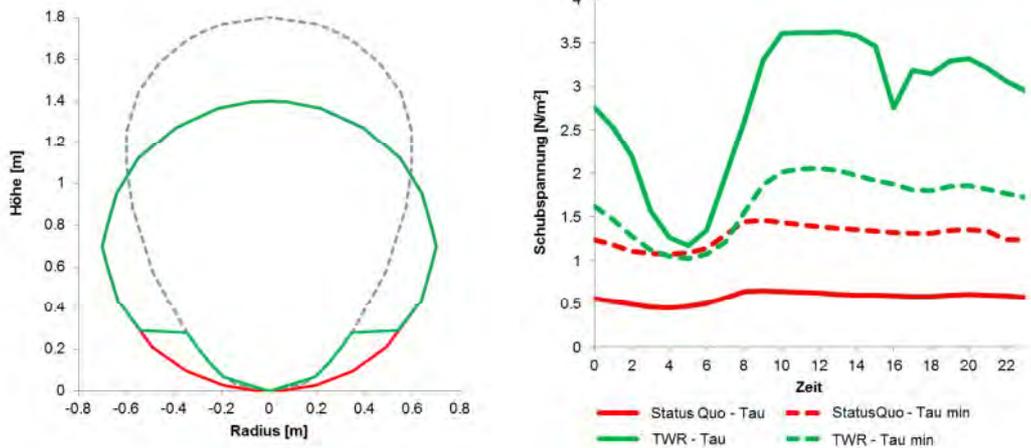


Abbildung 3: Beispiel eines modellierten TWR-Profil und des hydraulischen Effektes.

Bei der Betrachtung des Maßnahmeneffektes in Bezug auf das gesamte Modellgebiet wird deutlich, dass alle 36 Haltungen mit Trockenwetterrinne (1,1 km) korrekt dimensioniert wurden und entsprechend nach den DWA-Kriterien erfolgreich als ablagerungsfreie Kanalstrecken bewertet werden können. Darüber hinaus werden positive Effekte auf das umgebende Kanalnetz in Folge von sogenannten „Wasserumverteilungen“ erzielt, wodurch zusätzlich 49 weitere Haltungen (2,4 km) ablagerungsfreien Betrieb gewährleisten. Gleichzeitig verschlechtert sich die Hydraulik jedoch auch in 7 Haltungen (0,3 km) aufgrund von Rückstausituationen in den Kanälen vor den eingebauten Trockenwetterrinnen, wodurch die Kriterien hier teilweise nicht mehr eingehalten werden.

Im Vergleich zum Status Quo ist somit aufgrund des nach DWA-Kriterien hydraulisch betrachtet schlechten Netzzustandes eine Zunahme von 30% an ablagerungsfreier Kanalstrecke von 10,3 km auf 13,5 km durch die Maßnahme zu erzielen. Durch die Größe des untersuchten Modellgebietes und die Anwendungseinschränkung der Maßnahme auf Hauptsammler ab einer Nennweite von DN 800 stellt diese Zunahme jedoch lediglich eine Ausweitung der ablagerungsfreien Kanalstrecke um 0,9% des gesamten Kanalnetzes dar.

Im Unterlastszenario 2050 stellen 20 Haltungen mit Trockenwetterrinne (0,8km) in der betrachteten Auslegung eine Lösung zur Herstellung der notwendigen hydraulischen Zustände für ablagerungsfreien Betrieb dar. Die Ursache liegt hierbei in der Dimensionierung der Trockenwetterrinnenprofile für einen Trockenwetterabfluss von 131l pro Einwohner und Tag (Status Quo). Um für zukünftig weiter sinkende Trockenwetterabflüsse (UL Szenario 2050 - 83 l/E*Tag) durch Trockenwetterrinnensysteme die Erzeugung ablagerungsfreier Betriebszustände sicherzustellen, sollten mit den im Projekt entwickelten Methoden zur Potentialermittlung und Dimensionierung Trockenwetterrinnen für diesen konkreten Lastfall modelliert werden.

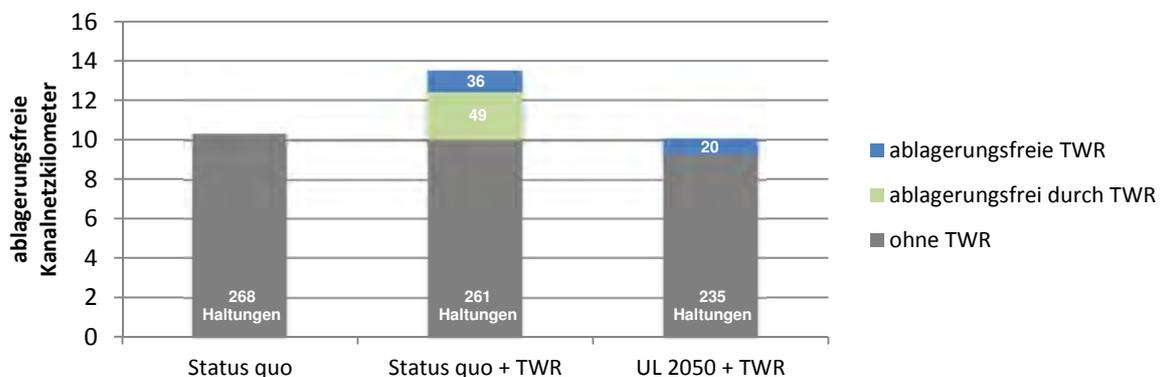


Abbildung 4: Auswirkung der Maßnahme auf den Wirkungsindikator ablagerungsfreie Kanalstrecke im Gesamtnetz.

Zur Darstellung des Effektes auf die Hydraulik des gesamten Kanalnetzes gibt Abbildung 5 einen Überblick zur Verteilung der gesamten Misch- und Schmutzkanäle, sortiert nach der Dauer der Einhaltung der Kriterien für ablagerungsfreien Kanalbetrieb pro Tag.

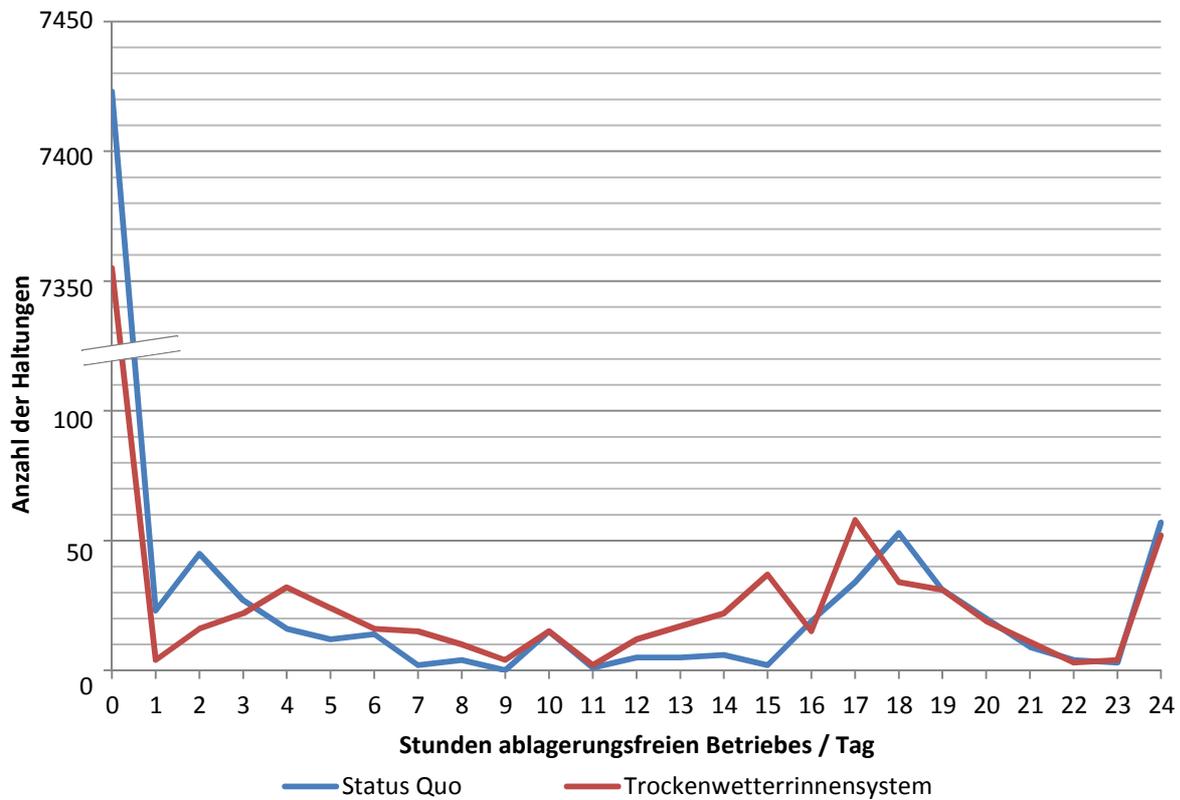


Abbildung 5: Auswirkung der Maßnahme auf den Wirkungsindikator Ablagerungsfreie Betriebsstunden pro Tag im Gesamtnetz

Der Vergleich der Hydraulik im Gesamtnetz zeigt, dass es durch die implementierten Trockenwetterrinnen insgesamt zu einer deutlichen Zunahme der Einhaltung der Kriterien für ablagerungsfreien Kanalbetrieb kommen kann. Es findet eine Verschiebung in Richtung längerer Zeiträume mit günstiger Hydraulik statt. Aufsummiert führt das Trockenwetterrinnensystem zu einer Erhöhung ablagerungsfreier Betriebsstunden von 5.387 Std. auf 6.511 Stunden pro Tag. Neben dem Rückgang an Haltungen, die nie die notwendige Hydraulik aufweisen, ist eine deutliche Zunahme an Haltungen zu beobachten, die mehrere Stunden am Tag durch ablagerungsfreien Betrieb geprägt sind.

Der Einfluss der Maßnahme auf Überlastsituationen durch reduzierte Kanalvolumina in Folge des Einbaus der Trockenwetterrinne ist der nachstehenden Abb. 6 zu entnehmen. Die Auswirkung auf Mischwasserentlastungen sind vernachlässigbar gering. Bezüglich der Überstausituation können sogar positive Effekte aufgrund von „Wasserumverteilungen“ in weniger sensible Kanalnetzbereiche erzielt werden.

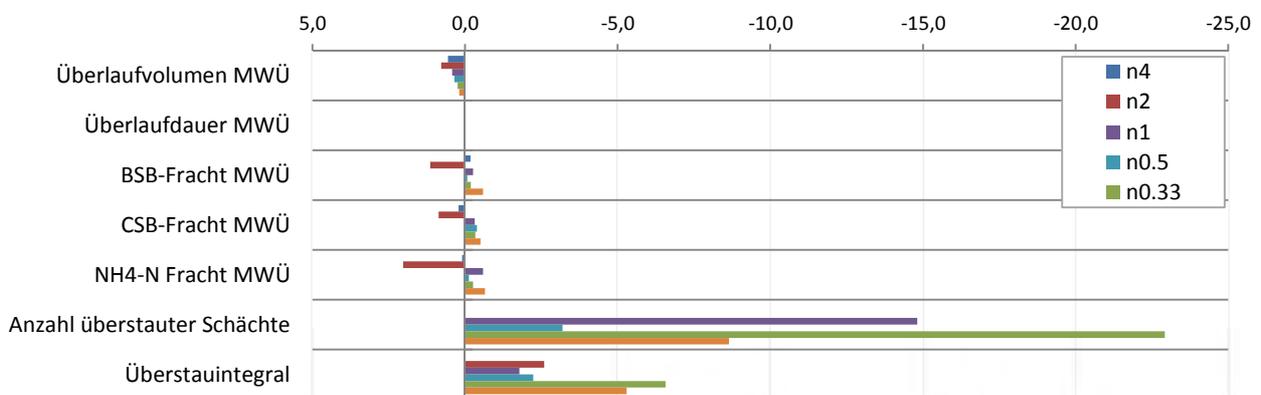


Abbildung 6: Auswirkung der Maßnahme auf verschiedene Wirkungsindikatoren bei Regenereignissen unterschiedlicher Jährlichkeit im Vergleich zum Status Quo

Kostenbewertung	<p>Die Kostenangabe bezieht sich auf die untersuchten 36 Haltungen (1,2 km) in denen eine Trockenwetterrinne implementiert wurde. Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Richtlinie, auf ein Jahr bezogene Kosten. In den Kostenbetrachtungen wurden Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Personalkosten berücksichtigt. Die Kosten sind unter der Annahme einer kompletten Neuinvestition zu verstehen. Es handelt sich um abschätzbare Kostenannahmen.</p> <p> Bereich Jahreskosten Abschätzung Jahreskosten </p>
Synergien	keine
Wirkungsabschätzung	<p>Die Untersuchung der Maßnahme im Modellgebiet hat gezeigt, dass neben dem generellen Potential zur Verbesserung der Hydraulik einzelner Kanäle weitreichende Auswirkungen auf das restliche Kanalnetz durch sogenannte „Wasserumverteilungen“ stattfinden. Entsprechend finden Verschiebungen in den haltungsspezifischen Tagesganglinien durch komplexe Kanalnetzeffekte statt, die zu ablagerungsfreiem Betrieb in anderen Kanalnetzabschnitten führen. So kann die Maßnahme als System zur Verbesserung der Hydraulik von Kanalnetzen verstanden werden.</p> <p>Mögliche negative Auswirkungen der Maßnahme im Regenfall bezüglich Überlauf und Überstau durch die Einschränkung des zur Verfügung stehenden Stauraums aufgrund des Einbaus von Trockenwetterrinnen stellten sich als vernachlässigbar heraus. Ganz im Gegenteil konnten sogar positive Effekte simuliert werden, was die Komplexität der erzielten Kanalnetzeffekte bestätigt.</p>

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt/ Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Trockenwetterrinnensystem		X		X	Hydraulische Auswirkung von Trockenwetterrinnen als System auf das restliche Kanalnetz durch „Wasserumverteilungseffekte“.		X
Kanalnetzanalyse-Methode	X		X		Georeferenzierte Methode zur Bewertung der Ablagerungsanfälligkeit von Kanalnetzen.	X	

Übertragbarkeit

Die Vorgehensweise zur Verortung und Modellierung ist auf andere Standorte übertragbar, sofern GIS-Daten und hydraulische Simulationsdaten zur Verfügung stehen.

V. Literatur

- Arbeitsblatt DWA-A 110, Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserleitungen und -kanälen

STECKBRIEF NR. 12 | CLUSTER KANALNETZ | MAßNAHME KANALSPÜLUNG DURCH ABWASSERDRUCKLEITUNG

Kanalspülung durch Abwasserdruckleitung

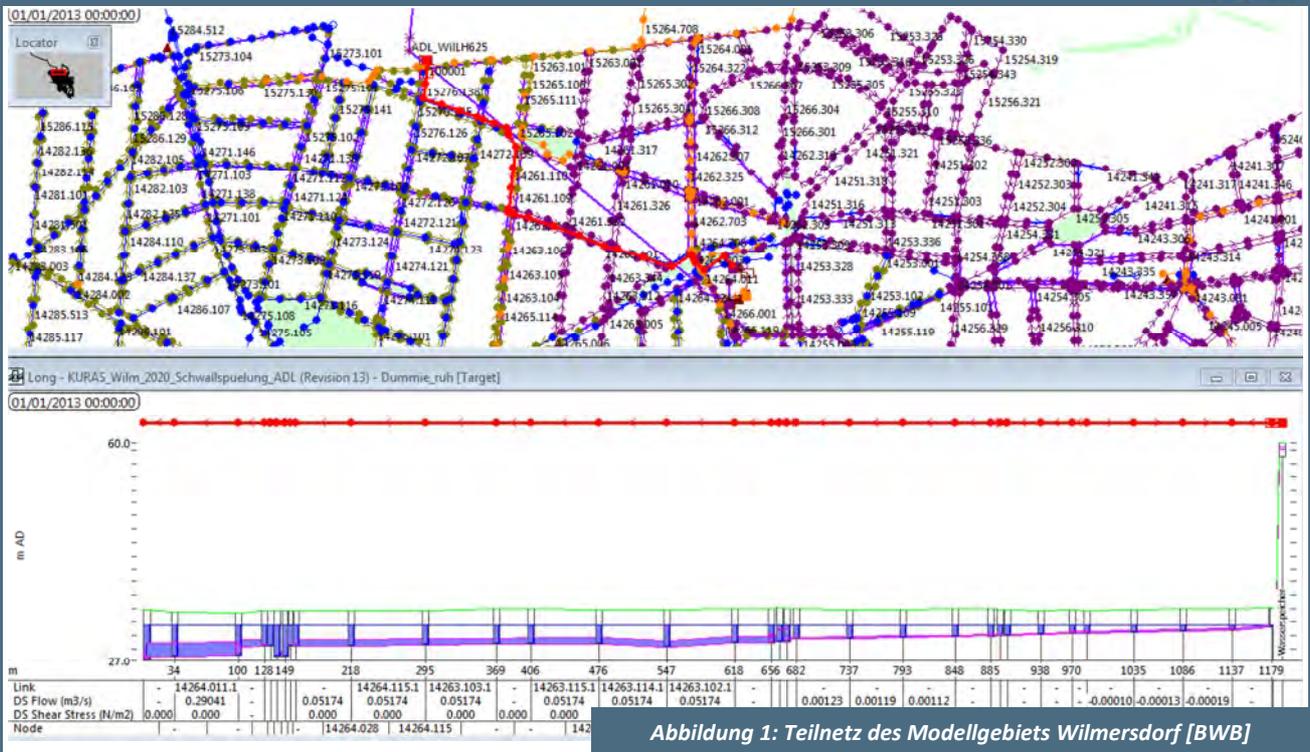


Abbildung 1: Teilnetz des Modellgebiets Wilmersdorf [BWB]

Ziele	Remobilisierung der Ablagerungen im Kanal, Reduzierung der Reinigungsklasse (manueller Aufwand), in Folge Geruchs- und Korrosionsminderung/-bekämpfung
Lastfall	Unterlast
Cluster	Kanalnetz
Beschreibung	Gezielte Spülung von Kanalnetzabschnitten an ausgewählten Schwerpunkthalungen durch eine Verbindung zwischen bestehender Abwasserdruckleitung und Kanalisation
Anwendungsebene	Kanalnetz (Misch- und Schmutzwasserkanal)
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	-
Bearbeitung	TU Berlin, FG Fluidsystemdynamik, Berliner Wasserbetriebe (BWB)

I. Funktion

Durch gezielte Verbindung zwischen Abwasserdruckleitung (ADL) und Kanalnetz mit geeigneten Bauwerken (Rohrleitung, Schieber) wird es möglich, Kanalnetzabschnitte regelmäßig mit Abwasser automatisiert zu spülen. Berechnete „Spülwasservolumen“ (Abwasser aus der ADL) werden zu definierten Zeiten in das Kanalnetz gegeben und verbessern dort die vorherrschenden hydraulischen Bedingungen (Erhöhung der Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung). Das Spülen zielt auf einen regelmäßigen Abtrag der Ablagerungen über lange Kanalstrecken ab (beispielweise tägliche Spülung nach der Nachtsenke).

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Zur Verortung der Maßnahme waren einerseits die Unterlastschwerpunkte im Kanalnetz von Bedeutung (erhoben durch kartenbasierte Schwachstellenanalyse) und andererseits die Orte mit räumlicher Nähe zwischen ADL und Kanalnetz. Es ergaben sich zwei sinnvolle Verbindungspunkte zwischen Abwasserdruckleitungen, die das Hauptpumpwerk Wilmersdorf (HPw Wil) verlassen, und dem Kanalnetz:

- I) Verbindung zwischen ADL zur Kläranlage Ruhleben (KA Ruhleben) und dem Kanalnetz zur Spülung von Unterlastschwerpunkten in einer Anfangshaltung (DN 250) in Pumpwerksnähe;
- II) Verbindung zwischen ADL zur Kläranlage Wassmannsdorf (KA Wassmannsdorf) und dem Kanalnetz zur Spülung von Unterlastschwerpunkten in einem Hauptsammler (DN 1800) im östlichen Modellgebiet.

Die Verortung der Maßnahme ist in Abbildung 2 gezeigt.

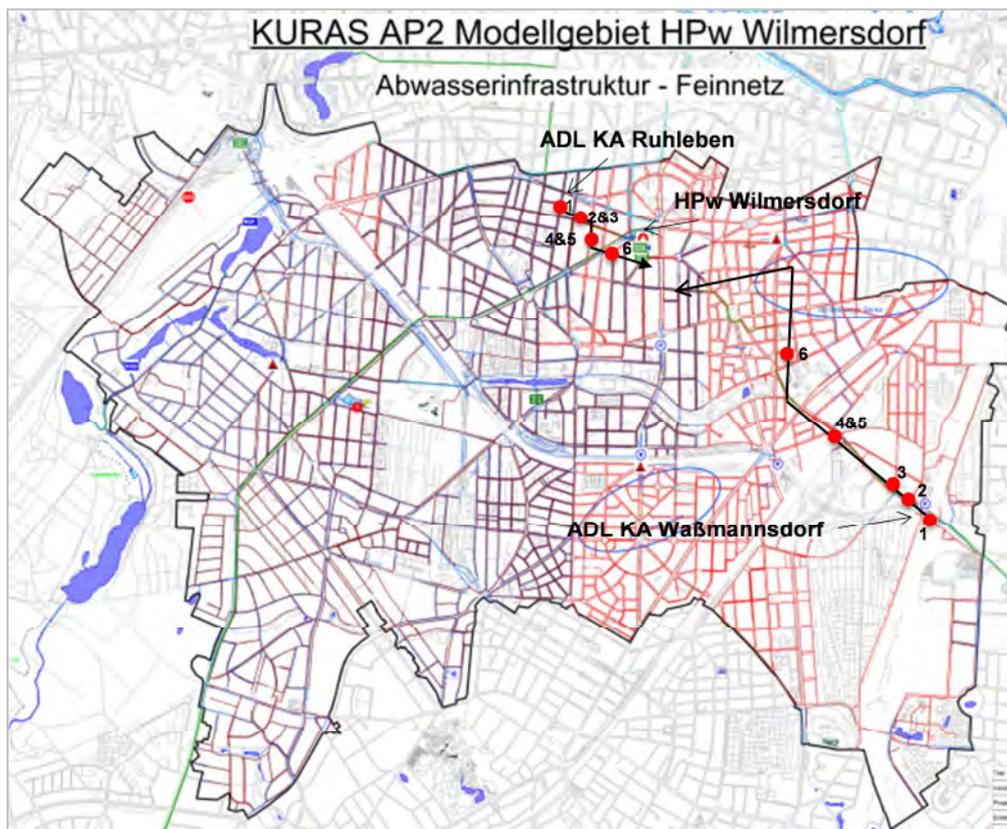


Abbildung 2: Betrachtungspunkte der Maßnahme: Erstellte Verbindung zwischen ADL zur Kläranlage Wassmannsdorf und Kanalnetz, sowie zwischen ADL zur Kläranlage Ruhleben und Kanalnetz. Rote Punkte sind Monitoringpunkte für die Bewertung der Effektivität der Maßnahme.

Die Untersuchung erfolgte mit dem Simulationsprogramm InfoWorks CS. Als Kriterium ist das Erreichen einer Schubspannung von mind. 3 N/m² auf einer Spülstrecke von mindestens 500 m gewählt worden.

Vorgehen:

- Ermittlung der in Frage kommenden Haltungen im Modellgebiet
- Ermittlung des erforderlichen Spülvolumens
- Entwurf der Spülzyklen/Spülabfolgen

Für die softwaregestützte Simulation der hydraulischen Zustände in betreffenden Haltungsabschnitten erfolgte in *Infoworks* der entsprechende Modellaufbau des Funktionsbausteins „Spüler“ inkl. rtc-Steuerung

(real-time-control) sowie dem Monitoring der Sohlschubspannung entlang der Spüllänge. Die Ermittlung der Spülvolumina erfolgte iterativ, durch schrittweise Erhöhung der Spülvolumen.

Eine Hochrechnung auf das gesamte Modellgebiet erfolgte nicht, da die Maßnahme nur bei räumlicher Nähe von ADL und Kanalnetz (mit Unterlastschwerpunkten) sinnvoll ist.

Kenndaten zur Bemessung/Betrieb			
Parameter	Einheit	Werte mit Quellenangaben	Auslegung in KURAS
Sohlschubspannung	N/m ²	3 - 5	3
Spülstrecke	m		500
Nennweite Schieberöffnung	mm		250

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Modellierbarkeit

Die Modellierung erfolgt mittels Infoworks CS.

Darstellung im Gesamtmodell

- Verortung im Modellgebiet anhand Schwachstellenkarten
- zzgl. szenarienbasierte Ermittlung der Schwachstellen (Entwicklungsszenarien-Unterlast)
- individuelle Simulationen zu jeweiligem Standort
- Hochrechnung auf Gesamtmodellgebiet nicht erfolgt, da nicht sinnvoll

Unterhaltung/Betrieb

- voll automatisiert (beaufsichtigungsfrei) zzgl. Wartung

III. Bewertung der Maßnahme Kanalspülung durch Abwasserdruckleitung

Die Bewertung erfolgte anhand ermittelter Sohlschubspannungen an beispielhaft ausgewählten Schwachstellen, anhand des erforderlichen Spülvolumens.

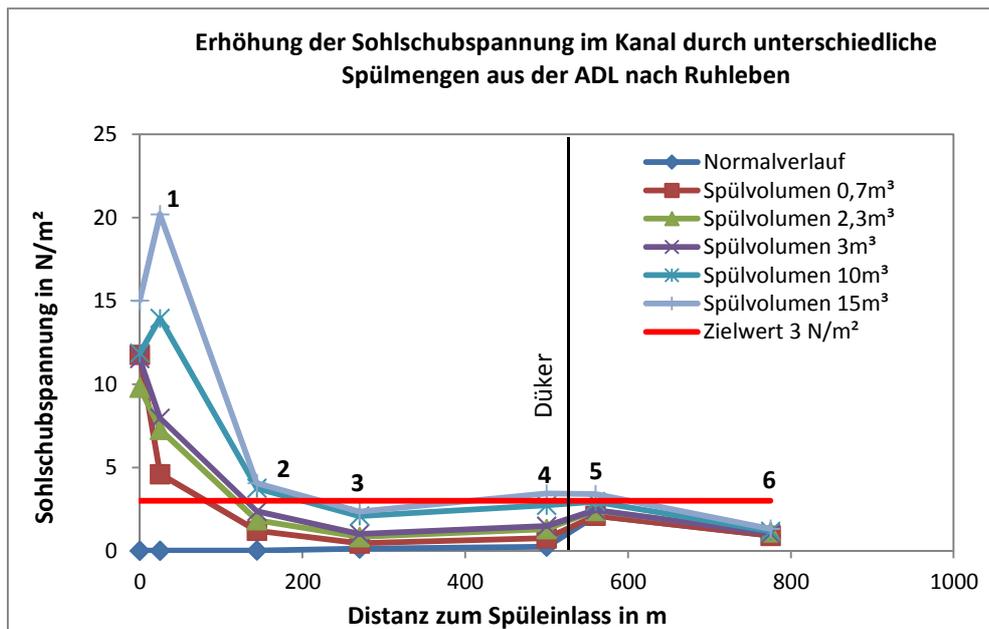


Abbildung 3: Simulationsergebnisse der Sohlschubspannung über die Spüllänge aus der ADL nach Ruhleben

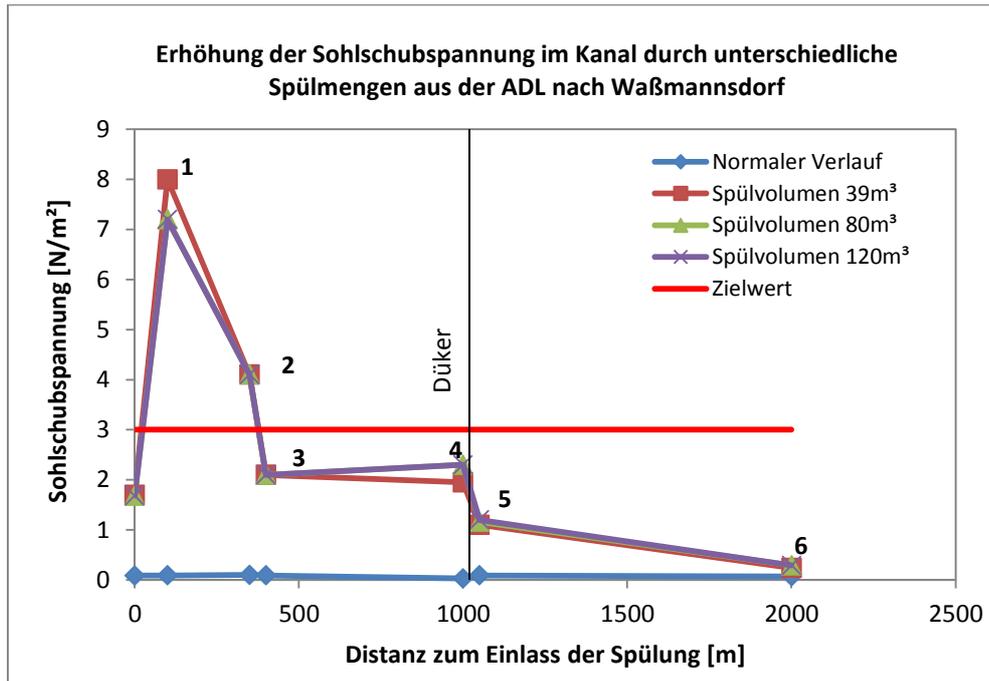


Abbildung 4: Simulationsergebnisse der Sohlschubspannung über die Spüllänge aus der ADL nach Waßmannsdorf

Abbildungen 3 und 4 zeigen die Ergebnisse zu den Sohlschubspannungen über die Spülstrecke bei unterschiedlichen Spülvolumina für die zwei Maßnahmenstandorte. Es wurden jeweils sieben Monitoringpunkte betrachtet.

An beiden Maßnahmenstandorten kann eine Sohlschubspannung von 3 N/m^2 in den ersten Haltungen erreicht werden, sie verliert jedoch schnell an Kraft. Am Maßnahmenstandort „ADL Ruhleben“ kann mit einem Spülvolumen von 15 m^3 die erforderliche Sohlschubspannung bis Monitoringpunkt 5, 560 m Spülstrecke, eingehalten werden. Der leichte Anstieg zwischen Monitoringpunkt 4 und 5 liegt an seitlich zusätzlich zufließenden Abwassermengen sowie der Zunahme der Gefällelinie. Da eine Erhöhung des Spülvolumens von 10 m^3 auf 15 m^3 keine signifikante Erhöhung der Sohlschubspannung mit sich bringt (ab Monitoringpunkt 2, Spülstrecke 144 m), ist 15 m^3 die an dieser Stelle maximal sinnvolle Spülmenge, die das erforderliche Bewertungskriterium erreicht (560 m Spülstrecke mit einer Sohlschubspannung $> 3 \text{ N/m}^2$). Am Maßnahmenstandort „ADL Wassmannsdorf“ kann eine Sohlschubspannung von 3 N/m^2 nach dem dritten Monitoringpunkt (400 m Spülstrecke) nicht erreicht werden. Bis zum Monitoringpunkt 4 (1000 m Spülstrecke) sind jedoch Sohlschubspannungen von knapp über 2 N/m^2 erreicht worden. Es wird erwartet, dass auch diese hydraulischen Bedingungen sich positiv auf die Remobilisierung der Ablagerungen auswirken, vor allem wenn eine Spülung regelmäßig stattfindet. Es wird deutlich, dass der Düker zwischen Monitoringpunkten 4 und 5 einen deutlichen negativen Effekt auf die Spülwelle hat. Da eine Erhöhung des Spülvolumens von 80 m^3 auf 120 m^3 keine signifikante Erhöhung der Sohlschubspannung mit sich bringt, ist 120 m^3 die an dieser Stelle maximal sinnvolle Spülmenge.

Die Maßnahme kann als erfolgreich bewertet werden, da das Kriterium Sohlschubspannung von 3 N/m^2 beim Maßnahmenstandort „ADL Ruhleben“ über eine Spülstrecke von 500 m erreicht werden kann. Am Maßnahmenstandort „ADL Wassmannsdorf“ kann immerhin eine Sohlschubspannung von 2 N/m^2 über 1000 m Spüllänge erreicht werden. Die Effektivität der Maßnahme kann durch eine intelligente Kopplung mit einer Spülkaskade (Maßnahmensteckbrief #8) im Kanal voraussichtlich deutlich erhöht werden.

Kostenbewertung	Für diese Maßnahme fand keine Kostenbewertung statt.
Synergien	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kombinationspotential mit Spülkaskade (M8) im Kanal zur Reduzierung der Einstauzeit und Weiterleitung der Welle ▪ Als Kompensationsmaßnahme zu ggf. verstärkten Unterlastzuständen durch Maßnahmen zum Regenwasserrückhalt (Versickerung / Gründach bei kleinen bis mittleren Regen) denkbar
Wirkungsabschätzung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Wirkungsabschätzung erfolgte beispielhaft an mehreren Einzelstandorten. Eine Hochrechnung auf das gesamte Modellgebiet wurde nicht vorgenommen. Die Maßnahme hat ein positives Wirkungspotential zur automatisierten Kanalspülung an Unterlast-Schwerpunkten.

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Verortungsmethodik	x		x		Standortscreening anhand Schwachstellenkarte/-analyse und GIS-Daten		x
automatisierte Spülung		x	x		Automatisierte Reinigung an Unterlastschwerpunkten zur Entlastung des Kanalbetriebes.		x
Synergie zu anderen Kanalnetzbewirtschaftungsmaßnahmen	x		x		Reduzierung der Einstauzeit bei Maßnahmen zur Schwallspülung durch schnelle Zugabe großer Abwassermengen aus ADL		x

Umsetzungsbeispiele

- Bislang keine Beispiele zu bekannt

Übertragbarkeit

- Eine Übertragbarkeit in andere Standorte/Städte ist gegeben
- Zu empfehlen/zu beachten ist individuelle hydraulische Dimensionierung zur Planungssicherheit

STECKBRIEF NR. 13 | CLUSTER KANALNETZ | MAßNAHME FREMDWASSERVERSCHLÜSSE

Fremdwasserverschlüsse

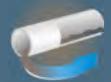


Abbildung 1: Ausgebauter Fremdwasserverschluss [BWB]

Ziele	Vermeidung von Entlastungsereignissen, Reduktion von Schadstoffeinträgen und hygienischer Belastung in die Gewässer
Lastfall	Überlast
Cluster	Kanalnetz
Beschreibung	Reduzierung des Eintrags von regenbürtigem Fremdwasser in die Schmutzwasserschächte in Trenngebieten durch die Verwendung spezieller Abdeckungen.
Anwendungsebene	Trennkanalisation
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	-
Bearbeitung	Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB)

I. Funktion

In Trenngebieten wird der Regenabfluss separat vom Schmutzwasser in einem eigens dafür vorgesehenen Kanalnetz abgeleitet. Dennoch kann es vorkommen, dass ein Teil des Regenabflusses, beispielsweise durch Belüftungslöcher der Schachtdeckel, ungewollt in die Schmutzwasserkanalisation eindringt. Dieses regenbürtige Fremdwasser führt zu einer zusätzlichen Belastung von Pumpwerk und Kläranlage. In Gebieten, in denen Schmutzwasserkanäle aus dem Trennsystem an die Mischwasserkanalisation angeschlossen sind (z.B. Berlin-Wilmersdorf), kann das regenwasserbürtige Fremdwasser zu einer Verschärfung der Mischwasserüberlaufsituation führen. Durch den Einsatz spezieller Abdeckungen bzw. Einsätze (Abbildung 1), welche unter den Gullydeckeln platziert werden, kann ein Eindringen von Regenwasser weitestgehend verhindert werden.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

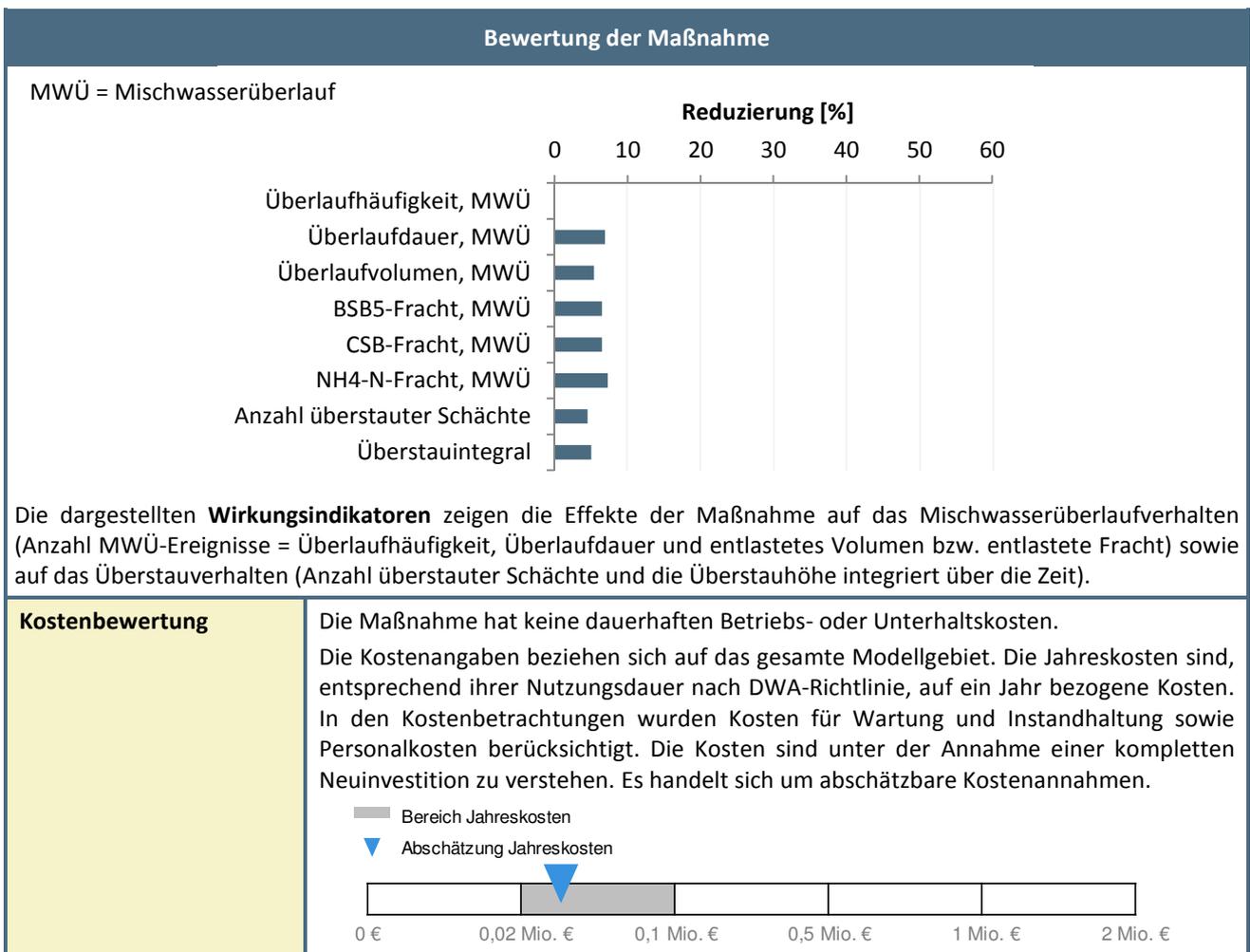
Im Modellgebiet Wilmersdorf wird das Schmutzwasser von drei großen Trenngebieten mit ca. 1300 ha Einzugsfläche über die Mischwasserkanalisation zum Hauptpumpwerk Wilmersdorf abgeleitet. Mit Hilfe kontinuierlicher Durchflussmessungen an den drei Übergabepunkten vom Schmutzkanal des Trennsystems zur Mischwasserkanalisation, wurde der regenbürtige Fremdwasseranteil für verschiedene Regenereignisse quantifiziert und im Rahmen der Modellkalibrierung des Kanalnetzmodells InfoWorks berücksichtigt. In InfoWorks wurde den Trenngebieten ein entsprechender Regenabflussanteil zugewiesen. Die Wirkung der Fremdwasserverschlüsse wurde über die Reduzierung des Abflussbeiwertes von den entsprechenden Flächen um 50% bzw. 100% abgebildet.

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Durch die Verwendung der Fremdwasserverschlüsse kann der Luftaustausch des Schachtes mit der Atmosphäre verhindert werden, was zu Geruchs- und Korrosionsproblemen (anaerobe Atmosphäre) führen kann. Einige Hersteller bieten jedoch auch Fremdwasserverschluss-Systeme mit Belüftung an. Es gibt keine Kenndaten oder Richtlinien für die Umsetzung dieser Maßnahme.

III. Bewertung der Maßnahme Fremdwasserverschlüsse

Nachfolgend wird die Bewertung eines flächendeckenden Einsatzes von Fremdwasserverschlüssen dargestellt, wobei dabei angenommen wird, dass kein regenbürtiges Fremdwasser mehr aus dem Trennsystem in das Kanalnetz gelangt.



Synergien	-
Wirkungsabschätzung	Die Maßnahme hat einen geringen positiven Effekt auf die ins Gewässer entlasteten Volumina und Schmutzfrachten. Die Überlaufhäufigkeit wird nicht beeinflusst. Die Überstausituation verbessert sich für bemessungsrelevante Modellregen leicht. In Berlin-Wilmersdorf (KURAS-Modellgebiet) zeigt diese Maßnahme nur ein begrenztes Potential, da der durch die Messkampagne ermittelte Fremdwasserzufluss lediglich einem Abflussbeiwert der befestigten Fläche zwischen 1,2% und 2,6% entspricht.

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Fremdwasser-verschlüsse		X		X			X

Umsetzungsbeispiele

- In Seitingen-Oberflacht (Baden-Württemberg) führte ein durch Biberdämme verursachter Rückstau von Flusswasser zu einer starken hydraulischen Belastung der Kanalisation, welche durch den Einsatz von Fremdwasserverschlüssen behoben werden konnte (Tiendrebeogo, 2014).

Übertragbarkeit

Eine direkte Übertragbarkeit auf andere Standorte ist nicht gegeben, da der regenbürtige Fremdwasserzufluss von lokalen Randbedingungen abhängt.

V. Literatur

- Tiendrebeogo, P. (2014) Tierschutz gegen Abwasserbeseitigung. KA Betriebsinfo; 44. Jahrgang (Nr. 3), Juli 2014

STECKBRIEF NR. 14 | CLUSTER KANALNETZ | MAßNAHME STAURAUMAKTIVIERUNG DURCH WEHRSCWELLENERHÖHUNG
Stauraumaktivierung durch Wehrschwellerhöhung


Abbildung 1: Wehrschwelle [KWB]

Ziele	Vermeidung von Entlastungsereignissen, Reduktion von Schadstoffeinträgen und hygienischer Belastung in die Gewässer
Lastfall	Überlast
Cluster	Kanalnetz
Beschreibung	Optimierte Ausnutzung der bestehenden Kanalnetzstruktur durch Wehrschwellenerhöhung.
Anwendungsebene	Mischkanalisation
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	-
Bearbeitung	Kompetenzzentrum Wasser Berlin, KWB

I. Funktion

Mit der Maßnahme „Stauraumaktivierung durch Wehrschwellerhöhung“ wird durch eine Erhöhung von vorhandenen Wehrschwellen zusätzlicher Stauraum aktiviert. Dies kann z.B. an Regenüberläufen oder Regenüberlaufbecken erfolgen, falls die baulichen Begebenheiten dies zulassen. Auch eine variable Gestaltung von Wehrschwellen (z.B. Einsatz eines Senkwehrs) kann die Ausnutzung des kanalinternen Stauraums verbessern.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

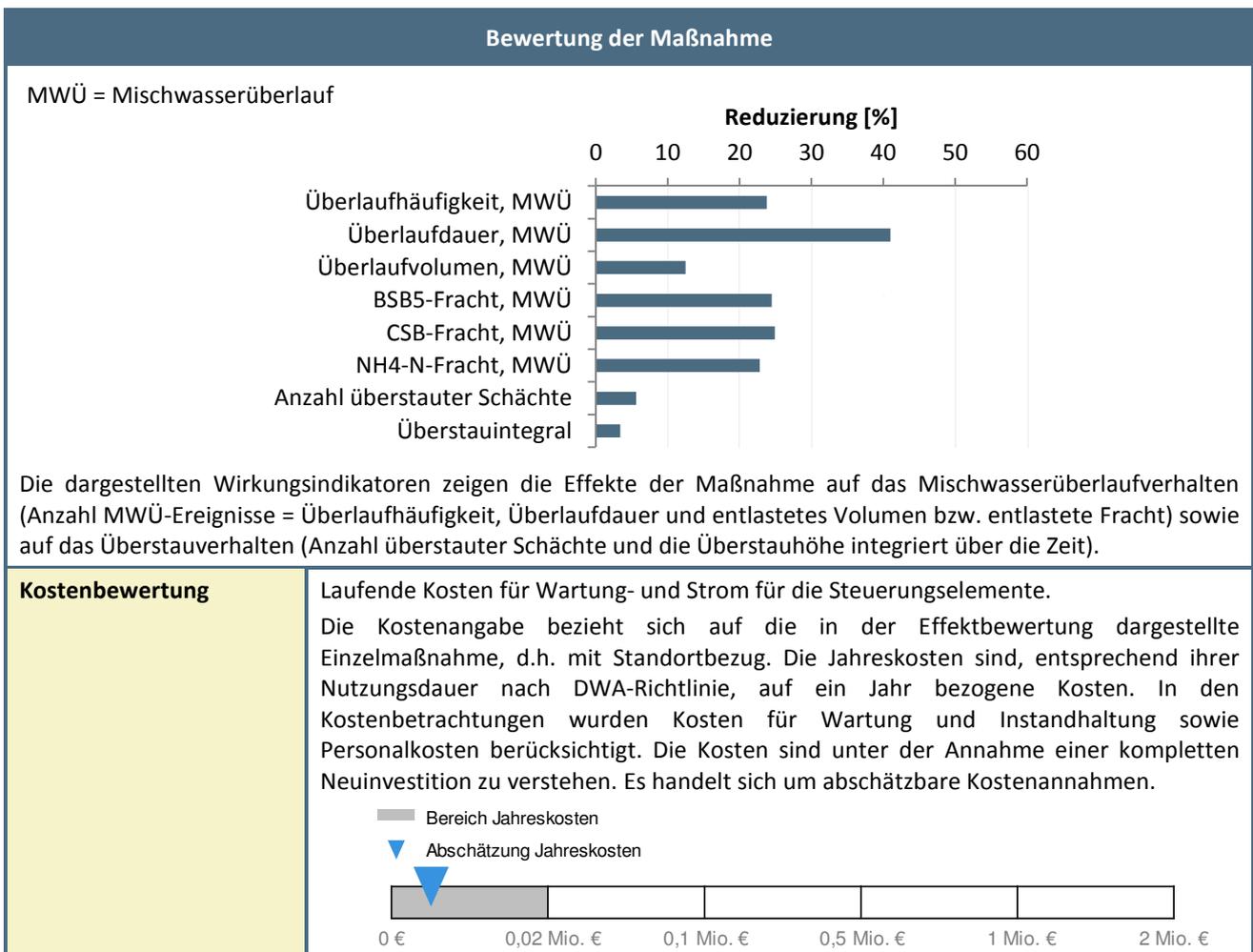
Durch eine gezielte Analyse des Kanalnetzes und der Abflussbedingungen wurden zwei zentrale Wehre identifiziert (Regenüberlauf 12 (RÜ12) und der Klärüberlauf (KÜ) des zentralen Regenüberlaufbeckens (RÜB) am Nikolsburger Platz), bei welchen eine feste Wehrschwellerhöhung zu einer Reduzierung des Mischwasserüberlaufvolumens führt. Die Schmutzfrachtsimulation hat jedoch gezeigt, dass die Erhöhung der Wehrschwelle am RÜ12 nur zu einer Verschiebung des Entlastungspunktes führt. Dadurch wird insgesamt weniger, jedoch höher konzentriertes Mischwasser entlastet, was insgesamt zu einer Erhöhung der entlasteten Schmutzfracht führen würde. Zusätzlich wurde eine variable Gestaltung der Wehrschwellen RÜ19 und RÜ20 zur besseren Ausnutzung des dahinter liegenden Schöneberger Stauraumkanals mit einem Speichervolumen von ca. 13.200 m³ untersucht, welche zudem bei einer drohenden Überstausituation auch für eine schnellere Entlastung genutzt werden können. Bei einer gleichzeitigen Wehrschwellerhöhung am KÜ des RÜB können mit den variablen Wehrschwellen Synergien erzielt werden.

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Bei variablen Wehrschwellen sind entsprechende Betriebskosten sowie Auswirkungen möglicher Anlagenstörungen zu berücksichtigen.

III. Bewertung der Maßnahme *Stauraumaktivierung durch Wehrschwellerhöhung*

In der nachfolgenden Bewertung ist das Szenario einer Kombination aus der Wehrschwellerhöhung an KÜ des RÜB bei gleichzeitiger variabler Gestaltung der Wehrschwellen am RÜ19 und RÜ20 dargestellt.



Synergien	-
Wirkungsabschätzung	<p>Die Maßnahme hat einen positiven Effekt auf die ins Gewässer entlasteten Volumina und insbesondere auf die Schmutzfrachten (Reduzierung, je nach Parameter, um 23% bis 25%). Zudem können durch die Maßnahme fünf Überlaufereignisse vermieden werden. Die Überstausituation verbessert sich für bemessungsrelevante Modellregen nur leicht.</p> <p>Im Modellgebiet Wilmersdorf ist ein deutliches Potenzial zur Stauraumaktivierung zu erkennen. Sie stellt insbesondere in innerstädtischen Ballungsgebieten eine kostengünstige Alternative zum Bau neuer Stauräume dar (Dirckx et al., 2011).</p>

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch
 mittel
 niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Stauraumaktivierung durch Wehrschwellenerhöhung		X		X			X

Umsetzungsbeispiele

- Berliner Mischwassersanierungsprogramm 2020 (Pawlowsky-Reusing, E. (2010))

Übertragbarkeit

Prinzipiell ist die Maßnahme auf jedes Kanalnetz übertragbar. Das Potenzial zur Stauraumaktivierung ist jedoch stark ortsabhängig. Es hängt neben der Topographie des Kanalnetzes (Gefälle, Haltungsdurchmesser) insbesondere davon ab, inwieweit das bestehende Kanalnetz bereits optimiert ist.

V. Literatur

- Dirckx, G., Schütze, M., Kroll, S., Thoeye, C., De Gueldre, G. & Van De Steene, B. (2011) Cost-efficiency of RTC for CSO impact mitigation. Urban Water Journal 8 (6): 367-377
- Pawlowsky-Reusing, E. (2010). Behandlung im Mischsystem. Wasserwirtschaft Wassertechnik wwt 11–12/2010, Special: Regenwasser.

Stauraumaktivierung durch Abflussdrosselung

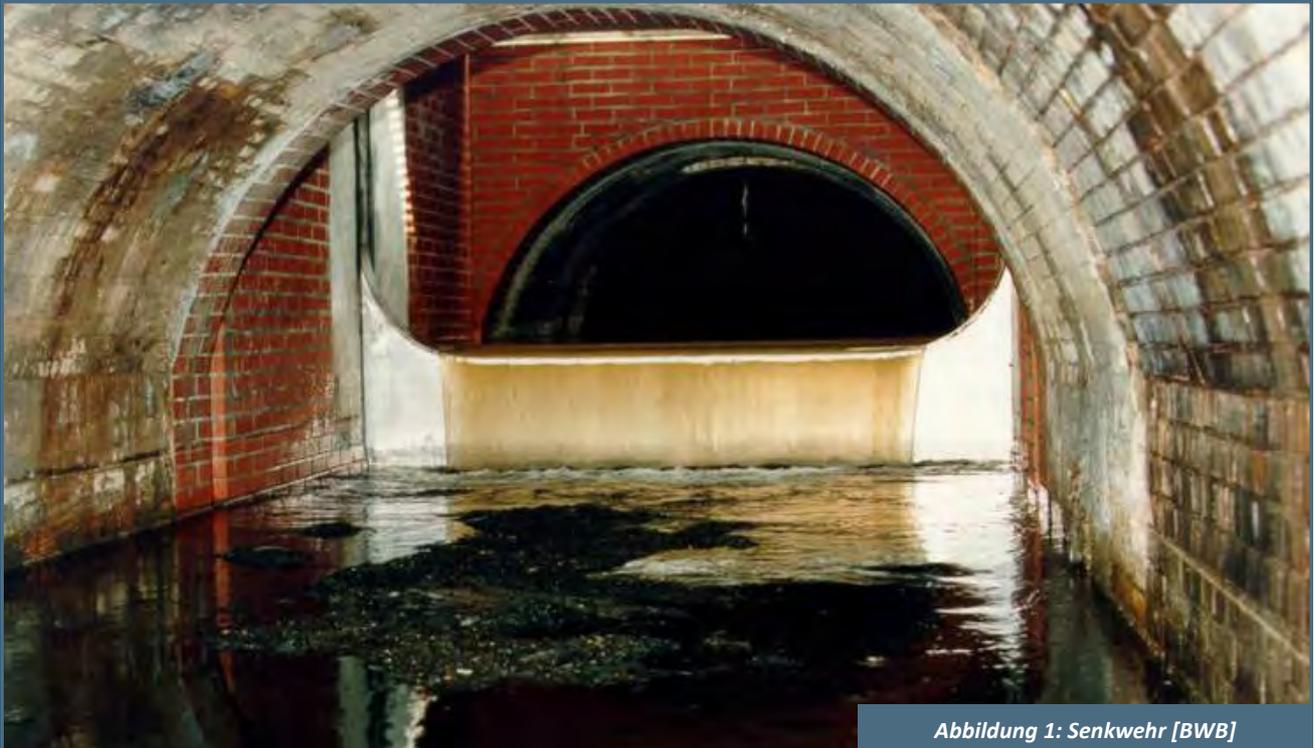


Abbildung 1: Senkwehr [BWB]

Ziele	Vermeidung von Entlastungsereignissen, Reduktion von Schadstoffeinträgen und hygienischer Belastung in die Gewässer.
Lastfall	Überlast
Cluster	Kanalnetz
Beschreibung	Optimierte Ausnutzung der bestehenden Kanalnetzstruktur durch den Einsatz steuerbarer Bauwerke (Drosseln, Schütze, Wehre) im Kanalnetz mit dem Ziel zusätzlichen Stauraum zu aktivieren.
Anwendungsebene	Mischkanalisation
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	-
Bearbeitung	Kompetenzzentrum Wasser Berlin, KWB

I. Funktion

Mit der Maßnahme „Stauraumaktivierung durch Abflussdrosselung“ wird das Mischwasser durch die Erzeugung eines Rückstaus mittels steuerbarer Bauwerke (z. B. Drosseln, Schütze oder Wehre) temporär im Kanalnetz zwischengespeichert und anschließend gedrosselt weitergeleitet. Die steuerbaren Elemente können dabei entweder unabhängig voneinander agieren oder aufeinander abgestimmt sein (z.B. als Kaskade).

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

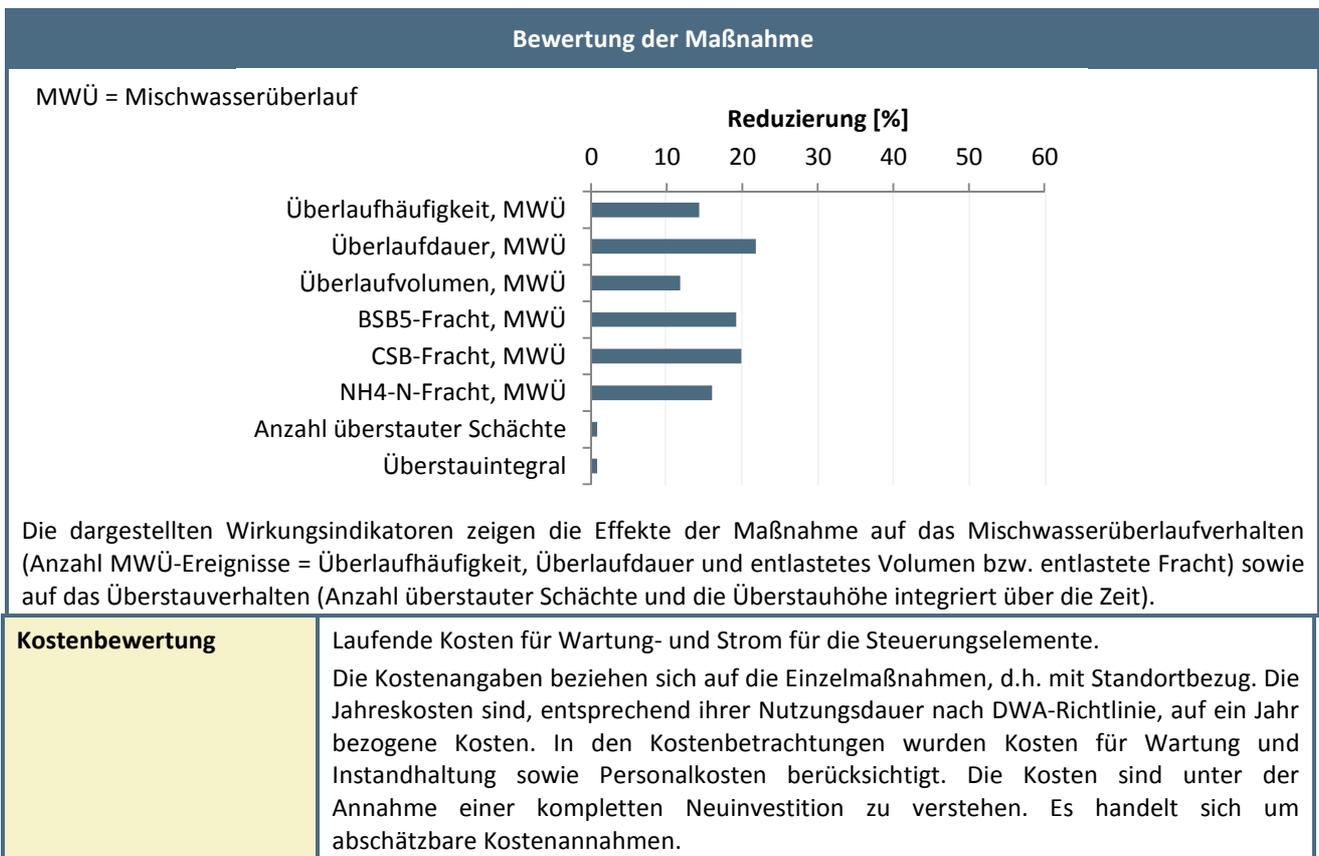
Zur Lokalisierung geeigneter Standorte für den Einsatz von Drosselorganen wurde eine automatische Analyse des Kanalnetzes mit einem in der Programmiersprache „R“ erstellten Tools durchgeführt. Dieses Tool berechnet das potential aktivierbare Stauraumvolumen in Schächten und Haltungen oberstrom jedes einzelnen Schachtbauwerks basierend auf der jeweiligen Haltungslänge, -form und -neigung. Dabei wurden Rahmenbedingungen wie bereits aktivierter Stauraum (hier anhand der tiefsten Wehrschwelle), Einhaltung eines Sicherheitsabstand zur Geländeoberkante (zur Vermeidung von Überstau) sowie das Abfließen des eingestauten Mischwassers über Seitenarme mit berücksichtigt (siehe Philippon et al. 2015). An den fünf besten Standorten mit einem theoretisch aktivierbaren Stauraumvolumen von insgesamt ca. 10.000 m³ wurden Drosselemente implementiert, welche unabhängig voneinander gesteuert wurden. Zudem wurde die Wirkung von Kaskaden (hier bestehend aus drei bzw. fünf aufeinander abgestimmten Drosselementen) untersucht.

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Der temporäre Einstau des Kanalnetzes kann an diesen Stellen zu einer verstärkten Ablagerung von Feststoffen führen. Bei steuerbaren Drosselementen sind entsprechende Betriebskosten sowie Auswirkungen möglicher Anlagenstörungen zu berücksichtigen.

III. Bewertung der Maßnahme *Stauraumaktivierung durch Abflussdrosselung*

In der nachfolgenden Bewertung ist das Szenario einer Kombination aus fünf unabhängig voneinander agierenden Drosselementen dargestellt.



Synergien	-
Wirkungsabschätzung	<p>Die Maßnahme hat einen positiven Effekt auf die ins Gewässer entlasteten Volumina und insbesondere auf die Schmutzfrachten (Reduzierung, je nach Parameter, von 16% bis 20%). Gegenüber dem Referenzjahr konnten drei Überlaufereignisse vermieden werden. Die Überstausituation verbessert sich für bemessungsrelevante Modellregen nur marginal.</p> <p>Im Modellgebiet Wilmersdorf ist ein deutliches Potenzial zur Stauraumaktivierung zu erkennen. Sie stellt insbesondere in innerstädtischen Ballungsgebieten eine kostengünstige Alternative zum Bau neuer Stauräume dar (Dirckx et al., 2011).</p>

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Stauraumaktivierung		X		X			X

Umsetzungsbeispiele

- Bremen, Deutschland (Broll-Bickhardt, 2004)
- Flandern, Belgien (Dirckx et al., 2011)
- Lemgo, Deutschland (Otte-Witte et al, 2011)

Übertragbarkeit

Prinzipiell ist die Maßnahme auf jedes Kanalnetz übertragbar. Das Potenzial zur Stauraumaktivierung ist jedoch stark ortsabhängig. Es hängt neben der Topographie des Kanalnetzes (Gefälle, Haltungsdurchmesser) insbesondere davon ab, inwieweit das bestehende Kanalnetz bereits optimiert ist.

V. Literatur

- Broll-Bickhardt, J. (2004) Kanalnetzbewirtschaftung in Bremen - Aktivierung bislang ungenutzter Stauraumvolumina, Karl Hillmer Gesellschaft e.V. 2004, <http://www.khg-suderburg.de/fachliches/kanal-bremen.pdf> (Stand 08.09.2015)
- Dirckx, G., Schütze, M., Kroll, S., Thoeye, C., De Gueldre, G. & Van De Steene, B. (2011) Cost-efficiency of RTC for CSO impact mitigation. Urban Water Journal 8 (6): 367-377
- Otte-Witte, K., Fettig, Mieth, H., Ratte, K., Fuchs, L., Sommer, M. (2011). Modellierung der Gewässergüte der Bega unter Berücksichtigung der Durchführung von Maßnahmen zur Kanalnetzsteuerung für das Entwässerungssystem der Stadt Lemgo – Kurzfassung. Abwasserbeseitigungsgesellschaft Lemgo. http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/Kurzbericht_Bega.pdf (Stand 08.09.2015)
- Philippon, V., Riechel, M., Stapf, M., Sonnenberg, H., Schütze, M., Pawlowsky-Reusing, E., Rouault, P. (2015): How to find suitable locations for in-sewer storage? - Test on a combined sewer catchment in Berlin. Proceedings of the 10th International Urban Drainage Modelling Conference in Quebec, Canada.

STECKBRIEF NR. 16 | CLUSTER KANALNETZ | MAßNAHME STAUHAUMERWEITERUNG

Stauraumerweiterung

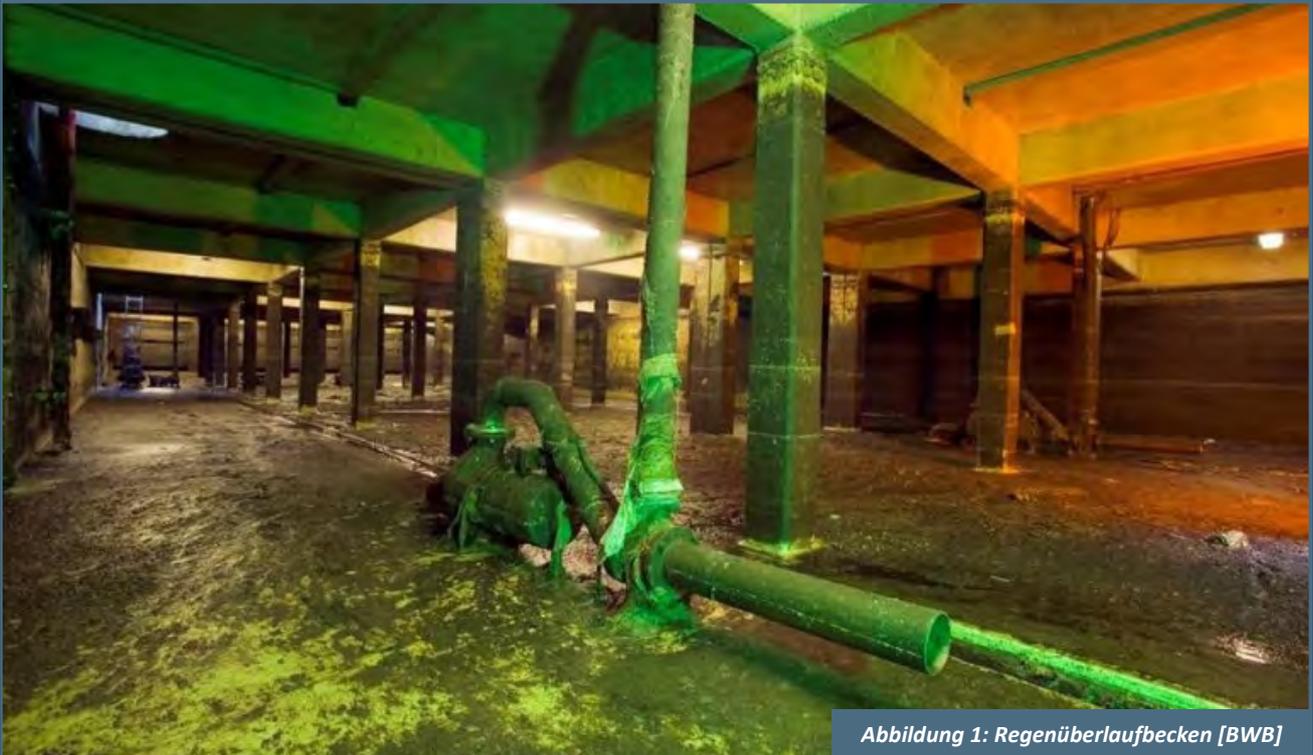


Abbildung 1: Regenüberlaufbecken [BWB]

Ziele	Vermeidung von Entlastungsereignissen, Reduktion von Schadstoffeinträgen und hygienischer Belastung in die Gewässer
Lastfall	Überlast
Cluster	Kanalnetz
Beschreibung	Rückhalt von Mischwasser im Mischsystem in Speicherräumen im Haupt- oder Nebenschluss zur Vermeidung von Mischwasserentlastung in die Gewässer, verzögerte Ableitung zur Kläranlage
Anwendungsebene	Mischkanalisation
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	ATV – A128 (ATV, 1992)
Bearbeitung	Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB)

I. Funktion

Zur Zwischenspeicherung des Mischwasserabflusses werden im Mischsystem Rückhalteräume (Regenüberlaufbecken, Stauraumkanäle oder anderer Stauraum) geschaffen, mit denen eine Verringerung der Entlastungsrate und -häufigkeit erreicht wird. Die bekannteste Form des Mischwasserspeichers ist das Regenüberlaufbecken. Es wird in Fang- und Durchlaufbecken bzw. Verbundbecken als Kombination unterschieden. Beide Varianten können im Hauptschluss (Führung des weiterführenden Ablaufes durch das Becken) oder im Nebenschluss (Führung des weiterführenden Ablaufes am Becken vorbei) angeordnet werden. Fangbecken dienen zum Auffangen eines Spülstoßes, der eher bei kleinen Einzugsgebieten zu erwarten ist. Durchlaufbecken werden in größeren oder vorentlasteten Einzugsgebieten oder bei längeren Fließzeiten im Kanalnetz angeordnet, da dann i. d. R. keine ausgeprägten Spülstöße mehr zu erwarten sind

(ATV, 1992). Anstelle von Becken können zur Mischwasserspeicherung auch Stauraumkanäle errichtet werden. Stauraumkanäle unterscheiden sich in ihrer Wirkung durch die Lage des Entlastungsbauwerkes. Stauraumkanäle mit oben liegender Entlastung (SKO) wirken wie Fangbecken, bei unten liegender Entlastung (SKU) wie Durchlaufbecken, jeweils im Hauptschluss (ATV, 1992). Durch den Rückhalt von Mischwasser und anschließender Behandlung in der Kläranlage werden die entlasteten Schmutzfrachten reduziert. Über die Speicherung hinaus wird bei Durchlaufbecken z.T. auch ein Reinigungseffekt durch Sedimentation beobachtet. Je nach Größe des verfügbaren Stauraums und Art des Regenereignisses können Mischwasserüberläufe ganz oder teilweise verhindert werden.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Im Kanalnetzzustand 2020 (Status Quo, Abbildung 2) im Modellgebiet Wilmersdorf können bis zu 32.900 m³ an Mischwasser im Kanalnetz und den vorhandenen Stauräumen zwischengespeichert werden. Das Speichervolumen verteilt sich auf drei Regenüberlaufbecken (RÜB Nikolsburger Platz mit 3600 m³ sowie zwei RÜB mit je 850 m³ am Lützowplatz), den Schöneberger Stauraumkanal (13.200 m³) und den Speicher im Kanalnetz (14.400 m³, entsprechend ATV-A128 zu zwei Dritteln angerechnet). Der Schöneberger Stauraumkanal wird dabei über zwei feste Wehrschwellen (RÜ19 und RÜ20) beschickt und am unteren Ende durch ein variables Hubschütz eingestaut. Insgesamt steht im Kanalnetz Wilmersdorf bei einer undurchlässigen Fläche von 803 ha ein spezifisches Speichervolumen von 41 m³/ha zur Verfügung, was etwas höher als die wirtschaftliche Empfehlung von 40 m³/ha nach ATV-A 128 ist.

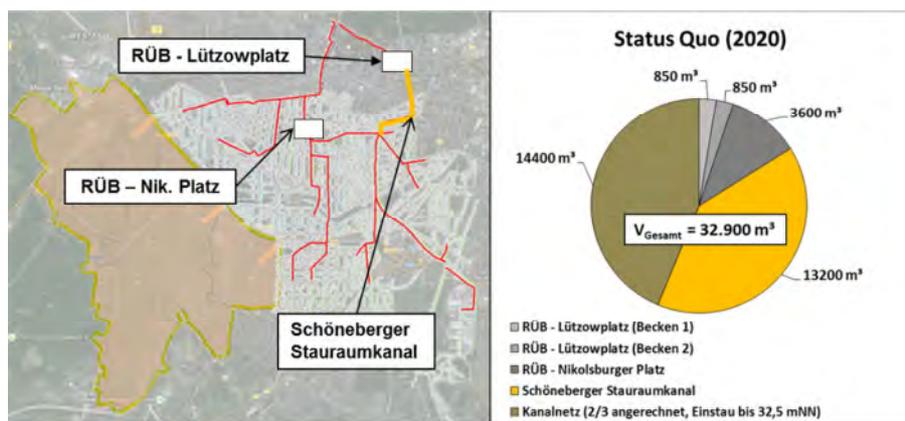


Abbildung 2: Speichervolumen im Kanalnetzzustand 2020 (Status Quo) aufgeteilt nach den Regenüberlaufbecken, dem Schöneberger Stauraumkanal sowie dem Speichervermögen des Kanalnetzes.

Als Maßnahme wurde die Auswirkung einer Verdoppelung des in den Becken und Stauraumkanälen verfügbaren Speicherraums (ohne Kanalnetz) untersucht (Erhöhung um 18.500 m³ auf 64 m³/ha, *Abbildung*). Das zusätzliche Stauvolumen wurde auf das RÜB am Nikolsburger Platz (Vergrößerung um 7400 m³ auf insgesamt 11.000 m³) sowie ein neues Speicherbecken oberhalb von RÜ20 (11.100 m³ im Nebenschluss) verteilt. Die Lokalisierung und Dimensionierung der Speicherbecken basiert auf den Ergebnissen einer Screening-Analyse mit Becken an unterschiedlichen Standorten und variierenden Speichervolumina (10.000 – 50.000 m³). Über den zusätzlichen Stauraum hinaus wurde die Wehrschwelle am RÜ20 variabel gestaltet, so dass der Schöneberger Stauraumkanal trotz des neuen Speicherbeckens ausreichend Zufluss erhält und effektiv genutzt werden kann.

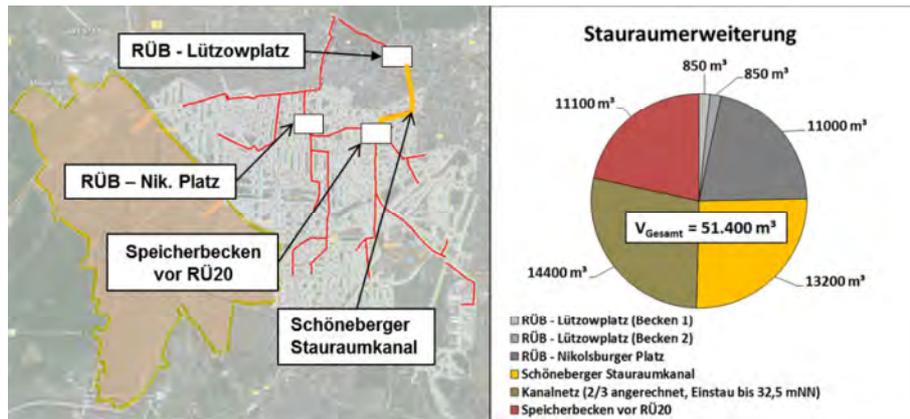


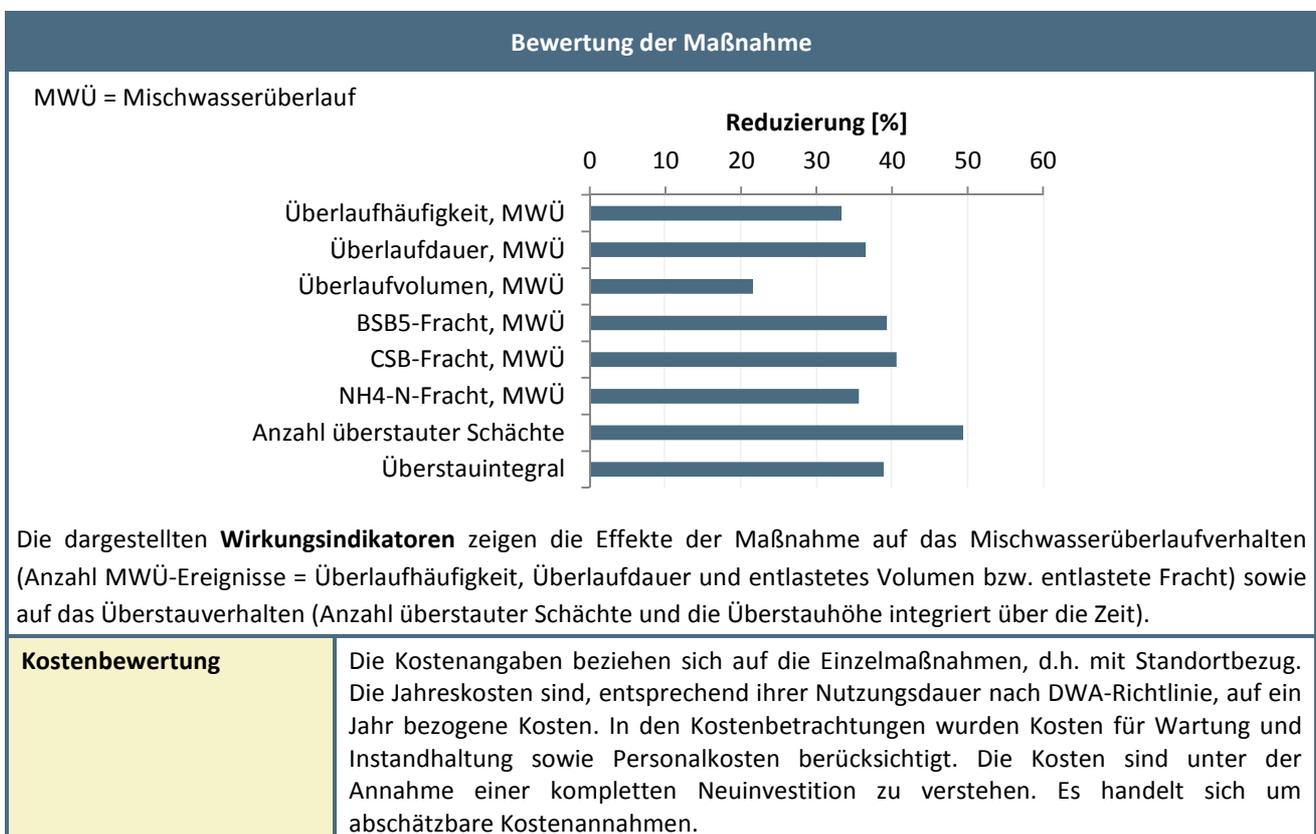
Abbildung 3: Erweitertes Speichervolumen mit Verdopplung des bisher in den Regenüberlaufbecken und dem Stauraumkanal verfügbaren Speichervolumens (Referenz: Status Quo 2020).

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Maßgebend für die Dimensionierung von Stauraumkanälen und Regenüberlaufbecken ist das ATV-Arbeitsblatt 128 (ATV 1992), welches für Stauraumkanäle und Becken mit größeren Einzugsgebieten die Langzeitsimulation als Nachweisverfahren empfiehlt. Nach ATV A128 werden Empfehlungen für das spezifische Speichervolumen in Abhängigkeit der angeschlossenen Fläche gegeben (10-40 m³/ha) (ATV 1992). Es existieren jedoch keine gesetzlichen Vorgaben für die Bemessung von Regenüberlaufbecken und Stauraumkanälen.

III. Bewertung der Maßnahme Stauraumerweiterung

Bewertung des Maßnahmenzenarios: Verdopplung des bisher in den Regenüberlaufbecken und dem Stauraumkanal verfügbaren Speichervolumens bezüglich des Referenzzustands: Status Quo 2020.



	<p> ■ Bereich Jahreskosten ▼ Abschätzung Jahreskosten </p> <p> 0 € 0,02 Mio. € 0,1 Mio. € 0,5 Mio. € 1 Mio. € 2 Mio. € </p>
Synergien	-
Wirkungsabschätzung	<p>Die Maßnahme hat einen deutlichen positiven Effekt auf die Schmutzfrachten ins Gewässer und auf die Überstausituation. Insgesamt kann ein Drittel der Mischwasserüberlaufereignisse vermieden werden. Die über die Mischwasserüberläufe entlastete Schmutzfracht kann, je nach Parameter, zwischen 36% und 41% verringert werden. Zudem wird auch eine deutliche Verbesserung der Überstausituation erzielt.</p> <p>Grundsätzlich wird der Maßnahme ein hohes Potential zugeschrieben, sie ist jedoch i.d.R. kosten- und flächenintensiv.</p>

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Stauraumerweiterung		X		X			X

Umsetzungsbeispiele

- Berlin, Deutschland (Pawlowsky-Reusing et al., 2010)
- London, Großbritannien (Thomas et al., 2011)
- Washington, DC, USA (Force, 2013)
- Graz, Österreich (Hofer et al., 2015)

Übertragbarkeit

Prinzipiell auf jeden Standort übertragbar. Jedoch hängt die Effektivität der Stauraumerweiterung vom bereits vorhandenen Stauraum und der Größe der neuen Speicherbecken ab.

V. Literatur

- ATV (1992): Arbeitsblatt ATV-A 128 "Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen".
- Force, J. (2013): 'Lady Bird' kicks off sewer overhaul in Washington, DC. water 21: 31-32
- Hofer, T. et al. (2015): Integrated assessment of a new storage tunnel on treatment plant performance – Case study Graz, Austria. Proceedings of the 10th International Urban Drainage Modelling Conference in Quebec, Canada.
- Pawlowsky-Reusing, E. (2010): Behandlung im Mischsystem. Wasserwirtschaft Wassertechnik. wwt 11–12/2010, Special: Regenwasser.
- Thomas, G. B. & Crawford, D. (2011): London Tideway Tunnels: tackling London's Victorian legacy of combined sewer overflows. Water Science and Technology 63 (1): 80-87

Abkopplung von Teilflächen eines Mischgebietes



Abbildung 1: Versickerungsmulde [KWB]

Ziele	Vermeidung von Entlastungsereignissen, Reduktion von Schadstoffeinträgen und hygienischer Belastung in die Gewässer. Verbesserung der Überstausituation.
Lastfall	Überlast
Cluster	Kanalnetz
Beschreibung	Abkopplung von abflusswirksamen Teilflächen des Mischgebietes, so dass weniger Regenwasser in die Mischkanalisation gelangt
Anwendungsebene	Mischkanalisation
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	-
Bearbeitung	Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB)

I. Funktion

Die Abkopplung von abflusswirksamen Teilflächen eines Mischgebietes hat das Ziel, den Niederschlagsabfluss in die Mischkanalisation zu reduzieren und dadurch die hydraulische Belastung des Kanalnetzes zu minimieren. Die Folge sind weniger bzw. weniger intensive Mischwasserüberläufe und geringere Schmutzfrachten in die Gewässer (DWA 2004). Eine Abkopplung lässt sich beispielsweise durch Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung wie Mulden-Rigolen-Systeme oder durch die Errichtung eines Trennsystems erreichen, wobei der tendenziell geringer verschmutzte Niederschlagsabfluss entweder versickert oder separat vom Schmutzwasser gesammelt und ins Gewässer geleitet wird.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

In KURAS wurde die Maßnahme beispielhaft für das Mischgebiet des Ortsteils Halensee im Nord-Westen des Modellgebiets Wilmersdorf untersucht, welches bei starken Regenereignissen über die Regenüberläufe 23 und 24 in den Wilmersdorfer Entlastungskanal entlastet wird (vgl. Abbildung 2). Die an das Mischgebiet angeschlossenen Flächen haben insgesamt eine undurchlässige Fläche von 24,2 ha (3% des Einzugsgebietes). Insgesamt wurden zwei Varianten untersucht:

- *Vollständige Abkopplung*: Die an die Mischwasserkanalisation angeschlossenen Regenflächen wurden vollständig von dem Kanalnetz abgekoppelt und aus dem Einzugsgebiet geleitet, so dass kein Regenwasser mehr in die bestehende Kanalisation gelangt. Eine Mischwasserentlastung über die Regenüberläufe 23 und 24 findet nicht mehr statt.
- *50%ige Abkopplung (gleichverteilt)*: Hierzu wurden die Abflussbeiwerte aller an die Mischwasserkanalisation angeschlossenen Teilflächen (Hof, Straße, Dach) halbiert. Eine Mischwasserentlastung über die Regenüberläufe 23 und 24 kann weiterhin stattfinden.

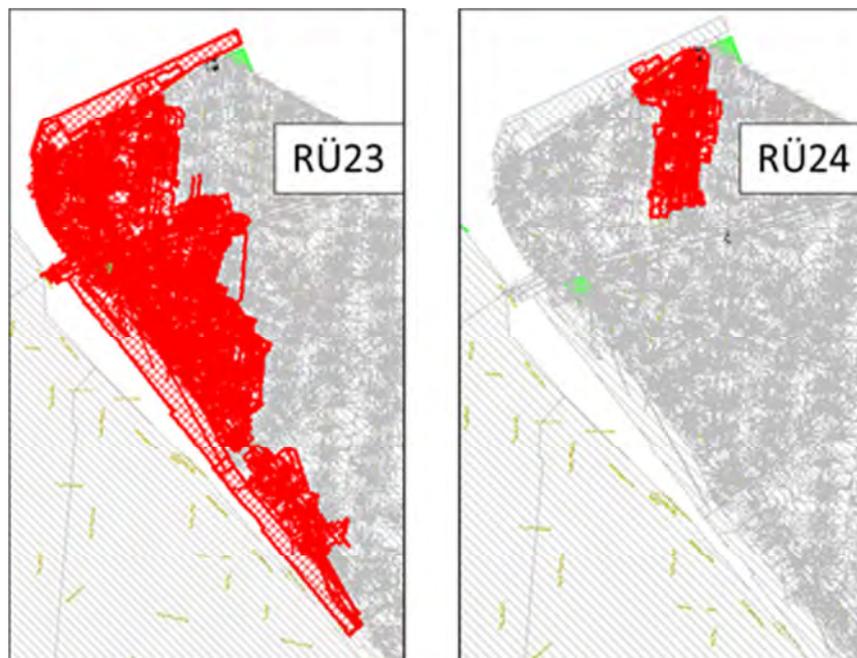


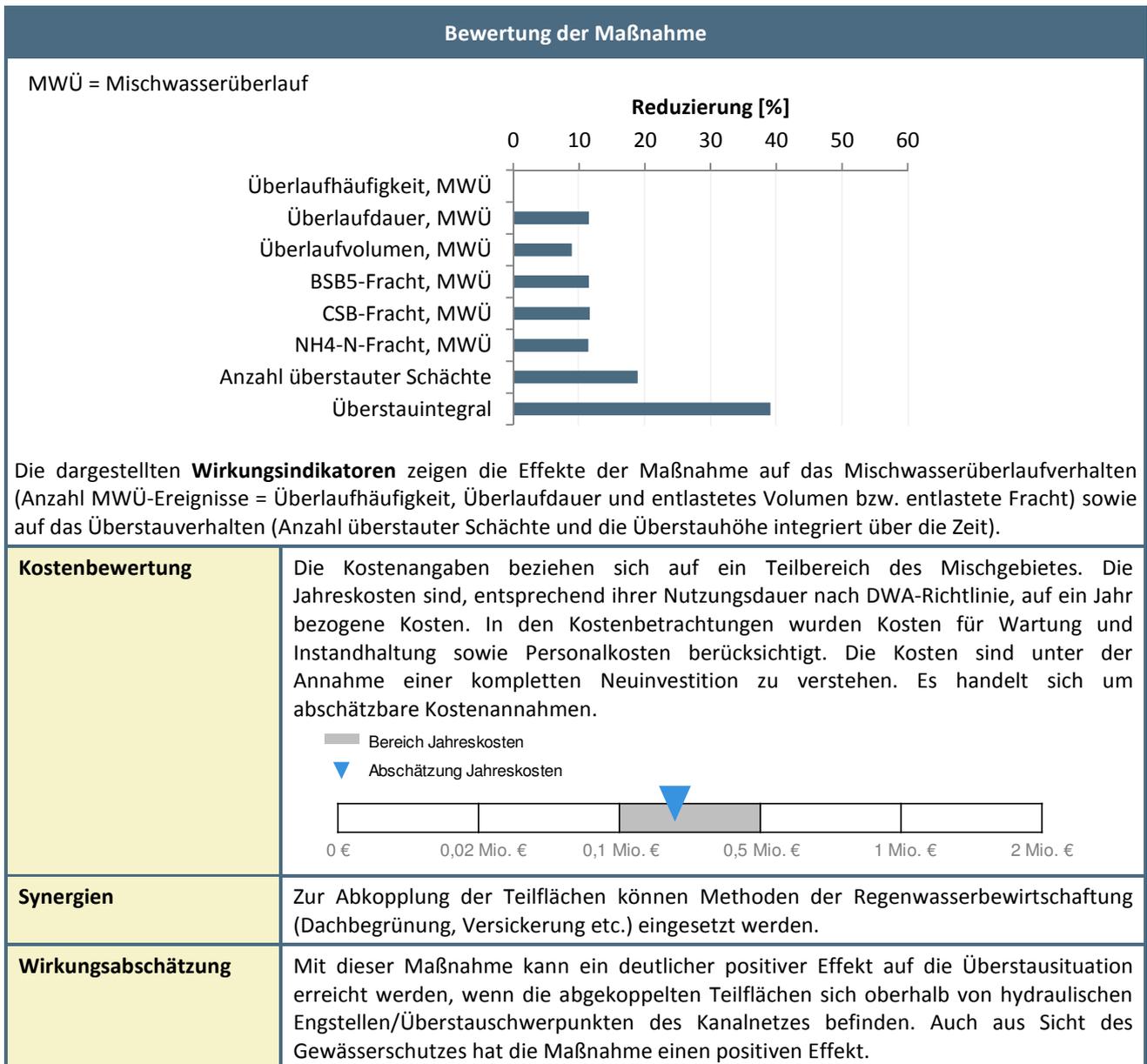
Abbildung 2: Teilflächen, die an das im Ortsteil Halensee liegende Mischgebiet angeschlossen sind.

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Bei der Abkopplung von Teilflächen eines Mischsystems ist zu beachten, dass das anfallende Regenwasser auf geeignete Weise bewirtschaftet oder abgeleitet werden muss. Im Falle der Niederschlagsversickerung sind die Durchlässigkeit des Bodens und ggf. rechtliche Aspekte (z.B. in Wasserschutzgebieten) zu beachten. Bei der Ableitung ins Gewässer sollte der Regenabfluss von stark verschmutzten Flächen, z.B. stark befahrenen Straßen, auf geeignete Art gereinigt werden (z.B. über einen Retentionsbodenfilter). Andernfalls kann die Maßnahme sogar zu einer Erhöhung der jährlichen Schmutzfracht ins Gewässer führen.

III. Bewertung der Maßnahme *Abkopplung von Teilflächen eines Mischgebietes*

Die nachfolgende Bewertung wird für das Szenario einer vollständigen Abkopplung eines Mischgebietes (Ortsteil Halensee) mit einer undurchlässigen Fläche von insgesamt 24,2 ha, was etwa 3% der gesamten undurchlässigen Fläche des Einzugsgebietes entspricht, gezeigt.



IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Abkopplung von Teilflächen eines Mischgebietes		X		X			X

Umsetzungsbeispiele

Wird bei jeder Maßnahme der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung gemacht. Hierfür gibt es zahlreiche Beispiele in Berlin (Adlershof, Potsdamer Platz, etc.) und in anderen Städten (Hamburg, Ruhrgebiet, etc.).

Übertragbarkeit

Prinzipiell überall anwendbar.

V. Literatur

- DWA (2004): Abkopplungsmaßnahmen in der Stadtentwässerung, Teil IV: Auswirkungen von Abkopplungsmaßnahmen auf die Gewässerbelastung aus Mischwasserkanalisationen. Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-2.6 „Hydrologie der Stadtentwässerung“
-

STECKBRIEF NR. 18 | CLUSTER KANALNETZ | MAßNAHME UMWANDLUNG VOM MODIFIZIERTEN MISCHGEBIET IN EIN TRENNGEBIET
Umwandlung vom modifizierten Mischgebiet in ein Trenngebiet


Abbildung 1: Schema einer Mischkanalisation [BWB]

Ziele	Verringerung von Mischwasserentlastungen und Verbesserung der Überstausituation
Lastfall	Überlast
Cluster	Kanalnetz
Beschreibung	Abkopplung von Regenkanälen aus Trennsystem, welche in die Mischkanalisation einleiten
Anwendungsebene	Trenn-/Mischkanalisation
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	-
Bearbeitung	Kompetenzzentrum Wasser Berlin, (KWB)

I. Funktion

In einem modifizierten Mischsystem sind Regenkanäle aus einem Trenngebiet an die Mischkanalisation angeschlossen, wodurch diese bei einem Regenereignis hydraulisch zusätzlich belastet wird. Durch eine Abtrennung dieser Regenkanäle und eine direkten Einleitung des Regenwassers in den Vorfluter, z.B. durch Anschluss an einen Entlastungskanal oder Verlängerung des Regenkanals, kann die unterstrom liegende Mischkanalisation entlastet werden. In der Folge können Mischwasserüberläufe und Überstauereignisse reduziert werden.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Am Prager Platz im Modellgebiet Wilmersdorf sind mehrere Regenwasserkanäle der Wilmersdorfer Trennkanalisation an die Mischkanalisation angeschlossen, wodurch diese bei einem Regenereignis zusätzlich belastet wird. Als Maßnahme wurden diese Regenkanäle im Kanalnetzmodell InfoWorks von der Mischkanalisation abgetrennt und das Regenwasser unterhalb eines Regenüberlaufs (RÜ12) direkt in den Wilmersdorfer Entlastungskanal eingeleitet (Abbildung 2). Dazu war es notwendig ca. 200 m bestehendes Kanalnetz zu modifizieren (z.B. Leitungen umlegen, Fließrichtung ändern, Durchmesser vergrößern) und einen neuen Verbindungskanal vom Prager Platz zum Wilmersdorfer Entlastungskanal (300 m) zu verlegen. Insgesamt wurde ein Teilgebiet mit einer undurchlässigen Fläche von 6,9 ha von der Mischkanalisation abgetrennt.

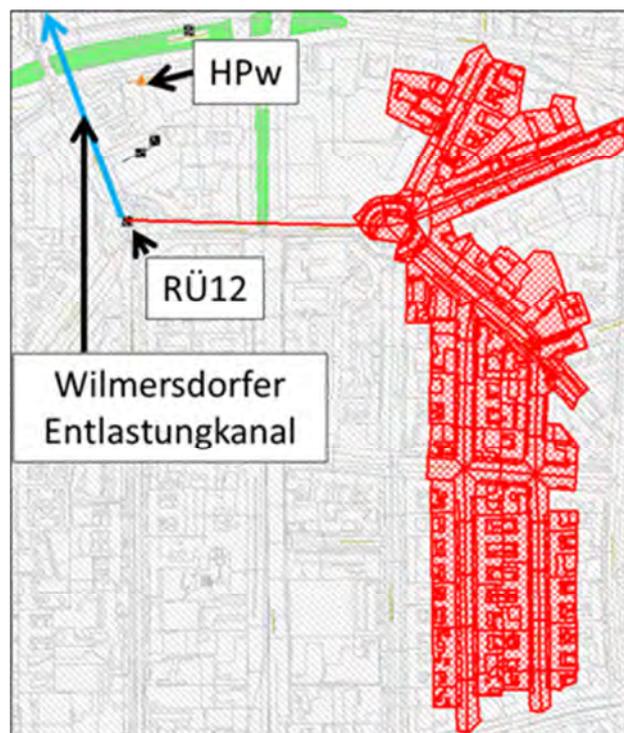


Abbildung 2: Abgekoppelte Teilflächen des modifizierten Mischsystems mit dem neuen Verbindungskanal zum Wilmersdorfer Entlastungskanal

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Bei der Abkopplung von Teilflächen eines (modifizierten) Mischsystems und der direkten Einleitung ins Gewässer, ist zu beachten, dass der Regenabfluss von stark verschmutzten Flächen, z.B. stark befahrenen Straßen, auf geeignete Arte gereinigt werden sollte, z.B. über einen Retentionsbodenfilter. Andernfalls kann die Maßnahme sogar zu einer Erhöhung der jährlichen Schmutzfracht ins Gewässer führen.

III. Bewertung der Maßnahme *Umwandlung vom modifizierten Mischgebiet in ein Trenngebiet*

Die nachfolgende Bewertung wird für das Szenario einer Abkopplung von Teilflächen eines modifizierten Mischsystems mit 6,9 ha (ca. 1% der gesamten undurchlässigen Fläche des Modellgebiets) und der direkten Einleitung ins Gewässer dargestellt.

Bewertung der Maßnahme																			
MWÜ = Mischwasserüberlauf <div style="text-align: right; margin-right: 100px;">Reduzierung [%]</div> <table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <caption>Reduzierung [%]</caption> <thead> <tr> <th>Indikator</th> <th>Reduzierung [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Überlaufhäufigkeit, MWÜ</td><td>~5</td></tr> <tr><td>Überlaufdauer, MWÜ</td><td>~5</td></tr> <tr><td>Überlaufvolumen, MWÜ</td><td>~5</td></tr> <tr><td>BSB5-Fracht, MWÜ</td><td>~5</td></tr> <tr><td>CSB-Fracht, MWÜ</td><td>~5</td></tr> <tr><td>NH4-N-Fracht, MWÜ</td><td>~5</td></tr> <tr><td>Anzahl überstauter Schächte</td><td>~10</td></tr> <tr><td>Überstauintegral</td><td>~10</td></tr> </tbody> </table>		Indikator	Reduzierung [%]	Überlaufhäufigkeit, MWÜ	~5	Überlaufdauer, MWÜ	~5	Überlaufvolumen, MWÜ	~5	BSB5-Fracht, MWÜ	~5	CSB-Fracht, MWÜ	~5	NH4-N-Fracht, MWÜ	~5	Anzahl überstauter Schächte	~10	Überstauintegral	~10
Indikator	Reduzierung [%]																		
Überlaufhäufigkeit, MWÜ	~5																		
Überlaufdauer, MWÜ	~5																		
Überlaufvolumen, MWÜ	~5																		
BSB5-Fracht, MWÜ	~5																		
CSB-Fracht, MWÜ	~5																		
NH4-N-Fracht, MWÜ	~5																		
Anzahl überstauter Schächte	~10																		
Überstauintegral	~10																		
Die dargestellten Wirkungsindikatoren zeigen die Effekte der Maßnahme auf das Mischwasserüberlaufverhalten (Anzahl MWÜ-Ereignisse = Überlaufhäufigkeit, Überlaufdauer und entlastetes Volumen bzw. entlastete Fracht) sowie auf das Überstauverhalten (Anzahl überstauter Schächte und die Überstauhöhe integriert über die Zeit).																			
Kostenbewertung	Die Kostenangaben beziehen sich auf ein Teilbereich des Mischgebietes. Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Richtlinie, auf ein Jahr bezogene Kosten. In den Kostenbetrachtungen wurden Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Personalkosten berücksichtigt. Die Kosten sind unter der Annahme einer kompletten Neuinvestition zu verstehen. Es handelt sich um abschätzbare Kostenannahmen. <div style="margin-top: 10px;"> Bereich Jahreskosten Abschätzung Jahreskosten </div>																		
Synergien	-																		
Wirkungsabschätzung	Die Maßnahme zeigte einen geringen positiven Effekt auf die durch Mischwasserüberläufe eingetragenen Schmutzfrachten ins Gewässer sowie auf die Überstausituation. Allerdings ist der Effekt aufgrund der kleinen angeschlossenen Fläche (ca. 1% des gesamten Modellgebiets) sehr limitiert. Zudem werden durch diese Maßnahme bei jedem Regen Schmutzstoffe von den Oberflächen der entkoppelten Teilflächen ohne Reinigung direkt in das Gewässer eingeleitet. Dies führt sogar dazu, dass der positive Effekt der Maßnahme auf die ins Gewässer eingetragene jährliche Schmutzfracht bzgl. des Referenzjahrs 1990 aus dem Kanalnetz fast vollständig aufgehoben oder sogar eine Verschlechterung erzielt wird. Ohne eine zusätzliche Reinigung des Regenwassers wird nur die Ammoniumfracht verringert, da Ammonium im Regenwasser kaum vorliegt.																		

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Umwandlung eines mod. Mischgebiets in ein Trenngebiet		X		X			X

Übertragbarkeit

Prinzipiell auf jede modifizierte Mischkanalisation anwendbar.

Erhöhung Förderkapazität des Hauptpumpwerks



Abbildung 1: Abwasserpumpwerk [BWB]

Ziele	Reduzierung der Mischwasserüberläufe und eine Verbesserung der Überstausituation
Lastfall	Überlast
Cluster	Kanalnetz
Beschreibung	Erhöhung der maximalen Förderkapazität am Hauptpumpwerk Wilmersdorf (Pumpwerk im KURAS Modellgebiet), um mehr Mischwasser zum Klärwerk fördern zu können
Anwendungsebene	Mischkanalisation
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	-
Bearbeitung	Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB)

I. Funktion

Durch die Erhöhung der Förderleistung am Hauptpumpwerk Wilmersdorf (HPw, Hauptpumpwerk im KURAS Modellgebiet) von derzeit 1,45 m³/s (zweifache Trockenwetterspitze) kann eine größere Abwassermenge aus dem Modellgebiet abgeleitet und zum Klärwerk Ruhleben gefördert werden. Durch die hydraulische Entlastung des Kanalnetzes wird eine Reduzierung der Mischwasserüberläufe und gegebenenfalls eine Verbesserung der Überstausituation erwartet. Limitierende Faktoren, die hier nicht betrachtet wurden, sind neben der Leistung der Pumpen insbesondere die Kapazität des Klärwerks sowie der dorthin führenden Abwasserdruckleitung (ADL), welche nur bis zu einem bestimmten Druck belastet werden kann. Zudem müssen hydraulische Limitierungen durch das Kanalnetz überprüft werden.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Zur Ermittlung der Wirksamkeit der Maßnahme hinsichtlich der Reduzierung von Mischwasserüberläufen und Überstauereignissen und zur Überprüfung des Kanalnetzes auf mögliche hydraulische Limitierungen, wurde im Kanalnetzmodell eine Variantenuntersuchung mit unterschiedlichen Fördermengen am Hauptpumpwerk durchgeführt. Beginnend mit dem Status Quo ($1,45 \text{ m}^3/\text{s}$) wurde die maximale Fördermenge des HPw in der Simulation schrittweise um $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ auf maximal $3,05 \text{ m}^3/\text{s}$ erhöht. Abbildung 2 zeigt die jeweiligen Förderkennlinien des Hauptpumpwerkes.

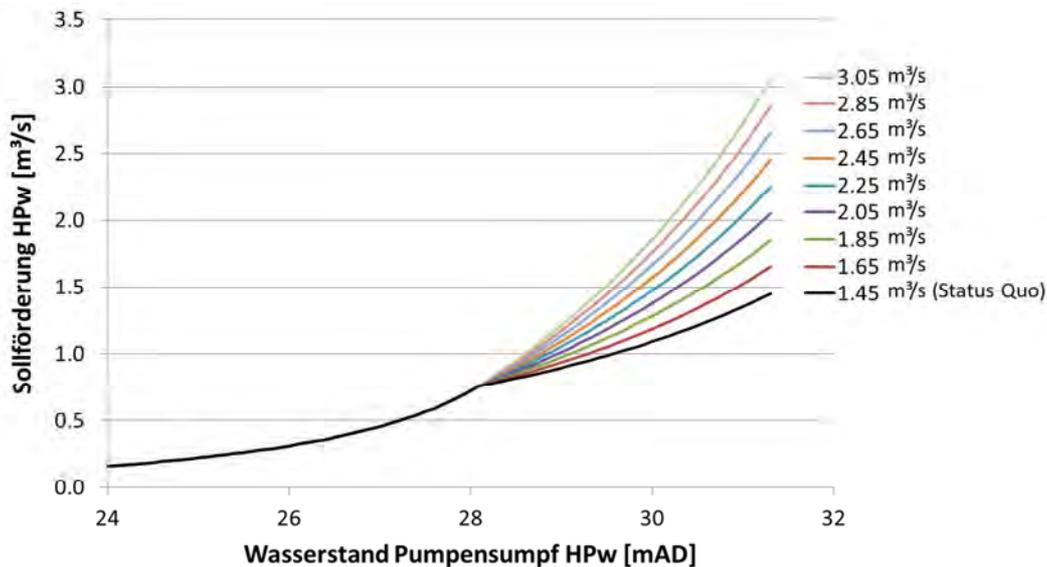


Abbildung 2: Förderkennlinie am Hauptpumpwerk Wilmersdorf für die verschiedenen Varianten des Screenings

Die Untersuchung des Effektes wurde zunächst losgelöst von baulichen oder betrieblichen Einschränkungen am Klärwerk oder an der Abwasserdruckleitung durchgeführt. Des Weiteren wurden keine strukturellen Anpassungen im Kanalnetz vorgenommen. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass mit einer Erhöhung der Förderkapazität auf $2,05 \text{ m}^3/\text{s}$ (2,8-fache Trockenwetterspitze) die hydraulische Situation im Modellgebiet deutlich verbessert werden kann. Ab einer Förderkapazität von $2,05 \text{ m}^3/\text{s}$ stellt sich keine weitere, wesentliche Reduzierung von Mischwasserüberläufen und Überstau ein, da hydraulische Engpässe im Kanalnetz den Zufluss zum Hauptpumpwerk limitieren.

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Zur Ermittlung der reell erreichbaren maximalen Fördermenge am Hauptpumpwerk sind mehrere Faktoren zu berücksichtigen und müssen für eine detaillierte Auslegung im Zusammenspiel untersucht werden:

- *Hydraulische Limitierung im Kanalnetz:* Durch Engstellen im Kanalnetz wie z.B. kleine Rohrdurchmesser oder Drosselbauwerke, kann der Zufluss zum Hauptpumpwerk so eingeschränkt sein, dass die Erhöhung der Förderkapazität nicht vollständig ausgenutzt werden kann.
- *Limitierung durch die Abwasserdruckleitung:* Eine Erhöhung der Förderkapazität führt zu einem höheren Druck in der bestehenden Abwasserdruckleitung (ADL) zwischen dem HPw und dem Klärwerk. Die maximale Druckbelastung der ADL ist abhängig von den verwendeten Rohrmaterialien, dem Durchmesser und dem Alter der Leitung und kann einer Erhöhung der Förderkapazität daher im Wege stehen.
- *Limitierung durch das Klärwerk:* Ein höherer Förderstrom am HPw führt zu einer zusätzlichen hydraulischen Belastung des Klärwerks und damit ggf. zu einer Überlastung desselben. Zudem kommt es, speziell bei langen und großen Abwasserdruckleitungen wie in Berlin, zu einem höheren Frachtstoß

zu Beginn des Regenereignisses, da das sich anfangs in der ADL befindende unverdünnte Schmutzwasser in einem kürzeren Zeitraum zum Klärwerk gefördert wird.

III. Bewertung der Maßnahme *Erhöhung Förderkapazität des Hauptpumpwerks*

Bewertung einer Erhöhung der Förderkapazität des Hauptpumpwerks von 2-facher auf 2,8-facher Trockenwetterspitze.

Bewertung der Maßnahme	
<p>MWÜ = Mischwasserüberlauf</p> <div style="text-align: center;"> <p>Reduzierung [%]</p> </div>	
<p>Kostenbewertung</p>	<p>Die Kostenangaben beziehen sich auf das Hauptpumpwerk im Modellgebiet sowie die Abwasserdruckleitung zur Kläranlage. Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Richtlinie, auf ein Jahr bezogene Kosten. In den Kostenbetrachtungen wurden Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Personalkosten und zusätzlicher Energiebedarf berücksichtigt. Die Kosten sind unter der Annahme einer kompletten Neuinvestition zu verstehen. Es handelt sich um abschätzbare Kostenannahmen.</p> <div style="margin-top: 10px;"> <p> Bereich Jahreskosten Abschätzung Jahreskosten </p> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>0 € 0,02 Mio. € 0,1 Mio. € 0,5 Mio. € 1 Mio. € 2 Mio. €</p> </div>
<p>Synergien</p>	-
<p>Wirkungsabschätzung</p>	<p>Die Erhöhung der Fördermenge zeigt ein großes Potential zur Verbesserung der Überlaufsituation, jedoch nur ein geringes Potential zur Verbesserung der Überstausituation.</p> <p>Eine Erhöhung der Förderkapazität des HPw von der 2-fachen auf die 2,8-fache Trockenwetterspitze hat eine deutliche Reduzierung der Überlaufhäufigkeit (15 statt 21 Ereignisse) und der über Mischwasserüberläufe entlasteten Schmutzfracht zur Folge (Reduzierung, je nach Parameter, um 38-50%). Die Überstausituation verbessert sich hingegen nur leicht. Die höheren Abwassermengen führen allerdings auch zu einer leichten Erhöhung der Schmutzfrachten und Spitzenkonzentrationen aus dem Klärwerk.</p>

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch
 mittel
 niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Fördermengenerhöhung am HPw		X		X			X

Übertragbarkeit

Diese Maßnahme ist prinzipiell auf jede Mischwasserkanalisation unter Berücksichtigung der lokalen Randbedingungen (Kanalnetz, Abwasserdruckleitung und Klärwerk) übertragbar.

STECKBRIEFE



FORSCHUNGSCUSTER

PUMPSYSTEM

Reinigungssequenz



Abbildung 1: Manuelle Reinigung einer Abwasserpumpe [TUB-FSD]

Ziele	Automatisierte Entstörung von Abwasserpumpen mit Hilfe von Frequenzumrichter-Betrieb.
Lastfall	Überlast und Unterlast
Cluster	Pumpsystem
Beschreibung	Verstopfte Abwasserpumpen werden über eine Reinigungssequenz automatisiert entstört.
Anwendungsebene	Abwasserpumpwerk
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	-
Bearbeitung	TU Berlin, FG Fluidsystemdynamik

I. Funktion

Die Maßnahme Reinigungssequenz startet mit der Übergabe eines Signals „Pumpe verstopft“ an die Pumpensteuerung. Das Signal kann über verschiedene Betriebsparameter generiert werden und ist in der Maßnahme „Merkmalsgenerierung Verstopfungsfrüherkennung“ Teil zusätzlicher Untersuchungen im Rahmen des Projektes KURAS.

Wird eine Verstopfung der Abwasserpumpe während des Betriebs detektiert, wird der Pumpbetrieb gestoppt, das heißt die Pumpe wird von der derzeitigen Betriebsdrehzahl ausgehend abgefahren. Für die Abfahrrampe sind die Betriebsvorgaben des Druckleitungsnetzes einzuhalten, da die Pumpe in diesem Zustand noch aktiv an der Förderung auf die Abwasserdruckleitung beteiligt ist und daher Druckstöße auf das Netz zu vermeiden sind. Nach Abfahren der Pumpe wird der druckseitige Absperrschieber geschlossen und die Pumpe vom Druckleitungsnetz getrennt.

Im zweiten Schritt wird die Pumpe bei geschlossenem Schieber auf Maximaldrehzahl angefahren. Der Drehzahlgradient ist nunmehr durch die Herstellervorgaben von Pumpe und Motor, bzw. elektrotechnisch begrenzt. Bei konstanter Drehzahl und geschlossenem Schieber wird das Verstopfungsmaterial von leichten Verstopfungen aufgewirbelt, bzw. von mittleren und schweren Verstopfungen zerfasert.

Im dritten Schritt wird die Pumpe bei geschlossenem Schieber mit entgegengesetzter Drehrichtung auf halber Drehzahl gefahren. Leichte, mittlere und schwere Verstopfungen werden aufgewirbelt.

Im vierten Schritt wird der Schieber geöffnet und die Pumpe auf maximale Drehzahl angefahren. Das zerfaserte und aufgewirbelte Verstopfungsmaterial wird aus der Pumpe gefördert. Die Pumpe fördert in diesem Schritt in das Abwasserdruckleitungsnetz. Der Drehzahlgradient wird daher durch den Betrieb der Druckleitung vorgegeben, um Druckstöße zu vermeiden. Als Fördergrad wird $Q/Q_{opt} > 0,8$ angestrebt.

Nach dem Spülvorgang wird die Pumpe wieder an das automatische Leitsystem des Betreibers übergeben.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Die Maßnahme Reinigungssequenz wurde im Labor mit synthetischem Abwasser und im Feldversuch mit realem Abwasser in Vorprojekten entwickelt und in ihrer Wirkung für Versuchspumpen validiert [Thamsen & Bashinskiy, 2012].

Im Rahmen des Projektes KURAS wurde die Reinigungssequenz auf eine reale Abwasserpumpe im Hauptpumpwerk Wilmersdorf übertragen. Bestehende Definitionen von Drehzahlen, Drehzahlgradienten und Wirkzeiten wurden aus den Vorprojekten auf die Anforderungen der Abwasserpumpen im HPW Wilmersdorf angepasst und in der Pumpensteuerung parametrisiert. Für einen Zeitraum von drei Monaten wurden dann alle anfallenden Pumpenverstopfungen mit Hilfe der Reinigungssequenz bekämpft und der Reinigungserfolg ermittelt. Die Auslösung der Reinigungssequenz erfolgt manuell im Pumpwerk.

Die Bewertung der Reinigungssequenz erfolgte anhand der hydraulischen Leistung der Versuchspumpe. Über die existierende Klarwasserkennlinie aus Förderstrom Q und Förderhöhe H ist für jeden Betriebspunkt der Pumpe bekannt, welche hydraulische Leistung P_u mit einem nicht verstopften Laufrad auf das Fluid übertragen wird.

$$P_u = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Aufgrund des Drehzahl-geregelten Betriebs erfolgte die Bewertung anhand der normierten Leistungszahl λ . Wobei der Förderstrom über die normierte Kennzahl Durchflusszahl φ und die Förderhöhe H über die normierte Kennzahl Druckzahl ψ dargestellt wird.

$$\text{Leistungszahl } \lambda = \frac{\varphi \cdot \psi}{\eta}$$

Zunehmende Verstopfung behindert diese Leistungsübertragung und wird über einen prozentualen Indikator dargestellt. Äquivalent wird auch der Reinigungserfolg anhand der Leistungszahl ermittelt. Hier wird die Leistungszahl nach Reinigung mit der Soll-Leistungszahl verglichen.

$$\text{Leistungsübertragung} = \frac{\lambda_{ist}}{\lambda_{soll}} \cdot 100\%$$

Kenndaten zur Reinigungssequenz					
Schritt	Aktion	Schieberstellung	Drehrichtung	Parameter	Werte mit Quellenangaben
1	Pumpe abfahren		Betreiber	Abfahrrampe	6 s ⁻¹ , Betreiber
2	Druckschieber schließen				
3	Pumpe anfahren	geschlossen	normal	Anfahrrampe	21 s ⁻¹
4	Drehzahl halten	geschlossen	normal	Drehzahl	650 min ⁻¹ , Betreiber
5	Pumpe abfahren	geschlossen	normal	Abfahrrampe	21 s ⁻¹
6	Pumpe anfahren	geschlossen	Gegenlauf	Anfahrrampe	26 s ⁻¹
7	Drehzahl halten	geschlossen	Gegenlauf	Drehzahl	390 min ⁻¹ , Betreiber
8	Pumpe abfahren	geschlossen	Gegenlauf	Abfahrrampe	26 s ⁻¹
9	Druckschieber öffnen				
10	Pumpe anfahren	offen	normal	Anfahrrampe	6 s ⁻¹ , Betreiber
11	Drehzahl halten	offen	normal	Drehzahl	780 min ⁻¹ , Betreiber
12	Pumpe Abfahren	offen	normal	Abfahrrampe	6 s ⁻¹ , Betreiber

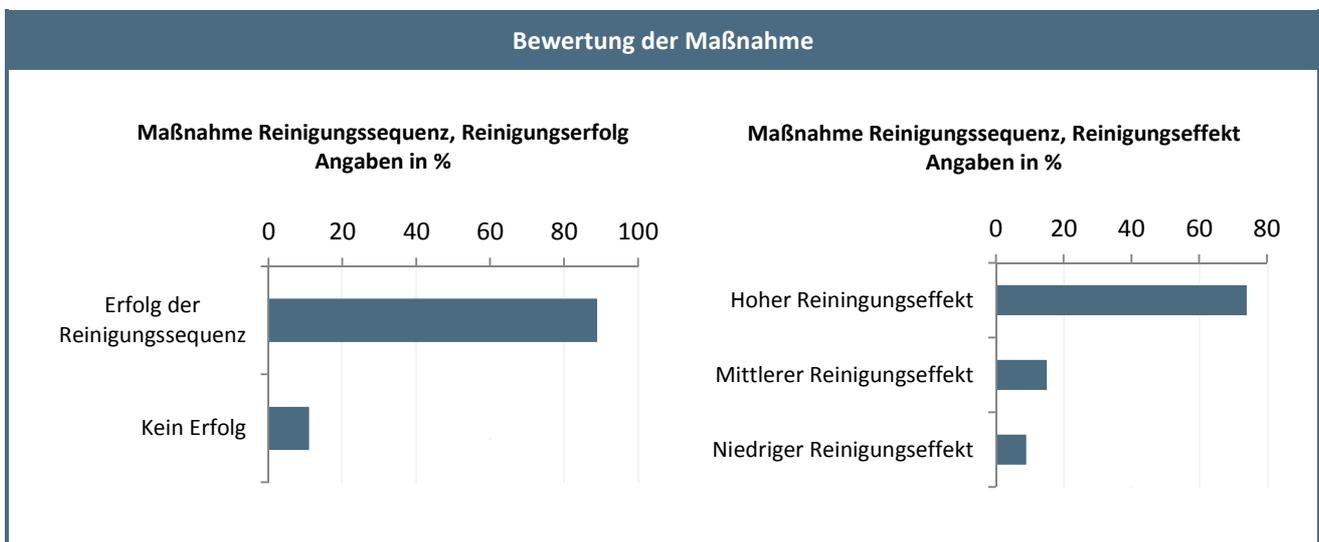
III. Bewertung der Maßnahme Reinigungssequenz

Für die Bewertung der Maßnahme Reinigungssequenz wurde die Verwendung der Reinigungssequenz zur Beseitigung von realen Verstopfungsfällen während des realen Förderbetriebs einer Abwasserpumpe im HPw Wilmersdorf ausgewertet. Bei insgesamt 53 ausgewerteten Anwendungen der Reinigungssequenz zur Verstopfungsbeseitigung war bei 47 Fällen keine manuelle Reinigung der Pumpe mehr notwendig, dies entspricht einer Erfolgsquote von 89 Prozent. Für 34 Reinigungssequenzen wurden zusätzlich die Betriebsdaten ausgewertet und der Reinigungseffekt ermittelt.

$$\text{Reinigungseffekt } RE = \frac{\lambda_{\text{nach Reinigung}}}{\lambda_{\text{soll}}} \cdot 100\%$$

hoch $RE \geq 95\%$
mittel $95\% > RE \geq 85\%$
gering $85\% > RE \geq 75\%$

Hier wurde bei 74 Prozent der Fälle ein hoher Reinigungseffekt erzielt, in 15 Prozent der Fälle ein mittlerer Reinigungseffekt und in 9 Prozent ein geringer. Die Maßnahme Reinigungssequenz ist daher positiv zu bewerten.



Kostenbewertung	Bei der Umsetzung der Maßnahme an einem Pumpwerk mit bestehender Automatisierung entstehen nur geringe Kosten.
Synergien	-
Wirkungsabschätzung	Die positive Wirkung der Reinigungssequenz wurde im Projekt nachgewiesen. Durch Anwendung der Maßnahme werden Kosten und zeitlicher Reinigungsaufwand reduziert.

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch
 mittel
 niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Pumpenentstörung über Reinigungssequenz	X		X			X	

Umsetzungsbeispiele

- IMEBA Versuchsstand Halle K, TU Berlin, Fachgebiet Fluidsystemdynamik
- IMEBA Versuchsstand HPw Lichtenberg, Fachgebiet Fluidsystemdynamik/Berliner Wasserbetriebe
- Hauptpumpwerk Wilmersdorf, Berlin, Elkr. VI, Fachgebiet Fluidsystemdynamik/Berliner Wasserbetriebe, im Rahmen von KURAS
- IFAT 2016, Flygt Concertor

Übertragbarkeit

Die Maßnahme Reinigungssequenz ist auf andere Standorte mit Verstopfungsproblemen an Abwasserpumpen übertragbar.

V. Literatur

- P. Thamsen, S. Bashinskiy. Abschlussbericht. Innovative mechatronische Eingriffssysteme zur Betriebsoptimierung komplexer Abwassersysteme (IMEBA). Berichtszeitraum 01.09.2009 – 31.05.2012. Technische Universität Berlin. 31.08.2012.
- Gerlach, S.; Rauwald, H.; Thamsen, P. U.; Kroeber, W.; Waschnewski, J. (2016). Implementation of a Cleaning Sequence on a wastewater pump of 455kW. 3rd International Equipment Conference - Pump Users International Forum 2016, 14-15.9.2016, Duesseldorf, Germany

Rückspülen



Abbildung 1: Verstopfungsmaterial aus einer Abwasserpumpe [TUB-FSD]

Ziele	Automatisierte Entstörung von Abwasserpumpen durch Rückspülen.
Lastfall	Überlast und Unterlast
Cluster	Pumpsystem
Beschreibung	In Schachtpumpwerken kann über Pumpenredundanz eine verstopfte Pumpe über eine zweite vorhandene Pumpe mit Eigenwasser gespült werden.
Anwendungsebene	Abwasserpumpwerk
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	-
Bearbeitung	TU Berlin, FG Fluidsystemdynamik

I. Funktion

Die Maßnahme Rückspülen startet mit der Übergabe eines Signals „Pumpe verstopft“ an die Pumpensteuerung. Das Signal kann über verschiedene Betriebsparameter generiert werden und ist in der Maßnahme „Merkmalsgenerierung Verstopfungsfrüherkennung“ Teil zusätzlicher Untersuchungen im Rahmen des Projektes KURAS.

Wird Verstopfung der Abwasserpumpe während des Betriebs detektiert, wird der Pumpbetrieb gestoppt. Über ein druckseitiges Ventil wird die verstopfte Pumpe von der Druckleitung getrennt und zwischen Pumpe und Rückschlagventil eine Verbindung zu einer Spülpumpe geöffnet. Das Verstopfungsmaterial wird dann aus der Pumpe zurück in die Schachtsohle gespült.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Die Maßnahme Rückspülen wurde am Versuchsstand Schachtpumpwerk am Fachgebiet Fluidsystemdynamik der TU Berlin untersucht. Der Versuchsstand besteht aus einem handelsüblichen Pumpenschacht mit zwei Abwasserpumpen in Nassaufstellung. Für die Versuche wurde das relevante Abwasserverhalten über künstliches Abwasser dargestellt. Dafür wurde dem Klarwasser im Versuchsstand Textilmaterial in Form von Staubtüchern zugegeben. Eine Pumpe fungiert als Versuchspumpe, die zweite als Spülpumpe. Die Versuchspumpe wurde im Versuchsstand so lange betrieben, bis auf Grund von Verstopfung eine deutliche Abweichung der Betriebsparameter feststellbar war. Über druckseitige Ventile wurden Versuchspumpe und Spülpumpe von der Druckleitung getrennt und zwischen beiden Pumpen ein Bypass geöffnet. Über einen kurzen Einsatz der Spülpumpe wurde das Verstopfungsmaterial aus der Versuchspumpe in den Pumpenschacht zurückgespült.



Abbildung 2: Versuchsstand Schachtpumpwerk

Die Versuche wurden mit verschiedenen Konzentrationen des künstlichen Abwassers und für verschiedene Verstopfungsvarianten durchgeführt. Darüber hinaus wurde die Wirkung bei verschiedenen Pumpentypen untersucht.

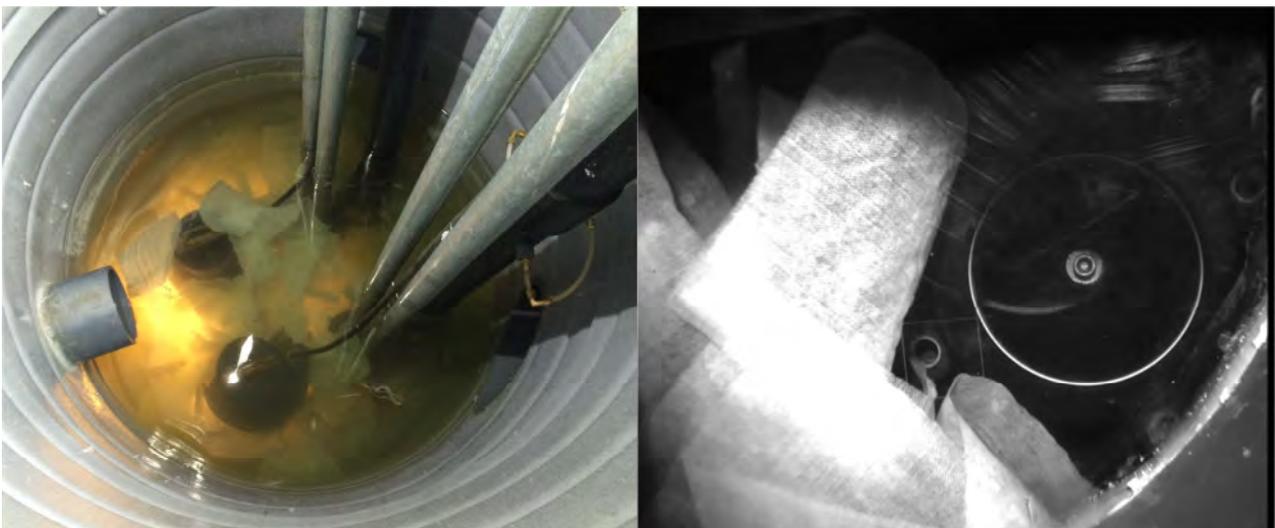


Abbildung 3: Versuchsdurchführung

Die Bewertung der Maßnahme Rückspülen erfolgt äquivalent zur Maßnahme Reinigungssequenz anhand der hydraulischen Leistung der Versuchspumpe. Über die existierende Klarwasserkennlinie aus Förderstrom Q und Förderhöhe H ist für jeden Betriebspunkt der Pumpe bekannt, welche hydraulische Leistung P_u mit einem nicht verstopften Laufrad auf das Fluid übertragen wird.

$$P_u = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Aufgrund des Drehzahl-geregelten Betriebs erfolgte die Bewertung anhand der normierten Leistungszahl λ . Wobei der Förderstrom über die normierte Kennzahl Durchflusszahl φ und die Förderhöhe H über die normierte Kennzahl Druckzahl ψ dargestellt wird.

$$\text{Leistungszahl } \lambda = \frac{\varphi \cdot \psi}{\eta}$$

Zunehmende Verstopfung behindert diese Leistungsübertragung und wird über einen prozentualen Indikator dargestellt. Äquivalent wird auch der Reinigungserfolg anhand der Leistungszahl ermittelt. Hier wird die Leistungszahl nach Reinigung mit der Soll-Leistungszahl verglichen.

$$\text{Leistungsübertragung} = \frac{\lambda_{ist}}{\lambda_{soll}} \cdot 100\%$$

III. Bewertung der Maßnahme Rückspülen

Die Bewertung der Maßnahme Rückspülen erfolgt optisch über ein Fenster in der Schachtsohle und über Messung der Betriebsdaten während des Verstopfungsvorgangs und nach der Reinigung durch Rückspülen. Der Reinigungserfolg wird optisch über die Abfrage „Laufrad frei“ oder „Laufrad“ weiterhin verstopft. Über die Leistungsübertragung wird der Reinigungseffekt zusätzlich quantifiziert.

$$\text{Reinigungseffekt } RE = \frac{\lambda_{nach\ Reinigung}}{\lambda_{soll}} \cdot 100\%$$

<i>hoch</i>	$RE \geq 95\%$
<i>mittel</i>	$95\% > RE \geq 85\%$
<i>gering</i>	$85\% > RE \geq 75\%$

Die Untersuchungen zum Rückspülen sind noch nicht abgeschlossen.

Bewertung der Maßnahme	
Die Bewertung der Maßnahme ist noch nicht abgeschlossen	
Kostenbewertung	Kostenbewertung muss individuell nach den örtlichen Gegebenheiten in Bezug auf bestehende Rohrleitungsführung, Zugänglichkeit und Installationsaufwand für zusätzliche Armaturen und Automatisierung im Pumpwerk durchgeführt werden.
Synergien	-
Wirkungsabschätzung	Die positive Wirkung der Rückspülen wurde im Projekt nachgewiesen. Durch Anwendung der Maßnahme werden Wartungskosten und zeitlicher Reinigungsaufwand reduziert.

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Pumpenentstörung über Rückspülen	X		X				X

Umsetzungsbeispiele

- Versuchsstand Schachtpumpwerk Halle K, TU Berlin, Fachgebiet Fluidsystemdynamik

Übertragbarkeit

Die Maßnahme Rückspülen ist auf andere Standorte mit Verstopfungsproblemen an Schachtpumpwerken übertragbar.

STECKBRIEF NR. 22 | CLUSTER PUMPSYSTEM | MAßNAHME MERKMALSGENERIERUNG
 VERSTOPFUNGSFRÜHERKENNUNG

Merkmalsgenerierung Verstopfungsfrüherkennung

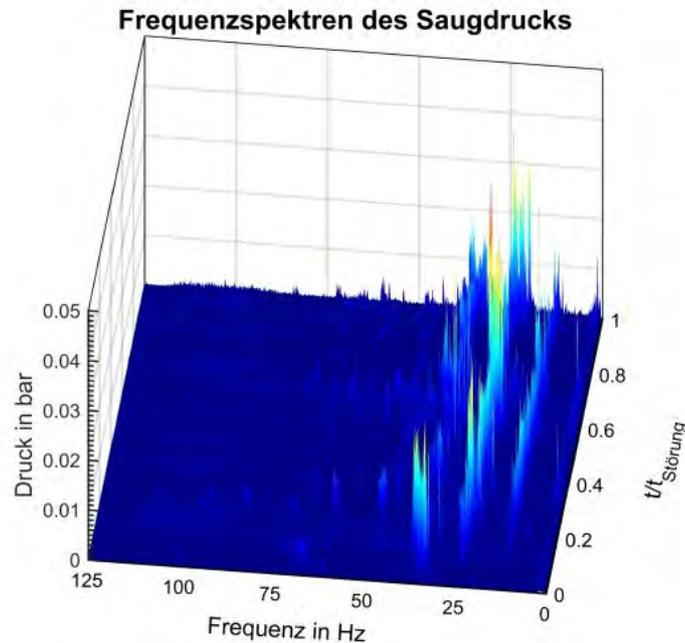


Abbildung 1: Frequenzspektren des Saugdruckes [TUB-FSD]

Ziele	Erkennung einer beginnenden Verstopfung mit Hilfe von Zustandsüberwachung.
Lastfall	Überlast und Unterlast
Cluster	Pumpensystem
Beschreibung	Über zeitlich-hochaufgelöste Druckmessung und Frequenzanalyse wird Pumpenverstopfung
Anwendungsebene	Abwasserpumpwerk
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	-
Bearbeitung	TU Berlin, FG Fluidsystemdynamik

I. Funktion

Die Maßnahme Merkmalsgenerierung Verstopfungsfrüherkennung basiert auf zeitlich hochaufgelöster Druckmessung am Saugstutzen von Abwasserpumpen. Mit geeigneter Sensorik wird die Druckfluktuation in der saugseitigen Zuströmung der Pumpe erfasst und mittels Spektralanalyse in ihre Frequenzanteile zerlegt. Über den Verlauf der Amplituden in den relevanten Frequenzbereichen ist ein Rückschluss auf den Verstopfungszustand möglich. Das Signal kann als Auslöser für Gegenmaßnahmen wie Rückspülen oder Reinigungssequenz genutzt werden.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Im Rahmen des Projektes KURAS wurden zwei Abwasserpumpen mit Drucksensoren am Saugrohr ausgestattet und in einer Messkampagne über mehrere Monate kontinuierlich überwacht. Dabei wurde jede Minute eine Messung über 8,192s ausgeführt, wobei mit einer Abtastrate von 1kHz genau 8192 Messwerte erfasst wurden. Die Erfassung der Betriebsparameter erfolgt parallel über vorhandene Infrastruktur im Pumpwerk.

Die Datenanalyse erfolgt über MATLAB. Für den Zeitraum der Messkampagne werden die verfügbaren Betriebsdaten mit den Druckmessdaten zusammengeführt und bereinigt. Die Bewertung des Verstopfungszustandes der Pumpe erfolgt über die hydraulische Leistung der Versuchspumpe. Über die existierende Klarwasserkennlinie aus Förderstrom Q und Förderhöhe H ist für jeden Betriebspunkt der Pumpe bekannt, welche hydraulische Leistung P_u mit einem nicht verstopften Laufrad auf das Fluid übertragen wird.

$$P_u = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Aufgrund des Drehzahl-geregelten Betriebs wird die hydraulische Leistung in die normierte Leistungszahl λ überführt. Wobei der Förderstrom über die normierte Kennzahl Durchflusszahl φ und die Förderhöhe H über die normierte Kennzahl Druckzahl ψ dargestellt wird.

$$\text{Leistungszahl } \lambda = \frac{\varphi \cdot \psi}{\eta}$$

Zunehmende Verstopfung behindert diese Leistungsübertragung und wird über einen prozentualen Indikator dargestellt.

$$\text{Leistungsübertragung} = \frac{\lambda_{ist}}{\lambda_{soll}} \cdot 100\%$$

Der Zusammenhang zwischen gestörter Leistungsübertragung und Amplitudenverlauf bei bestimmten Frequenzanteilen wird über statistische Methoden ermittelt.

III. Bewertung der Maßnahme *Merkmalsgenerierung Verstopfungsfrüherkennung*

Die sichere Erkennung von Verstopfungserscheinungen an Abwasserpumpen ist für Betreiber von Abwasserpumpensystemen sehr wertvoll. Da sich Pumpenverstopfungen in den Betriebsdaten Durchfluss, Förderhöhe, Leistungsaufnahme und Schwingung unterschiedlich zeigen können und die entsprechende Messtechnik oft nicht für alle Parameter zur Verfügung steht, hat Verstopfungserkennung anhand eines einzelnen Sensors für Betreiber einen hohen Wert.

Die Bewertung der Maßnahme Verstopfungserkennung ist aktuell nicht abgeschlossen.

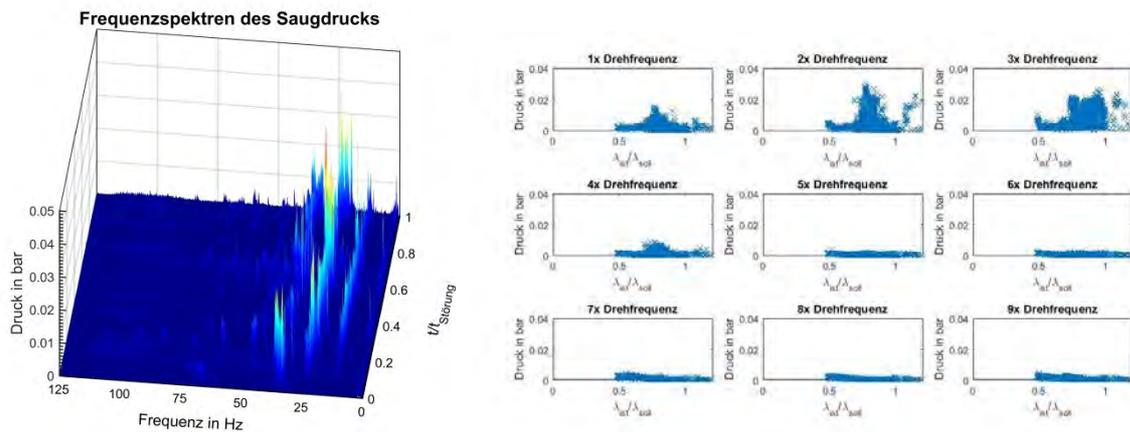
Bewertung der Maßnahme


Abbildung 2: Verlauf der Frequenzspektren für ein Störungsereignis, Amplituden für alle Ereignisse bei charakteristischen Frequenzen

Kostenbewertung	Bei der Umsetzung der Maßnahme an einem Pumpwerk mit bestehender Automatisierung entstehen nur geringe Kosten.
Synergien	-
Wirkungsabschätzung	Maßnahmenbewertung bei Projektende nicht abgeschlossen

IV. Einordnung in die Realität
Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Verstopfungserkennung mit einem Messsignal	X		X		Aktuell werden mehrere Messsignale zur Detektion von Pumpenverstopfungen benötigt. Die Verwendung eines einzelnen Signals ist für Betreiber von großem Interesse.	X	

Übertragbarkeit

Die Maßnahme Verstopfungserkennung ist auf andere Standorte mit Verstopfungsproblemen an Abwasserpumpen übertragbar.

Saugraumgestaltung



Abbildung 1: Saugraumoptimierung im HPw Biesdorf [TUB-FSD]

Ziele	Reduzierung von Ablagerungen und Pumpenstörungen
Lastfall	Alle Lastfälle
Cluster	Pumpsystem
Beschreibung	Über die Formgebung des Saugraums von Abwasserpumpwerken werden Ablagerungen verringert.
Anwendungsebene	Abwasserpumpwerk
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	ATV 134 ANSI/HI 9.8
Bearbeitung	TU Berlin, FG Fluidsystemdynamik

I. Funktion

Ablagerungen in Saugräumen entstehen in Zonen, in denen die minimale Transportgeschwindigkeit für die entsprechenden Abwasserinhaltsstoffe unterschritten wird. Dieser komplexe Prozess wird durch verschiedene geometrische, aber auch betriebliche Parameter beeinflusst. Hierzu gehören unter anderem die Geometrie des Saugraumes, die Zulaufrichtung, die Position der Saugkrümmer, die Zulaufmenge, der Förderstrom, die Pumpenschaltung und der Feststoffgehalt.

Aufgrund der Größe von Saugräumen für mehrere Pumpen, den unterschiedlichen Zulaufmengen und den daraus resultierenden Pumpenschaltungen lässt sich Sedimentation allgemein schwer verhindern. Trotzdem kann über eine intelligente Saugraumgestaltung die Wirkung von sogenannten Spülprogrammen zur Reinigung des Saugraums verbessert werden. Somit kann die Akkumulation von großen Sedimentationszonen auf ein Minimum reduziert werden.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Verschiedene Belastungsfälle, variable Wasserstände und ein intransparentes Medium verhindern eine komplette Bewertung der Sedimentation in Originalbauwerken. Daher erfolgt die Untersuchung mit Hilfe von Modellversuchen am maßstäblichen Pumpwerksmodell mit Einhaltung der Froude-Ähnlichkeit. Dafür wurde die Saugraumgeometrie in ein Acrylglasmodell übertragen. Unter Verwendung von Tracer-Partikeln verschiedener Dichten wurde für verschiedene Zulaufsituationen (Tagesgang des Einzugsgebietes) das Sedimentationsverhalten im Saugraum in Modellversuchen analysiert. Zur Verbesserung der Strömungsführung und zur Vermeidung von Sedimentation wurden anschließend verschiedene Varianten mit Hilfe von numerischer Strömungssimulation berechnet. Die resultierenden Geometrien wurden dann im nächsten Schritt über experimentelle Versuche optimiert. Dabei handelt es sich um eine kreisrunde Profilierung der Zwischenräume der Saugkrümmer und einen angepassten Bermenwinkel. Die letztmalige Validierung erfolgte über eine stichprobenartige Begehung des Originalbauwerks nach der Bauumsetzung.

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Die konkrete Auslegung der Saugraumgestaltung orientiert sich immer am entsprechenden Bauwerk. Eine Übertragbarkeit der erzielten Ergebnisse auf beliebige andere Bauwerke ist nur unter Berücksichtigung der jeweils spezifischen Voraussetzungen möglich. Dazu zählen vor Allem die Zulaufgeometrie sowie die Zulaufmenge. Ein Spülprogramm ist für diese Maßnahme obligatorisch. Im Betrieb sind keine höheren Kosten oder ein Wartungsmehraufwand zu erwarten.

III. Bewertung der Maßnahme Saugraumgestaltung

Die Untersuchungen zeigen, dass durch die Umsetzung der *Maßnahme Saugraumgestaltung* das Sedimentationsverhalten im Saugraum positiv beeinflusst werden kann. Insbesondere tragen die untersuchten Geometrien zur Unterstützung des Spülprogramms bei und verhindern so die Ausbildung von größeren Ablagerungszonen im Saugraum.

In der Bewertung wird hier exemplarisch die Untersuchung für den Spülbetrieb dargestellt. Der Vergleich erfolgt anhand des Originalbauwerkes und der letztlich umgesetzten Maßnahme.

Das Spülprogramm schließt direkt an den Nachtbetrieb an, d.h. im Saugraum liegt die Sedimentationsverteilung aus dem Nachtbetrieb vor. Im Folgenden wird das Originalbauwerk mit dem modifizierten Bauwerk verglichen.

Der Spülbetrieb unterscheidet sich maßgeblich von den anderen untersuchten Betriebspunkten. Während des Spülprogrammes wird das Abwasser mittels Elektrokreisell II (Elkr. II) über die beiden Spülleitungen S1 und S2 im Kreis gefördert. Dabei wird zuerst die Spülleitung eins in Betrieb genommen und nach einer definierten Zeit wird die zweite Spülleitung beschickt. Die beiden Spülleitungen sind also nicht gleichzeitig in Betrieb.

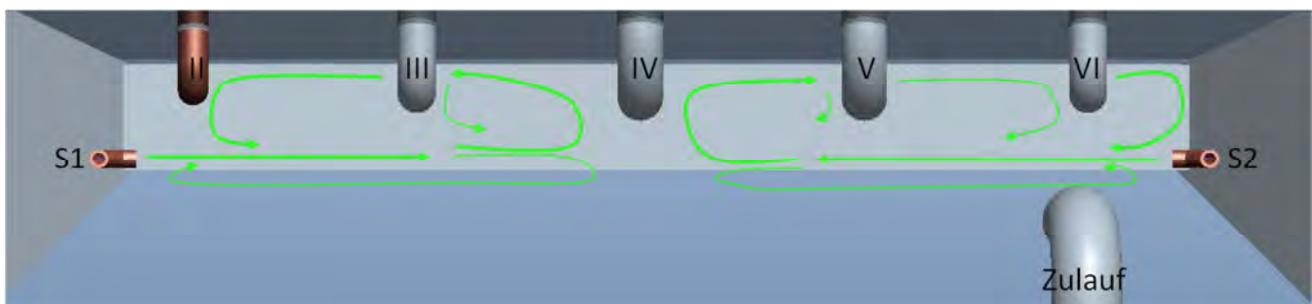


Abbildung 2: Strömungskarte des Modellversuchs am Originalbauwerk im Spülbetrieb

Wie in Abb. 2 zu erkennen, ist der jeweilige Wirkradius der Spülleitungen ungefähr auf die Mitte des Beckens beschränkt. In der Mitte des Beckens teilt sich die Strömung auf und fließt an den Längsbermen des Bauwerkes zurück, mit Verwirbelungen direkt neben der Hauptströmungsrichtung.

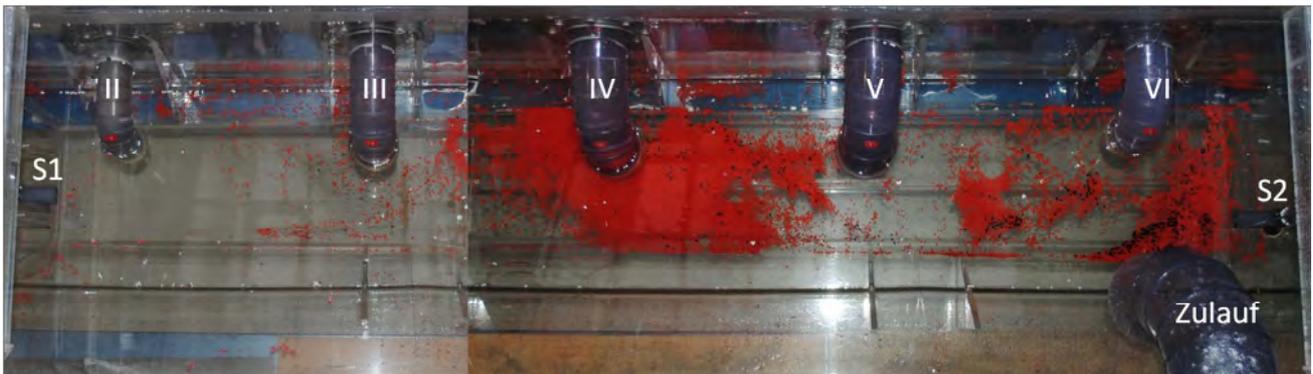


Abbildung 3: Sedimentationskarte des Modellversuchs am Originalbauwerk im Spülbetrieb

Da zu Beginn des Spülprogrammes die Sedimentation auf die Nähe des Zulaufes beschränkt ist, wird durch die Inbetriebnahme der Spülleitung 2 die Sedimentation weiter in die Mitte des Beckens verlagert.

Die hauptsächliche Wirkung der Profile im Spülprogramm zeigt sich an der deutlich stärker ausgebildeten Turbulenz im Bereich der Saugkrümmen (siehe Abb. 4). Die Rückströmung an der zulaufseitigen Berme entspricht annähernd dem Originalbauwerk.

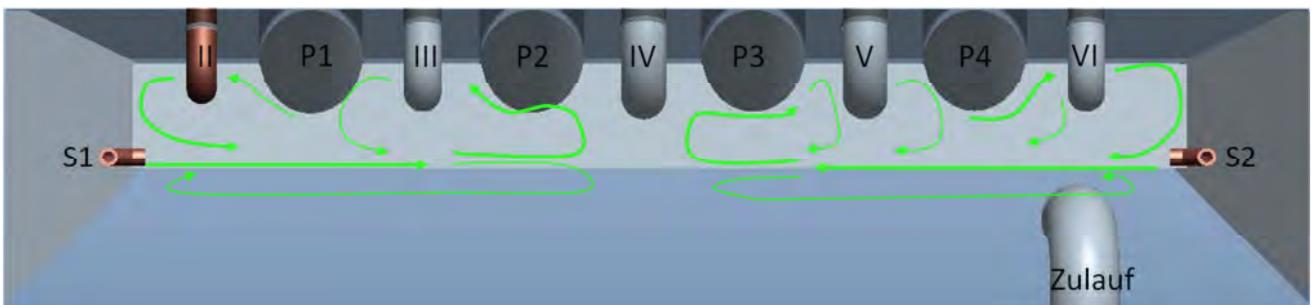


Abbildung 4: Strömungskarte des Modellversuchs am Bauwerk mit profilierten Zwischenräumen im Spülbetrieb

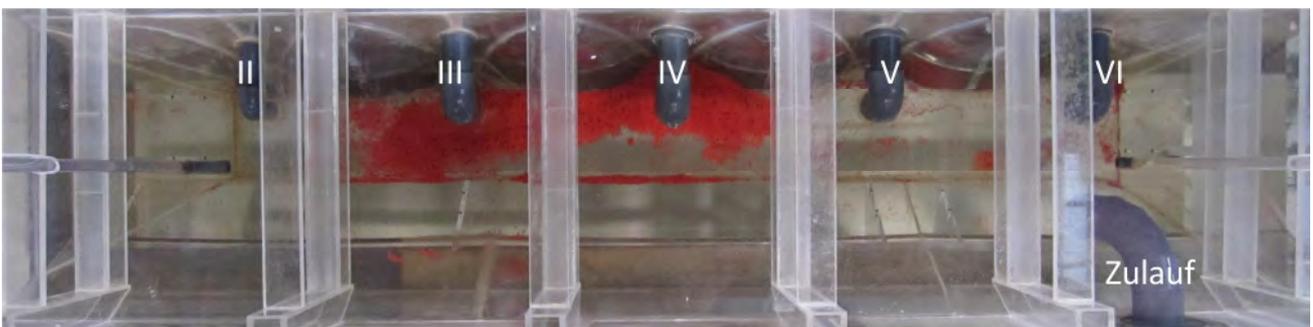


Abbildung 5: Sedimentationskarte des Modellversuchs am Bauwerk mit profilierten Zwischenräumen im Spülbetrieb (Anmerkung: Die Partikel unter Saugkrümmer III befinden sich nicht im Saugraum, sondern unter dem Boden des Modells. Diese Partikel sind aus vorhergehenden Versuchen unter die Saugraumsohle gelangt)

Die Verteilung der Sedimentation im modifizierten Bauwerk nach dem Spülprogramm zeigt eine kompaktere Sedimentationszone unter dem Saugkrümmer IV (vgl. Abb. 3). Ebenso wird der Bereich rechts des Saugkrümmers VI deutlich besser von der Sedimentation befreit und die Ablagerungen weiter in die Reichweite der Saugkrümmer transportiert.

Kostenbewertung	Eine Kostenbewertung der Maßnahme fand nicht statt.
Synergien	-
Wirkungsabschätzung	<p>Die Einbauten erhöhen generell die Turbulenz in Nähe der Saugkrümmer im Saugraum und bewirken eine Verschiebung der Sedimentationszonen in die Reichweite der Saugkrümmer. Hier ist eine Absaugung durch die jeweilige Pumpe deutlich einfacher zu realisieren. Dieser Effekt wird besonders im Spülprogramm deutlich.</p> <p>Durch diese Maßnahme wird die Anhäufung von Sedimentationszonen, die nicht mehr maschinell zu beseitigen sind, deutlich reduziert.</p> <p>Die abschließende Begehung des Saugraumes nach Inbetriebnahme hat die Untersuchungen bestätigt.</p>

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Gezielte Strömungsbeeinflussung im Saugraum zur Minderung von Sedimentation und zur Unterstützung des Spülprogramms		X	X		Prototypische Umsetzung von Modellversuchen am Originalbauwerk		X

Umsetzungsbeispiele

- Berliner Wasserbetriebe, Hauptpumpwerk Biesdorf

Übertragbarkeit

Generell ist die Strömungsbeeinflussung durch Saugraumeinbauten in jedem Pumpwerk anwendbar. Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung sind allerdings genaue Kenntnisse der Zulaufsituation, sowie der Betriebsregime. Die Verwendung eines Spülprogrammes zur regelmäßigen Suspension der Feststoffe ist obligatorisch.

Gestaltung des Pumpensumpfes



Abbildung 1: Abwasserpumpwerk in Schachtbauweise [TUB-FSD]

Ziele	Reduzierung von Ablagerungen und Pumpenstörungen
Lastfall	Überlast und Unterlast
Cluster	Pumpsystem
Beschreibung	Über die Formgebung des Pumpensumpfes von Schachtpumpwerken werden Ablagerungen vermieden.
Anwendungsebene	Abwasserpumpwerk
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	ATV 134 ANSI/HI 9.8
Bearbeitung	TU Berlin, FG Fluidsystemdynamik

I. Funktion

Die Formgebung für Schachtpumpwerke erfolgt gemäß ATV 134 und ANSI/HI 9.8. In der Maßnahme Gestaltung des Pumpensumpfes konnte gezeigt werden, dass über die alternative Gestaltung von Pumpensumpfen Sedimentation in Schachtpumpwerken vermieden werden kann und dass die aktuell bestehenden Normen als Planungsempfehlung nicht ausreichen.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

An einem Schachtpumpwerksmodell wurde der Einfluss verschiedener Geometrie-Varianten des Pumpensumpfes auf Sedimentation in Schachtpumpwerken anhand von Modellversuchen experimentell untersucht. Das Sedimentationsverhalten von Abwasserbestandteilen wurde dabei über Zugabe von Partikeln verschiedener Dichten abgebildet. Die Modellversuche wurden gemeinsam mit Particle-Image-

Velocimetry-Messungen dazu verwendet, ein numerisches Schachtmodell in CFD zu validieren. Am numerischen Schachtmodell wurde eine Variantenstudie für verschiedene Zulaufriechung durchgeführt und Bermegeometrien für in der Praxis vorkommende Zulaufriechungen optimiert. Die Untersuchungen erlauben die Definition einer Sumpfgeometrie, die speziell auf die vorhandenen Zulaufbedingungen angepasst ist. So können einerseits bestehende Bauwerke bei unveränderter Zulaufriechung nachgerüstet werden und andererseits Neubauten mit optimiertem Zulauf gemäß Maßnahme „Zulaufriechung Schachtpumpwerk“ und dafür optimierter Sumpfgeometrie ausgerüstet werden. Die Erfolg versprechende Kombination aus Zulauf und Sumpfgeometrie wurde im großtechnischen Versuch am Versuchsstand Schachtpumpwerk im 1:1-Modell umgesetzt und weiterführend untersucht.

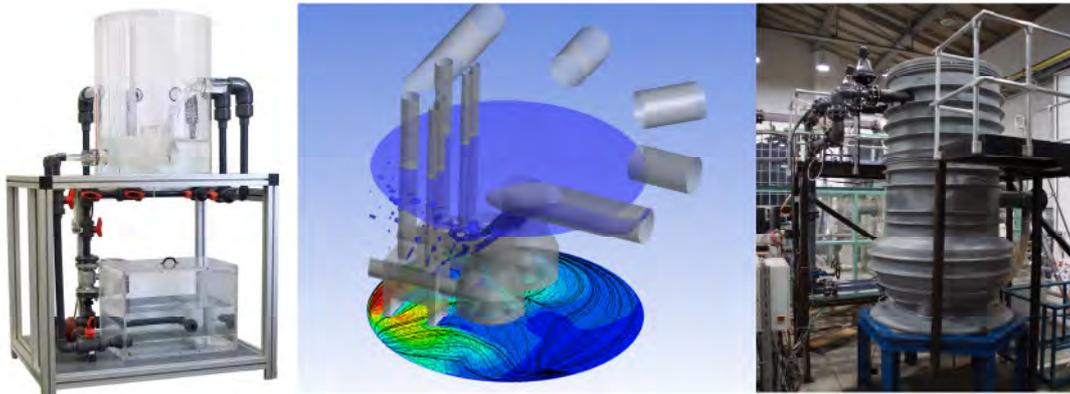


Abbildung 2: Untersuchungsplattformen Modell, Numerische Simulation, Schachtpumpwerk

III. Bewertung der Maßnahme Gestaltung des Pumpensumpfes

In Modellversuchen und in der numerischen Simulation wurde die positive Wirkung der optimierten Berme auf die Sedimentationszonen bei tangentialer Zuströmung nachgewiesen. Sedimentationszonen werden allgemein reduziert und gleichzeitig aus dem kritischen Bereich der Fußkrümmer und Führungsrohre in den zentralen Bereich der Schachtsohle verschoben, wo die Feststoffe von den Pumpen abgefördert werden.

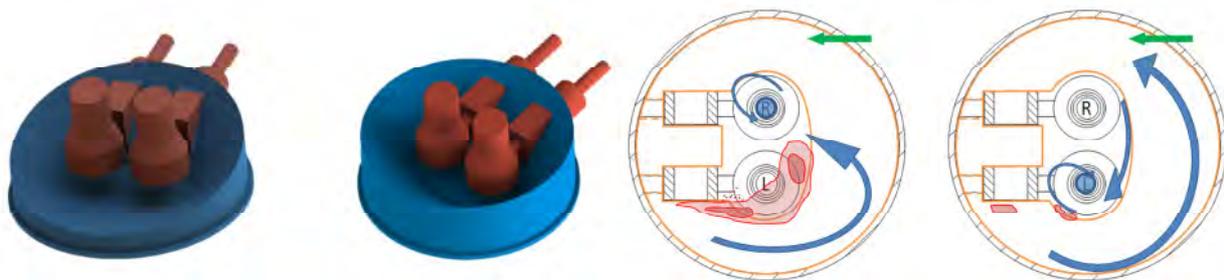


Abbildung 3: Berme für verschiedene Zulaufriechungen

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Verbesserung von aktuellen Auslegungsstandards / Richtlinien	x		x			x	

Umsetzungsbeispiele

- Schachtpumpwerksmodell, Fachgebiet Fluidsystemdynamik, Technische Universität Berlin

Übertragbarkeit

Die untersuchten Varianten können auf Schachtpumpwerke an anderen Standorten übertragen werden.

V. Literatur

- R. Abou-Ackl. P. U. Thamsen. Experimental and numerical investigations on air entrainment in pump sump for wet pit pumping stations. Technical transactions. Cracow
-

Zulaufrichtung Schachtpumpwerk



Abbildung 1: Tangentiale Zuströmung Versuchstand Schachtpumpwerk [TUB-FSD]

Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzierung Ablagerungen ▪ Reduzierung Luftertrag ▪ Reduzierung Mindestüberdeckung
Lastfall	Überlast und Unterlast
Cluster	Pumpsystem
Beschreibung	Über die Zulaufriechtung an Schachtpumpwerken werden Sedimentation und Schaumbildung vermindert.
Anwendungsebene	Abwasserpumpwerk
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	ATV 134 ANSI/HI 9.8
Bearbeitung	TU Berlin, FG Fluidsystemdynamik

I. Funktion

Die Zulaufriechtung an Schachtpumpwerken hat einen großen Einfluss auf Sedimentationsverhalten und Luftertrag in Schachtpumpwerken. Luftertrag begrenzt die Mindestüberdeckung der Abwasserpumpen und trägt damit indirekt zur Sedimentationsausbildung bei. Aktuell wird der Zulauf gemäß ATV und ANSI/HI 9.8 meist rein radial ausgeführt. Die konkrete Zulaufriechtung ist dabei oftmals von örtlichen Gegebenheiten abhängig. So finden sich in der Realität verschiedenste Konfigurationen.

Im Rahmen der Untersuchungen an Schachtpumpwerken im Projekt KURAS wurde die Wirkung verschiedener Zulaufriechtungen auf den Betrieb von Schachtpumpwerken analysiert.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

An einem Schachtpumpwerksmodell wurde der Einfluss verschiedener Zulaufrichtungen auf Sedimentation und Lufteintrag in Schachtpumpwerken anhand von Modellversuchen experimentell untersucht. Das Sedimentationsverhalten von Abwasserbestandteilen wurde dabei über Zugabe von Partikeln verschiedener Dichten abgebildet. Die Modellversuche wurden gemeinsam mit Particle-Image-Velocimetry-Messungen dazu verwendet, ein numerisches Schachtmodell in CFD zu validieren. Am numerischen Schachtmodell wurde eine Variantenstudie für verschiedene Zulaufrichtung durchgeführt und das Sedimentationsverhalten kartographiert. Die Erfolg versprechende Zulaufrichtung wurde im großtechnischen Versuch am Versuchsstand Schachtpumpwerk im 1:1-Modell umgesetzt und in ihrer Wirkung auf das Verstopfungsverhalten von Abwasserpumpen weiterführend untersucht.



Abbildung 2: Untersuchung von Lufteintrag, Sedimentation und Verstopfungsverhalten an Schachtpumpwerken

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Zur Verbesserung des Feststoffförderverhaltens der eingesetzten Abwasserpumpen sollte die tangentielle Zuströmung in gleicher Drehrichtung wie die Pumpenlaufräder ausgeführt werden.

III. Bewertung der Maßnahme Zulaufrichtung Schachtpumpwerk

Die Untersuchungen zeigen, dass tangentielle Zuströmung den Lufteintrag und Sedimentationszonen allgemein reduziert. Gleichzeitig werden die Sedimentationszonen reduziert und aus dem kritischen Bereich der Fußkrümmer und Führungsrohre in den vorderen Bereich der Schachtsohle verschoben, wo sie über eine optimierte Berme in den Bereich der Pumpen verschoben werden können. Die Verstopfungsversuche am Schachtpumpwerk zeigen eine positive Wirkung, wenn über die tangentielle Zuströmung ein Gleichdrall am Pumpeneintritt erzeugt wird. Zusätzlich verhindert die tangentielle Zuströmung, dass sich faseriges bzw. textiles Material aus dem Zulauf direkt auf den Pumpen abgelegt und dort zu großen Ballen akkumuliert, die Motorkühlung behindern, oder direkt von den Pumpen angesaugt werden können.

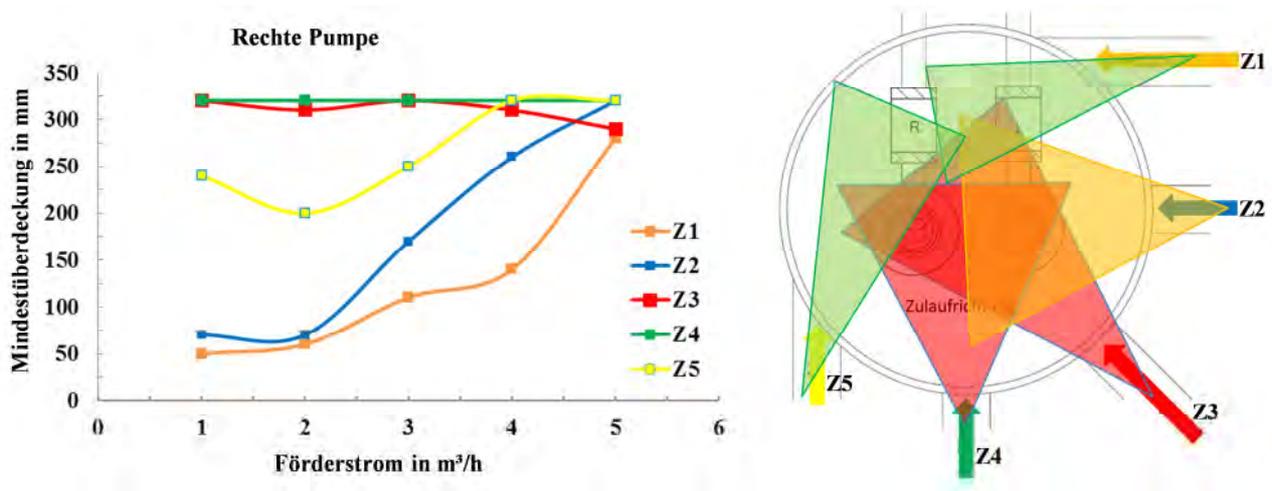


Abbildung 3: Einfluss von Zulaufriechung auf Mindestüberdeckung

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt / Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
Die veränderte Zulaufriechung weicht maßgeblich von den Auslegungsstandards gemäß ATV 134 und HI 9.8 ab.	x		x			x	

Umsetzungsbeispiele

- Versuchsstand Schachtpumpwerk, Fluidsystemdynamik, Technische Universität Berlin

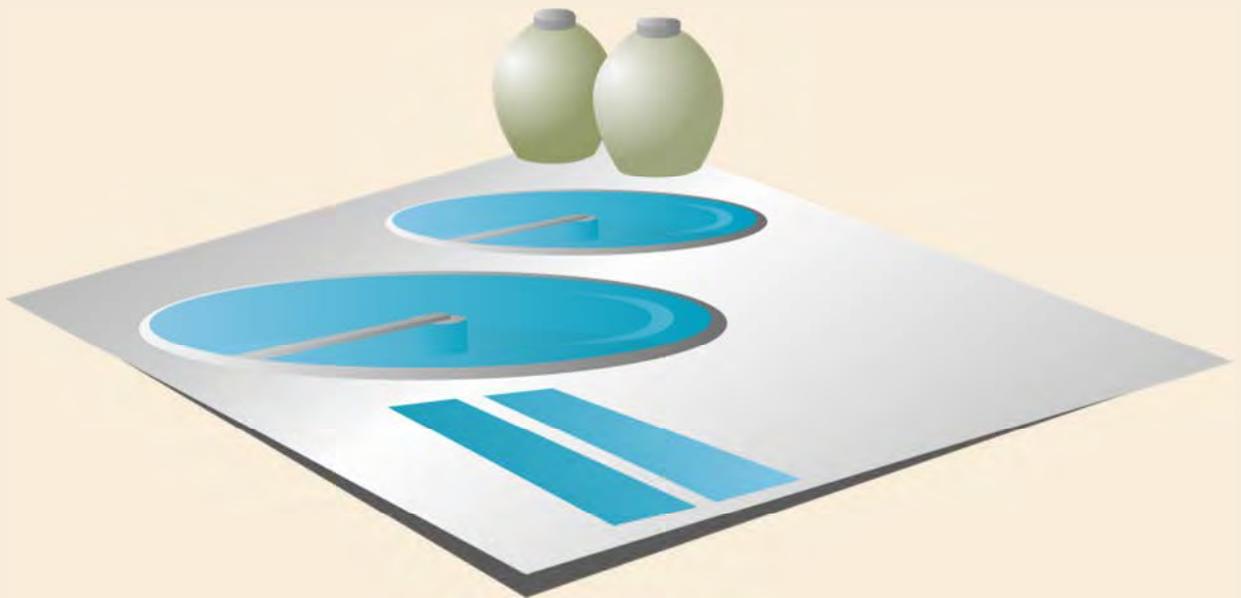
Übertragbarkeit

Die Maßnahme zielt vorrangig auf die Umsetzung beim Neubau von Schachtpumpwerken. Eine Umsetzung an bestehenden Pumpwerken ist aufgrund der bereits existierenden angeschlossenen Kanäle und Leitungen nur schwer möglich.

V. Literatur

- R. Abou-Ackl, P. U. Thamsen. Experimental and numerical investigations on air entrainment in pump sump for wet pit pumping stations. Technical transactions. Cracow

STECKBRIEFE



**FORSCHUNGSCLUSTER
KLÄRANLAGE**

STECKBRIEF NR. 26 | CLUSTER KLÄRANLAGE | MAßNAHME VARIABLE BELÜFTUNG

Variable Belüftung




Abbildung 1: Kläranlage [ifak]

Ziele	Regelungskonzept, Steuerungskonzept
Lastfall	Überlast, Unterlast
Cluster	Kläranlage
Beschreibung	Nutzung einer variablen Belüftung von Beckenabschnitten, um erhöhte Mischwassermengen zu reinigen, dabei die Ablaufwerte einzuhalten.
Anwendungsebene	Lokale Maßnahme Kläranlage
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	Themenband DWA AG KA 6.9
Bearbeitung	Institut für Automation und Kommunikation (ifak)

I. Funktion

Als Maßnahme zur Verbesserung des KA Verhaltens werden verschiedene Varianten der variablen Belüftung von Beckenabschnitten analysiert. In Abbildung 2 ist das Modell einer generischen Kläranlage mit dieser Erweiterung dargestellt.

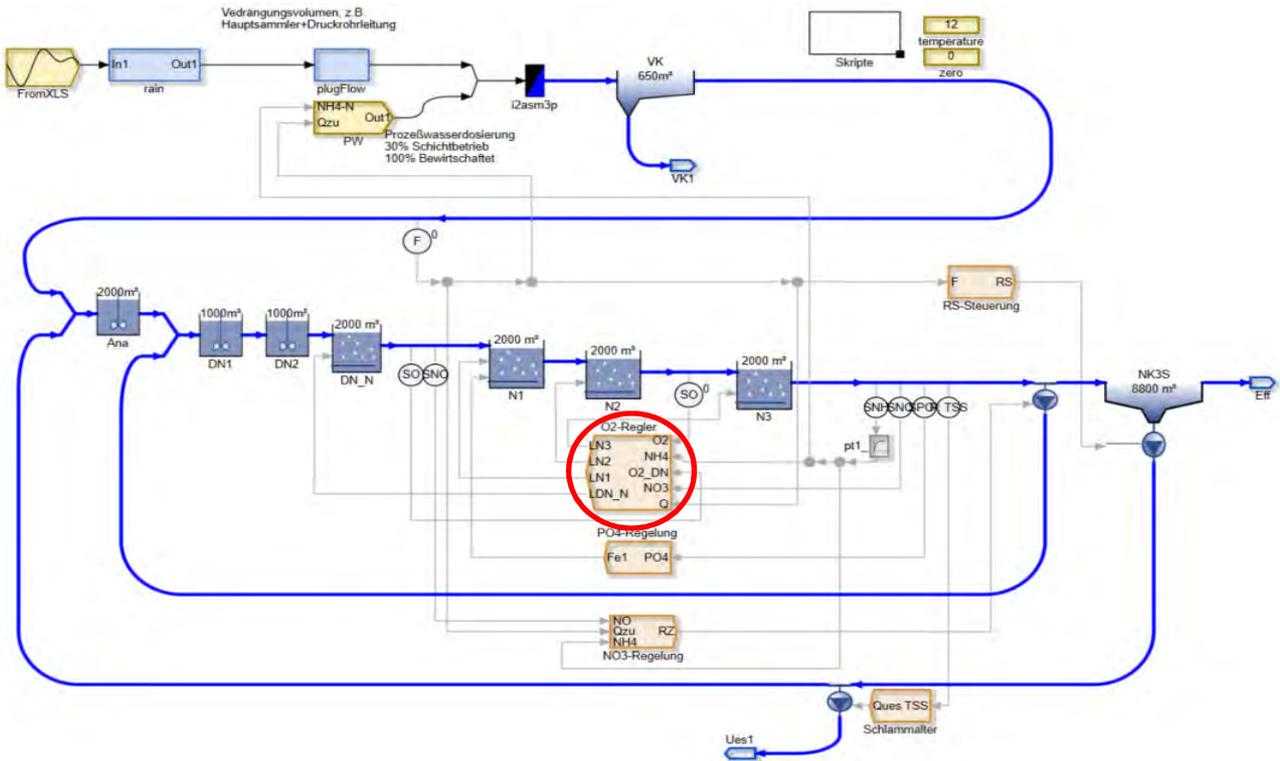


Abbildung 2: Maßnahme variable Belüftung von Beckenabschnitten

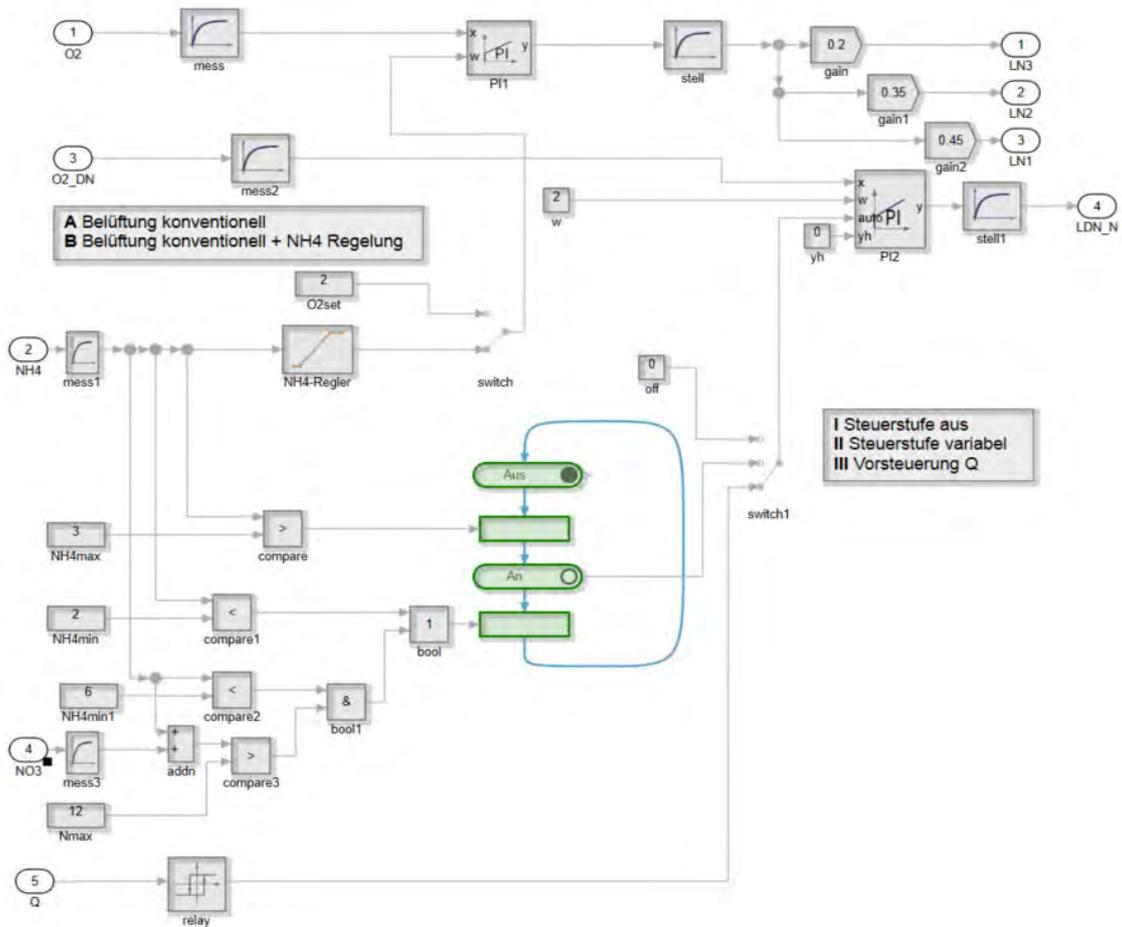


Abbildung 3: Regelungs- und Steuerungsvarianten der Maßnahme

Abbildung 3 zeigt den Aufbau der Regelungen und Steuerungen, um die variable Belüftung von Beckenabschnitten umsetzen zu können. Für diese Maßnahme gibt es zwei Regelungsvarianten, die mit drei weiteren Steuerungsvarianten kombiniert werden können. Variante A ist die konventionelle Belüftung. Dazu erfolgt eine Messung des gelösten Sauerstoffgehaltes im letzten Drittel der Nitrifikation und eine Regelung des Wertes auf einen festen Sollwert. Als Stellgröße wird der Luftvolumenstrom ausgegeben, von diesem werden verschiedene Anteile an die Nitrifikationsbecken geleitet. Variante B ist Variante A sehr ähnlich, bei dieser Variante wird der Sollwert jedoch nicht als konstanter Wert angegeben sondern durch einen NH₄-Regler vorgegeben. Diese beiden Varianten können mit drei Varianten einer Vorsteuerung ergänzt werden. Die Vorsteuerung steuert, ob das intermittierende Denitrifikationsbecken als Denitrifikationsbecken oder Nitrifikationsbecken genutzt wird. Wird es als Nitrifikation genutzt, erfolgt eine Sauerstoffregelung auf einen konstanten Wert. Bei Variante I ist die Vorsteuerung ausgeschaltet. Variante II ist eine variable Steuerung, bei der das Einschalten und Ausschalten der Belüftung im Denitrifikationsbecken von der NH₄-N- und NO₃-N-Konzentration am Ende der Nitrifikation abhängt. Die dritte Steuerungsvariante ist vom Zulaufvolumenstrom abhängig. Überschreitet dieser eine bestimmte Menge, wird die Belüftung des Denitrifikationsbeckens eingeschaltet.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Die Varianten wurden per Simulation mit SIMBA[#] an einem generischen Modell getestet.

Kenndaten zur Bemessung/Betrieb			
Parameter	Einheit	Werte mit Quellenangaben	Auslegung in KURAS
KR _{O2}	$\left[\frac{-}{\text{mg/l}} \right]$	Sauerstoffregler Verstärkung	7*V _N
TN _{O2}	min	Sauerstoffregler Nachstellzeit	15
w _{O2}	mg/l	Sauerstoffsollwert (Variante A,I,II,III)	
Q _{Luft,1}	m ³ /d	Anteil des Stellwertes Luftvolumenstrom für vorderen Bereich der Nitrifikation (Variante A,B)	
Q _{Luft,2}	m ³ /d	Anteil des Stellwertes Luftvolumenstrom für mittleren Bereich der Nitrifikation (Variante A,B)	
Q _{Luft,3}	m ³ /d	Anteil des Stellwertes Luftvolumenstrom für hinteren Bereich der Nitrifikation (Variante A,B)	
x _{NH4,1} ...x _{NH4,4}	gN/m ³	Stützstellen der NH ₄ -N-Konzentrationen (Variante B)	
y _{Q1} ...y _{Q4}	m ³ /d	Stützstellen des Sauerstoffsollwertes (Variante B)	
NH _{4,max}	gN/m ³	Grenzwert zum Einschalten der Belüftung des Denitrifikationsbeckens (Variante II)	3
NH _{4,min}	gN/m ³	Grenzwert zum Ausschalten der Belüftung des Denitrifikationsbeckens (Variante II)	2
NH _{4,min,NO3}	gN/m ³	Grenzwert zum Ausschalten der Belüftung in Kombination mit der NO ₃ -N-Konzentration (Variante II)	6
NO _{3,max}	gN/m ³	Grenzwert zum Ausschalten der Belüftung in Kombination mit der NH ₄ -N-Konzentration (Variante II)	12
Q _{g,1}	m ³ /d	Grenzwert des Volumenstromes zum Einschalten der Belüftung des Denitrifikationsbeckens (Variante III)	

III. Bewertung der Maßnahme *Variable Belüftung*

Die Maßnahme *variable Belüftung* zeigt für fast alle Varianten eine Verbesserung der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Ablaufwerte. Zudem zeigt sie eine Verbesserung in den PO_4 -Ablaufwerten und dadurch Einsparung bei der Fällmittelzugabe.

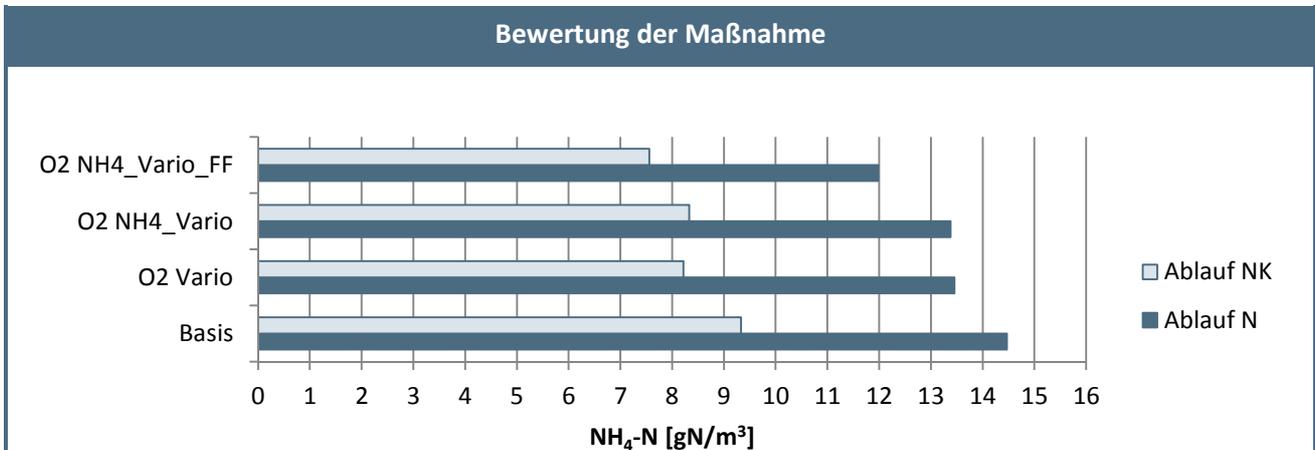


Abbildung 4: Vergleich der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Ablaufwerte für drei Varianten der Maßnahme mit einem Basisfall (NK - Nachklärung, N - Ablauf Nitrifikation)

Der Vergleich in 4 zeigt, dass durch die drei dargestellten Varianten der Maßnahme eine Verbesserung der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Ablaufwerte am Ablauf der Nitrifikation und der Nachklärung gegenüber einem Basisfall auftritt.

Kostenbewertung	<p>Die Kostenangaben beziehen sich auf das Klärwerk im Modellgebiet. Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Richtlinie, auf ein Jahr bezogene Kosten. In den Kostenbetrachtungen wurden Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Personalkosten berücksichtigt. Die Kosten sind unter der Annahme einer kompletten Neuinvestition zu verstehen. Es handelt sich um abschätzbare Kostenannahmen.</p> <div style="margin-left: 20px;"> Bereich Jahreskosten Abschätzung Jahreskosten </div> <p style="text-align: center;">0 € 0,02 Mio. € 0,1 Mio. € 0,5 Mio. € 1 Mio. € 2 Mio. €</p>
Synergien	keine
Wirkungsabschätzung	Mit der Maßnahme können, falls erforderlich, Ammoniumspitzen bekämpft werden. Die Balance zwischen Nitrifikation und Denitrifikation kann besser gefunden werden mit dem Effekt einer verbesserten Stickstoffelimination und reduzierten Energieverbräuchen.

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt/ Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
	X		X				X

Umsetzungsbeispiele

Z.B. Ammoniumregelungen werden zunehmend Stand der Technik und haben sich auf vielen Kläranlagen bewährt. Die Reduktion der Rezirkulation als Maßnahme zur NH₄-Spitzenabsenkung ist hier innovativer sollte aber nur bei akuten Problemen mit NH₄-N Spitzen eingesetzt werden.

Übertragbarkeit

Diese Maßnahmen erfordern nur geringe Investitionen und können durch Ergänzungen in der SPS Programmierung umgesetzt werden. Die grundlegenden Prinzipien sind auf viele Kläranlagen übertragbar, die jeweilige Parametrierung der Regler muss fallspezifisch vorgenommen werden.

V. Literatur

- DWA KA-6.9: Themenband „Technische Maßnahmen zur Behandlung von erhöhten Mischwasserabflüssen in der Kläranlage“, DWA-Arbeitsgruppe KA-6.9 DWA 2016, ISBN 978-3-88721-284-1
 - Alex, J.; Baumann, P; Seggelke, K; Svardal, K; Kühn, V: Unterstützende regelungstechnische Maßnahmen zur erhöhten Mischwasserbehandlung auf Kläranlagen. DWA-GMA-Gemeinschaftstagung Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen, 15.-16.10.2013, Fulda, DWA, 2013, ISBN 978-3-944328-44-7
-

STECKBRIEF NR. 27 | CLUSTER KLÄRANLAGE | MAßNAHME BYPASSFÜHRUNG

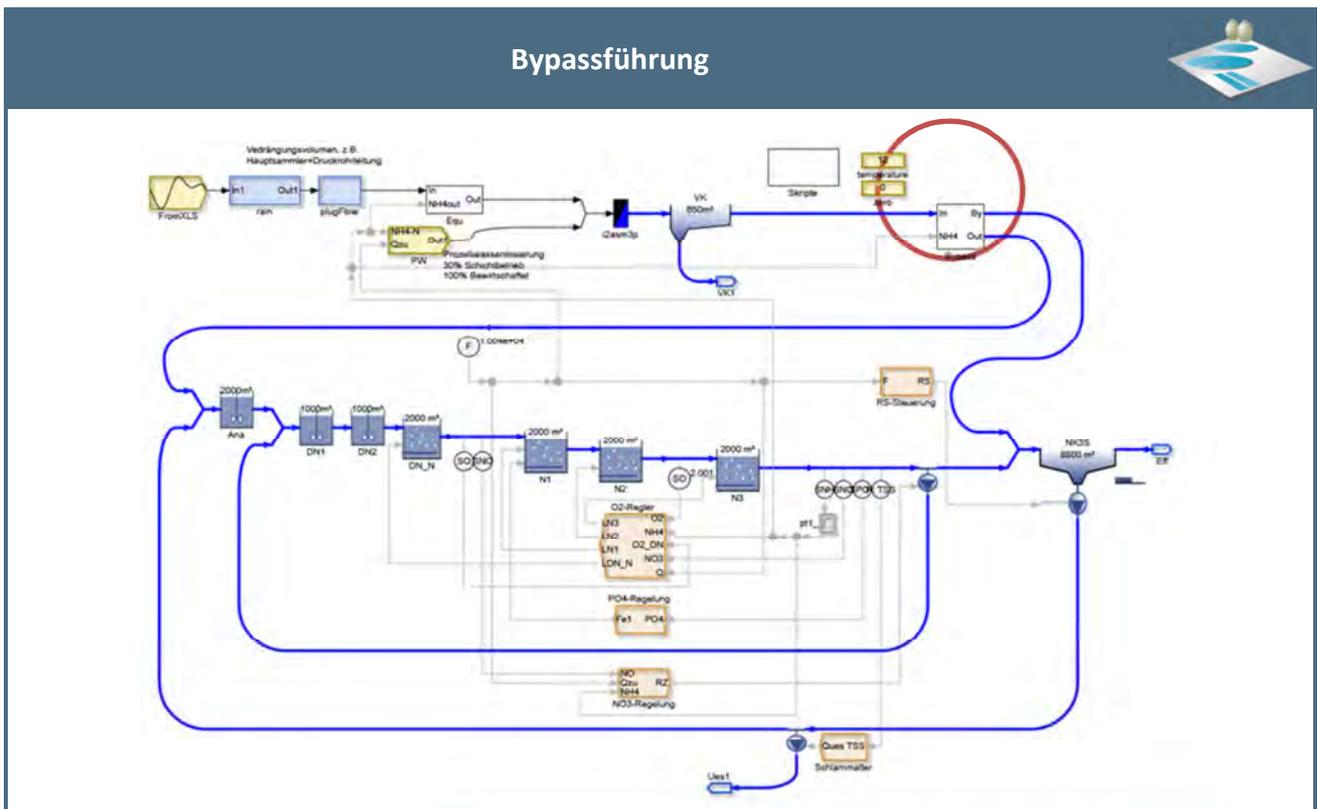


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Maßnahme Bypassführung [ifak]

Ziele	Regelungskonzept, Potentialabschätzung
Lastfall	Überlast
Cluster	Kläranlage
Beschreibung	Nutzung eines Bypasses auf der Kläranlage um erhöhte Mischwassermengen mechanisch zu reinigen, dabei die Ablaufwerte einzuhalten und die Nachklärung nicht zu überlasten.
Anwendungsebene	Lokale Maßnahme Kläranlage
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	Arbeitsbericht DWA AG, KA Veröffentlichung
Bearbeitung	Institut für Automation und Kommunikation (ifak)

I. Funktion

Als Maßnahme zur Verbesserung des Kläranlagenverhaltens wurde eine Bypassführung des Abwassers von der Vorklärung direkt zur Nachklärung, um die biologische Reinigungsstufe herum, vorgesehen. Mit dieser Option sollen hydraulische Reserven des Nachklärbeckens genutzt werden, ohne das Becken durch eine zu hohe Schlammfracht (Schlammvolumenbeschickung) zu überlasten.

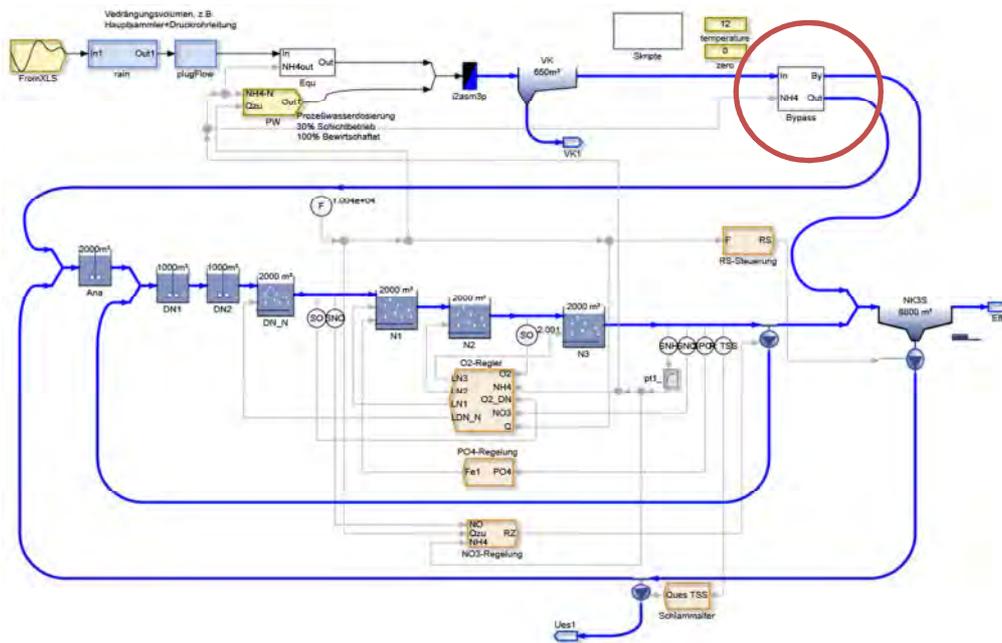


Abbildung 2: Maßnahme Bypassführung

Zur Ansteuerung des Bypasses wurden zwei Varianten analysiert. Variante B, mengenbasiert und Variante C, NH4-N-BB basiert (siehe Abbildung 3).

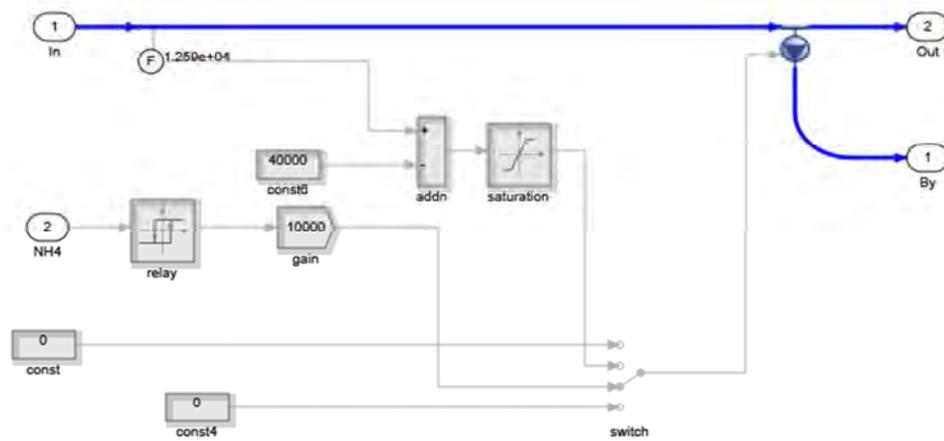


Abbildung 3: Steuerung Bypassführung

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Die Variante wurde per Simulation mit SIMBA[#] an einem generischen Modell getestet.

Kenndaten zur Bemessung/Betrieb			
Parameter	Einheit	Werte mit Quellenangaben	Auslegung in KURAS
Qby	m3/d	Grenzwert zur Aktivierung Bypass, gleichgesetzt aktuellem Qm (Maximalzufluss bei Mischwasser)	

Qm	m ³ /d	Maximale behandelte Wassermenge, Auslegung so, dass die maximalen Schlammbelastung eingehalten wird	
----	-------------------	---	--

III. Bewertung der Maßnahme Bypassführung

Die Maßnahme *Bypassführung* erlaubt die maximale Wassermenge, die auf der Kläranlage behandelt wird, zu erhöhen. Damit verringern sich Emissionen aus einem Mischwasserkanalnetz.

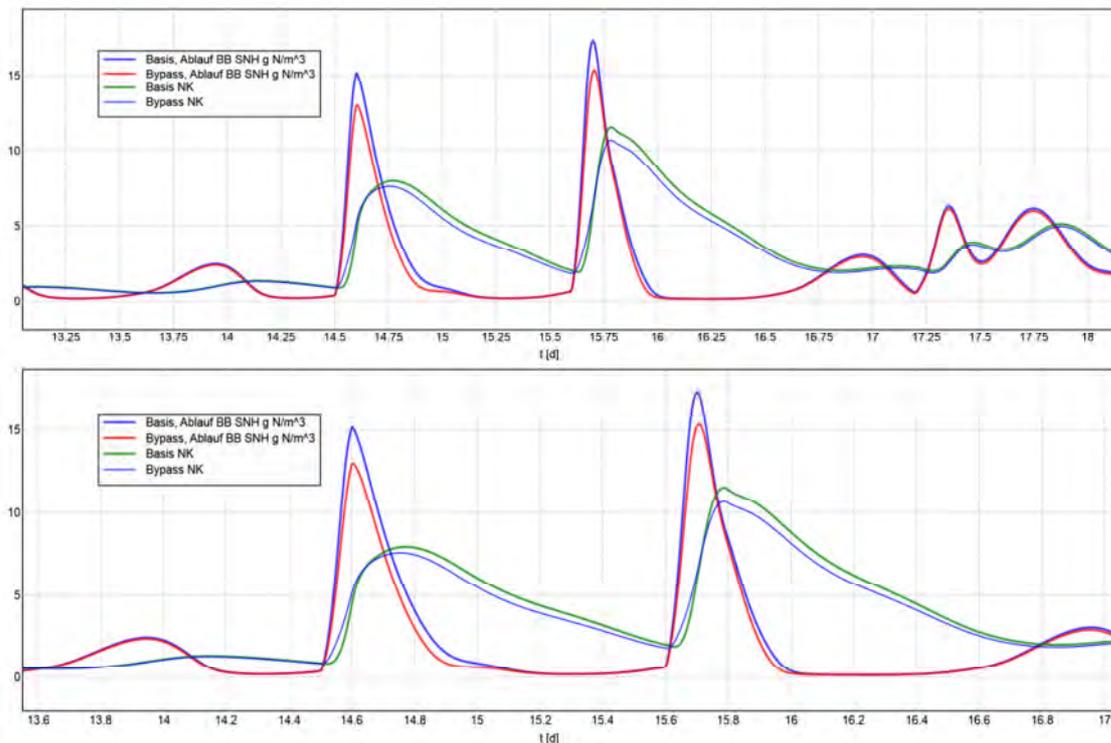
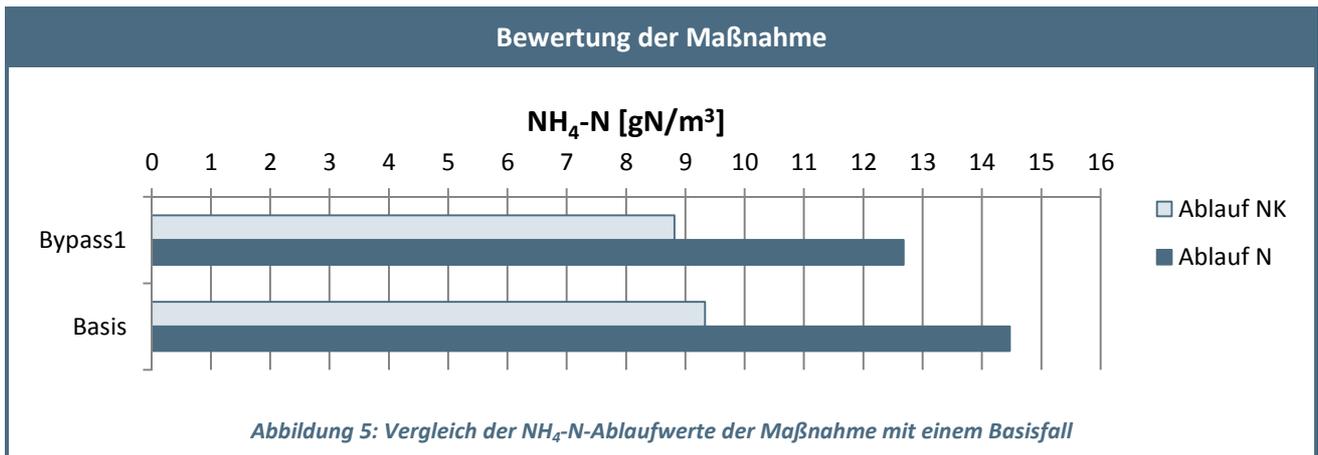


Abbildung 4: Ablaufwerte NH₄-N-Bypass (oben Variante B, unten Variante C)

Beide Steuerungsvarianten funktionieren in etwa gleichwertig. Die Ammoniumspitzen im Ablauf der Nitrifikation sind reduziert, aber im Ablauf der Nachklärung kann keine signifikante Verbesserung erreicht werden. Bezüglich der Ammoniumablaufwerte ist in der Spitze keine Verbesserung möglich, aber die Maßnahme kann bei unkritischen NH₄-N-Ablaufwerten benutzt werden, um mehr Abwasser auf der Anlage zu behandeln, ohne in der Nachklärung eine Schlammvolumenüberbelastung herbeizuführen.



Kostenbewertung	Abhängig von den lokalen Gegebenheiten baulicher Aufwand für Trennbauwerke und Bypassleitung erforderlich, kostenintensivere Maßnahme. Die Kostenangaben beziehen sich auf das Klärwerk im Modellgebiet. Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Richtlinie, auf ein Jahr bezogene Kosten. In den Kostenbetrachtungen wurden Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Personalkosten berücksichtigt. Die Kosten sind unter der Annahme einer kompletten Neuinvestition zu verstehen. Es handelt sich um abschätzbare Kostenannahmen.
	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 10px; background-color: #ccc; margin-right: 5px;"></div> Bereich Jahreskosten <div style="width: 15px; height: 10px; background-color: #0070c0; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></div> Abschätzung Jahreskosten </div>
Synergien	keine
Wirkungsabschätzung	Kann Verhalten von Anlagen mit extremer Mischwasserbelastung verbessern.

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch
 mittel
 niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt/ Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
	X		X		Innovative Technologie		X

Übertragbarkeit

Für Kläranlage mit erhöhter Mischwasserbelastung und baulicher Möglichkeit.

V. Literatur

- DWA KA-6.9: Themenband „Technische Maßnahmen zur Behandlung von erhöhten Mischwasserabflüssen in der Kläranlage“, DWA-Arbeitsgruppe KA-6.9 DWA 2016, ISBN 978-3-88721-284-1
- Günther N., Ahnert M., Kühn V. (2013). Bypassführung von Mischwasser – Möglichkeiten und Grenzen Teil 1: Einsatzmöglichkeit zur vermehrten Mischwasserbehandlung und bei ungünstigen Betriebsbedingungen, KA – Wasserwirtschaft, Abwasser, im Druck.

- Günther N., Ahnert M., Kühn V. (2014). Bypassführung von Mischwasser – Möglichkeiten und Grenzen Teil 2: Eliminationsleistung und Substitutionspotenzial für Mischwasserspeichervolumen. KA – Wasserwirtschaft, Abwasser, im Druck.
-

STECKBRIEF NR. 28 | CLUSTER KLÄRANLAGE | MAßNAHME MISCHWASSERSPEICHER



Abbildung 1: Mischwasserspeicher [ifak]

Ziele	Regelungskonzept, Potentialabschätzung
Lastfall	Überlast, Unterlast
Cluster	Kläranlage
Beschreibung	Nutzung eines Misch- und Ausgleichsbeckens auf der Kläranlage, um erhöhte Mischwassermengen zu reinigen und dabei die Ablaufwerte einzuhalten.
Anwendungsebene	Lokale Maßnahme Kläranlage
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	Themenband DWA AG KA 6.9
Bearbeitung	Institut für Automation und Kommunikation (ifak)

I. Funktion

Als Maßnahme zur Verbesserung des KA-Verhaltens, um einen erhöhten Mischwasseranteil behandeln zu können, werden Misch- und Ausgleichsbecken analysiert. In Abbildung 22 ist das Modell einer generischen Kläranlage mit dieser verfahrenstechnischen Erweiterung dargestellt.

Kenndaten zur Bemessung/Betrieb			
Parameter	Einheit	Werte mit Quellenangaben	Auslegung in KURAS
Thy	d	Hydraulische Aufenthaltszeit bei mittleren Trockenwetter Zulauf	2h
Qg1	m ³ /d	Grenzwert zur Einschaltung der Befüllung	

Hinweise zu Planung, Bemessung, Betrieb sowie rechtlichen Aspekten

Im Themenband [DWA KA 6.9 2016] werden Hinweise zur Planung und zum Betrieb von Misch- und Ausgleichsbecken zur Beherrschung starker Mengenschwankungen behandelt.

III. Bewertung der Maßnahme Mischwasserspeicher

Die Maßnahme *Mischwasserspeicher* erlaubt die maximale Wassermenge, die auf der Kläranlage behandelt wird, zu erhöhen. Damit verringern sich Emissionen aus einem Mischwasserkanalnetz.

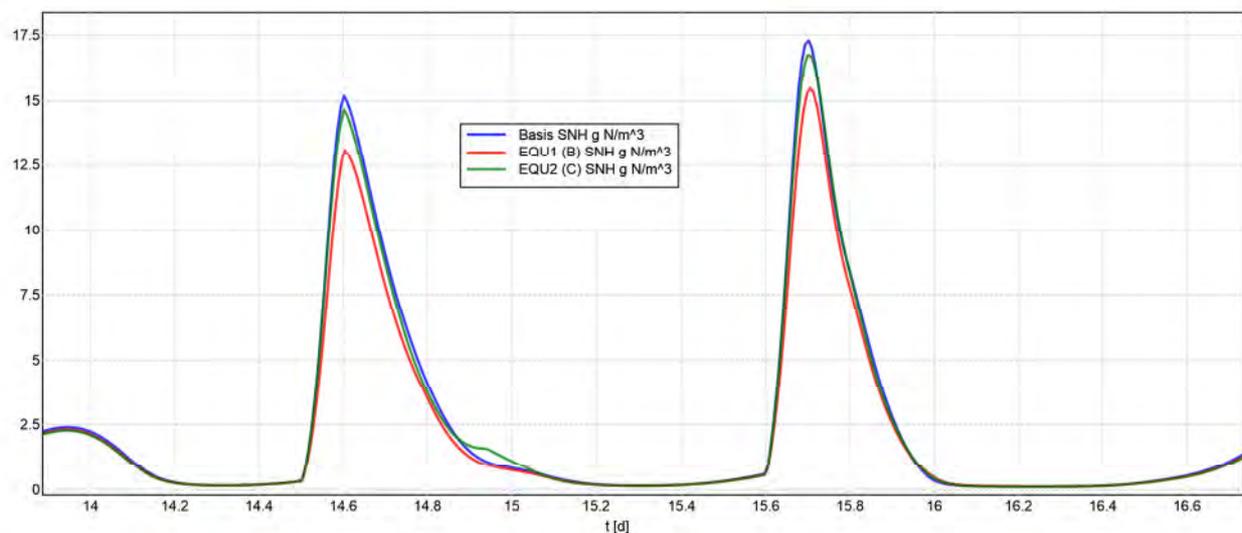


Abbildung 4: $\text{NH}_4\text{-N}$ Ablaufwerte Belegung bei Nutzung Misch- und Ausgleichsbecken

Man kann feststellen, dass mit einem kleinen/mittelgroßen Misch- und Ausgleichsbecken sich die Ablaufspitzen reduzieren lassen. Bei Variante 1 kann die Spitze hier um bis ca. 1.5 mg/l reduziert werden. Bei Variante 2 (Regelung nach $\text{NH}_4\text{-N}$ Ablauf) ist festzustellen, dass die Wirkung der Maßnahme zu spät eintritt um die Ablaufwerte wirksam zu dämpfen.

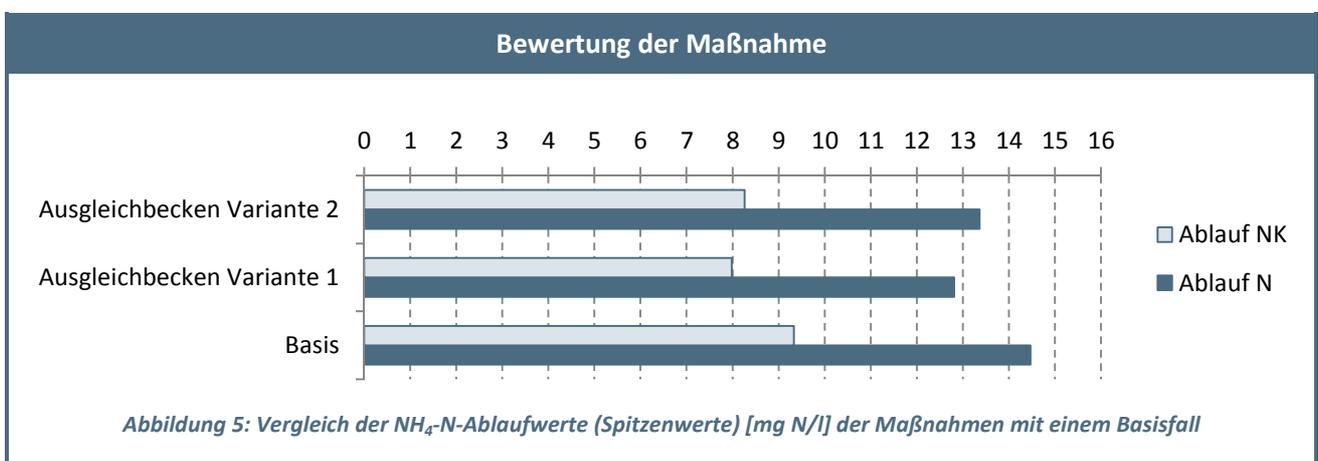


Abbildung 5: Vergleich der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Ablaufwerte (Spitzenwerte) [mg N/l] der Maßnahmen mit einem Basisfall

Kostenbewertung	<p>Kostenintensive Maßnahme, Bau eines Misch- und Ausgleichsbeckens erforderlich.</p> <p>Die Kostenangaben beziehen sich auf das Klärwerk im Modellgebiet. Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Richtlinie, auf ein Jahr bezogene Kosten. In den Kostenbetrachtungen wurden Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Personalkosten berücksichtigt. Die Kosten sind unter der Annahme einer kompletten Neuinvestition zu verstehen. Es handelt sich um abschätzbare Kostenannahmen.</p> <p> Bereich Jahreskosten Abschätzung Jahreskosten </p>
Synergien	keine
Wirkungsabschätzung	Gutes Potential, Ammoniumspitzen reduzieren zu können.

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch
 mittel
 niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt/ Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
		X	X		Steuerung Regelung erfordert innovative Algorithmen		X

Umsetzungsbeispiele

Im Industriebereich gegeben.

Übertragbarkeit

Prinzipiell auf viele Kläranlagen übertragbar, Kosten/Nutzen Aufwand muss beachtet werden.

V. Literatur

- DWA KA-6.9: Themenband „Technische Maßnahmen zur Behandlung von erhöhten Mischwasserabflüssen in der Kläranlage“, DWA-Arbeitsgruppe KA-6.9 DWA 2016, ISBN 978-3-88721-284-1
- Alex, J.; Baumann, P; Seggelke, K; Svardal, K; Kühn, V: Unterstützende regelungstechnische Maßnahmen zur erhöhten Mischwasserbehandlung auf Kläranlagen. DWA-GMA-Gemeinschaftstagung Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen, 15.-16.10.2013, Fulda, DWA, 2013, ISBN 978-3-944328-44-7

STECKBRIEF NR. 29 | CLUSTER KLÄRANLAGE | MAßNAHME STEUERUNG/REGELUNG DER INTERNEN REZIRKULATION

Steuerung/Regelung der internen Rezirkulation

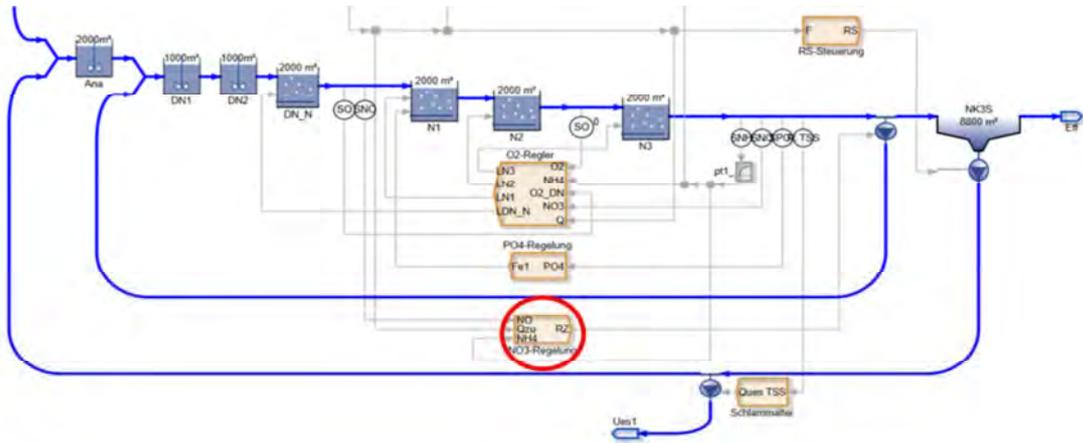


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Maßnahme Interne Rezirkulation [ifak]

Ziele	Regelungskonzept
Lastfall	Überlast, Unterlast
Cluster	Kläranlage
Beschreibung	Nutzung der Steuerung/Regelung der internen Rezirkulation, um erhöhte Mischwassermengen zu reinigen, dabei die Ablaufwerte einzuhalten. Unterteilung in fünf verschiedene Varianten.
Anwendungsebene	Lokale Maßnahme Kläranlage
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	Arbeitsblatt DWA-A 268
Bearbeitung	Institut für Automation und Kommunikation (ifak)

I. Funktion

Als Maßnahme zur Verbesserung des Kläranlagenverhaltens werden verschiedene Varianten der Steuerung und Regelung der internen Rezirkulation analysiert. In Abbildung 2 ist das Modell einer generischen Kläranlage mit dieser regelungstechnischen Erweiterung dargestellt.

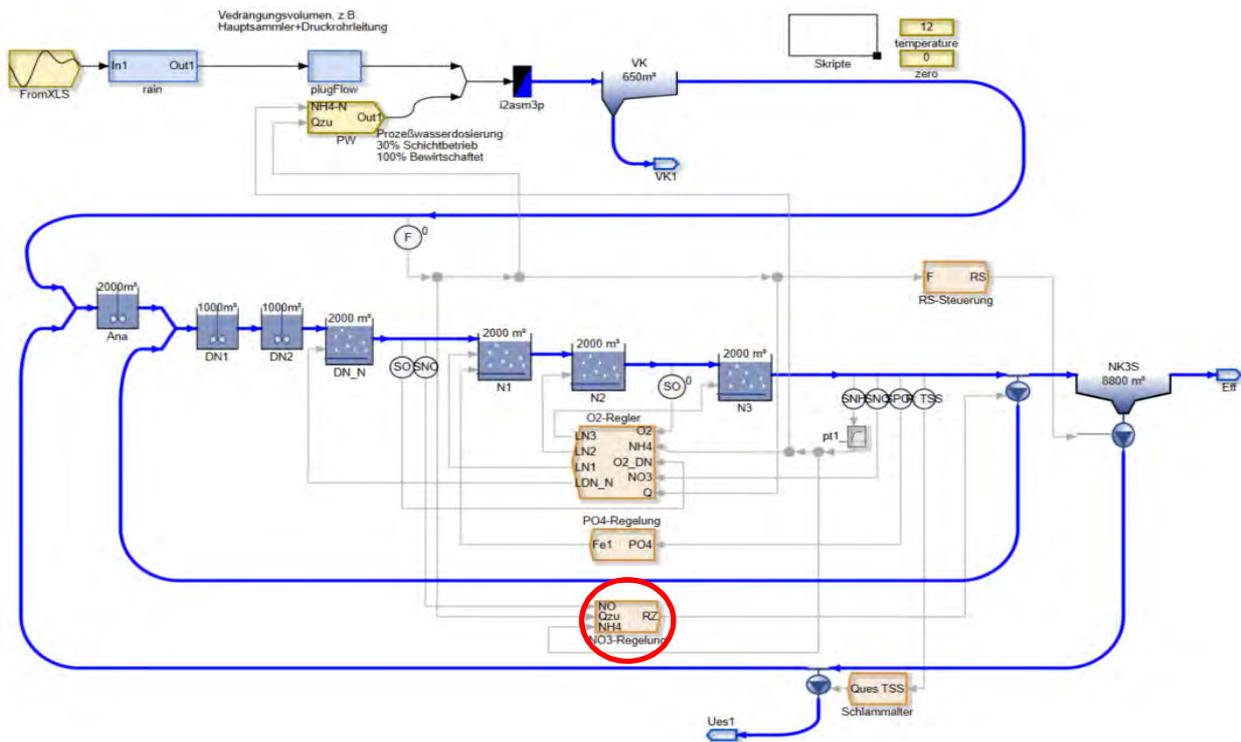


Abbildung 2: Maßnahme Steuerung/Regelung der internen Rezirkulation

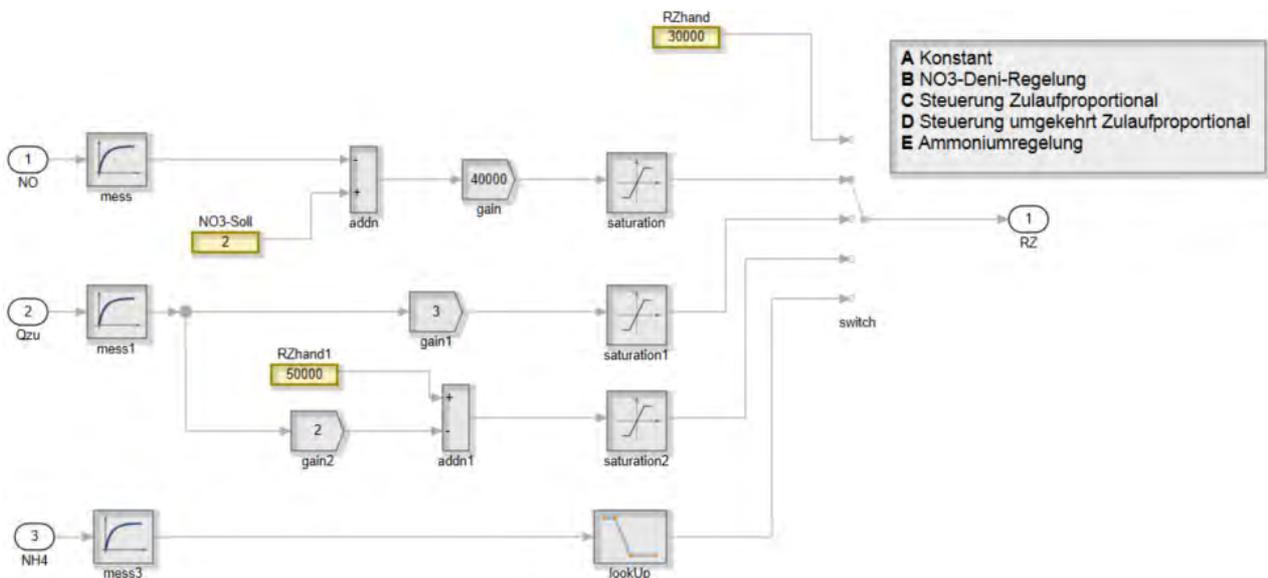


Abbildung 3: Regelungs- und Steuerungsvarianten des Maßnahme

Abbildung 3 zeigt den Aufbau der fünf verschiedenen Steuerungen und Regelungen der internen Rezirkulation. Durch Variante A erfolgt die Vorgabe eines konstanten Wertes für den Volumenstrom der Rezirkulation. Variante B regelt die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Ablaufkonzentration der Denitrifikation über die interne Rezirkulation. Dazu wird die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentration nach der Denitrifikation bestimmt und auf einen vorgegeben Sollwert geregelt. Bei Variante C erfolgt eine Steuerung der internen Rezirkulation proportional zum Zulauf. Bei Variante D ist die Steuerung der internen Rezirkulation umgekehrt Zulaufproportional. Für die Varianten B, C und D erfolgt eine Begrenzung. Für die letzte Variante, Variante E, wird eine $\text{NH}_4\text{-N}$ -Regelung eingesetzt. Es wird die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentration am Ende der Nitrifikation bestimmt und abhängig von

dieser Konzentration, der Volumenstrom für die Rezirkulation festgelegt. Bei kleinen $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen ist der Volumenstrom der Rezirkulation groß und nimmt mit steigender $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentration ab.

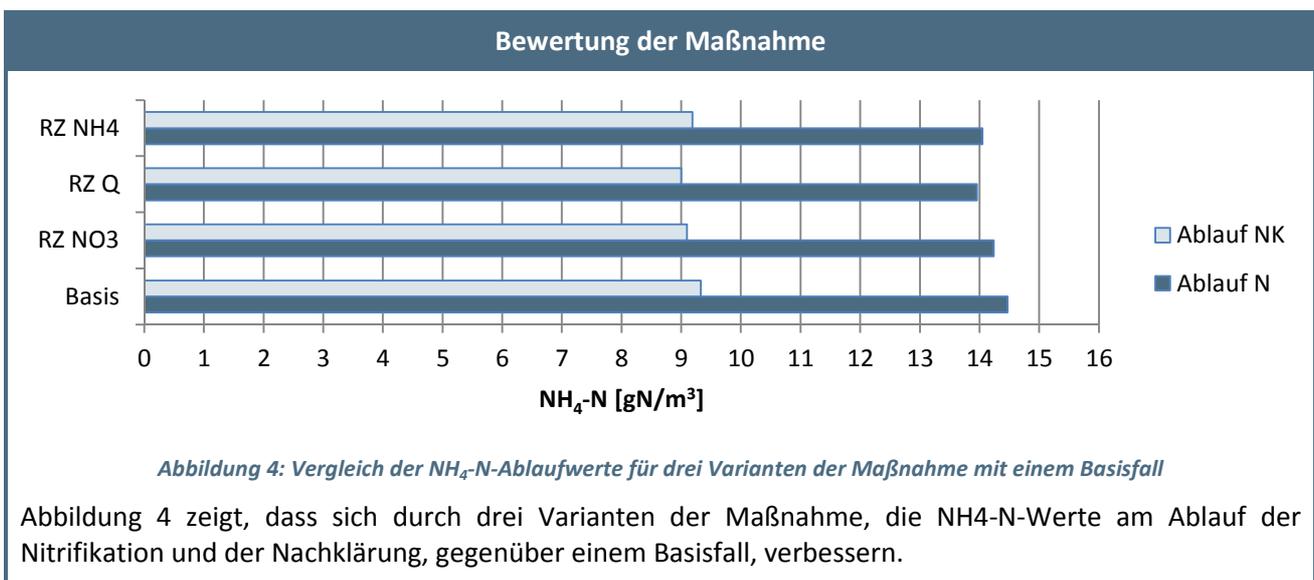
II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Die Varianten wurden per Simulation mit SIMBA[#] an einem generischen Modell getestet.

Kenndaten zur Bemessung/Betrieb			
Parameter	Einheit	Werte mit Quellenangaben	Auslegung in KURAS
Q_{RZ}	m^3/d	Konstanter Wert für den Volumenstrom der internen Rezirkulation (Variante A)	
w_{NO}	gN/m^3	Sollwert $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentration (Variante B)	
Q_{NO}	m^3/d	Verstärkungsfaktor (Variante B)	
$Q_{\text{Zu},1}$	m^3/d	Anteil Zulaufvolumenstrom (Variante C)	3
$Q_{\text{Zu},2}$	m^3/d	Anteil Zulaufvolumenstrom (Variante D)	2
$Q_{\text{g},\text{min}}$	m^3/d	Grenzwert für den minimalen Volumenstrom der Rezirkulation (Varianten B,C,D)	
$Q_{\text{g},\text{max}}$	m^3/d	Grenzwert für den maximalen Volumenstrom der Rezirkulation (für Varianten B,C,D)	
$x_{\text{NH}_4,1}\dots x_{\text{NH}_4,4}$	gN/m^3	Stützstellen der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen (Variante E)	
$Y_{\text{Q}1}\dots Y_{\text{Q}4}$	m^3/d	Stützstellen des Volumenstromes der Rezirkulation (Variante E)	

III. Bewertung der Maßnahme Steuerung/Regelung der internen Rezirkulation

Durch einige Varianten dieser Maßnahme kommt es zu Verbesserungen in den Ablaufwerten von $\text{NH}_4\text{-N}$ und N_{anorg} .



Kostenbewertung	<p>Kostengünstige Maßnahme, gegebenenfalls ist Anschaffung und Betrieb von NO₃- bzw. NH₄-Sonden erforderlich</p> <p>Die Kostenangaben beziehen sich auf das Klärwerk im Modellgebiet. Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Richtlinie, auf ein Jahr bezogene Kosten. In den Kostenbetrachtungen wurden Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Personalkosten berücksichtigt. Die Kosten sind unter der Annahme einer kompletten Neuinvestition zu verstehen. Es handelt sich um abschätzbare Kostenannahmen.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> Bereich Jahreskosten Abschätzung Jahreskosten </div> </div>
Synergien	keine
Wirkungsabschätzung	Potential fallabhängig, bei ausgeprägten Plugflow-Anlagen besseres Potential NH ₄ -Spitzen zu reduzieren.

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch
 mittel
 niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt/ Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
	X		X		Varianten C und D innovativ		X

Übertragbarkeit

Auf viele Kläranlagen übertragbar, bessere Voraussetzungen bei Anlagen mit ausgeprägtem NH₄-N Speicher im Denitrifikationsbecken und Plugflow-Verhalten.

V. Literatur

- DWA-A 268 (Entwurf März 2015): „Arbeitsblatt DWA-A 268 - Automatisierung von einstufigem Belebungsanlagen“

STECKBRIEF NR. 30 | CLUSTER KLÄRANLAGE | MAßNAHME STEUERUNG RÜCKLAUFSCHLAMM

Steuerung Rücklaufschlamm



Abbildung 1: LENA – Landesagentur Sachsen-Anhalt 2015

Ziele	Steuerungskonzept
Lastfall	Überlast, Unterlast
Cluster	Kläranlage
Beschreibung	Nutzung einer Rücklaufschlammsteuerung proportional zum Zulauf in den Varianten konventionell, zeitverzögert und voreilend, um erhöhte Mischwassermengen zu reinigen und dabei die Ablaufwerte einzuhalten. Als vierte Variante wird ein konstanter Wert für den Volumenstrom des Rücklaufschlammes vorgegeben.
Anwendungsebene	Lokale Maßnahme Kläranlage
Leitfäden, Vorgaben (sofern vorhanden)	Themenband DWA AG KA 6.9
Bearbeitung	Institut für Automation und Kommunikation (ifak)

I. Funktion

Als Maßnahme zur Verbesserung des Kläranlagenverhaltens wurden vier Varianten der Rücklaufschlammsteuerung proportional zum Zulauf analysiert. In Abbildung 2 ist das Modell einer generischen Kläranlage mit dieser steuerungstechnischen Erweiterung dargestellt.

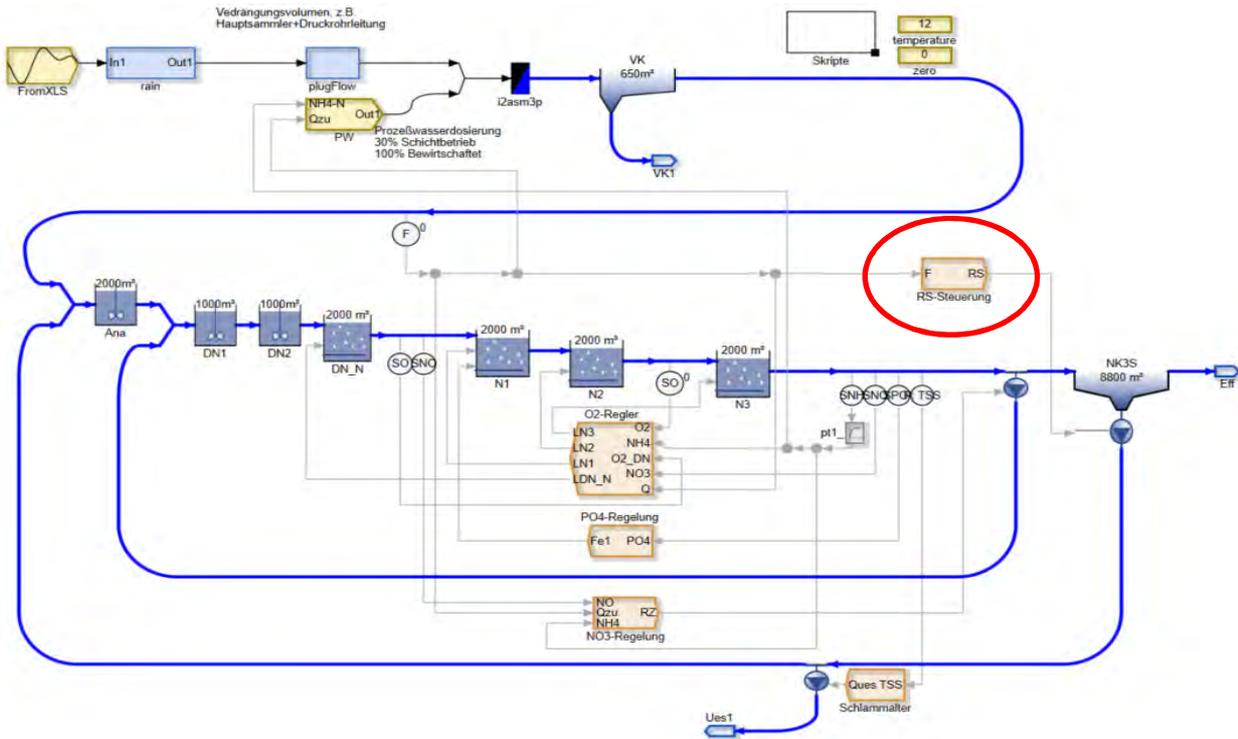


Abbildung 2: Maßnahme Rücklaufschlammsteuerung proportional zum Zulauf

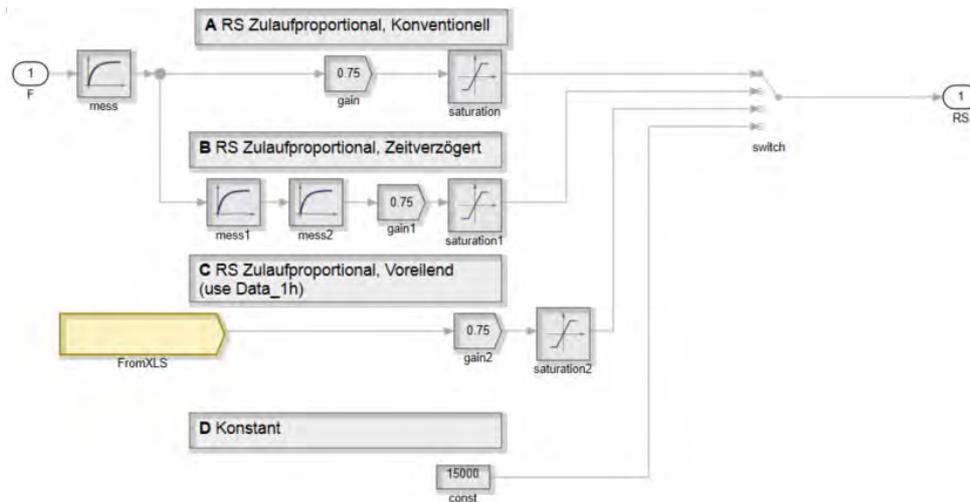


Abbildung 3: Varianten der Steuerung des Rücklaufschlammes, proportional zum Zulauf

Abbildung 3 zeigt die vier Varianten A, B, C und D, mit denen der Rücklaufschlamm proportional gesteuert werden kann. Bei der konventionellen Variante A beträgt die Menge des Rücklaufschlammes 75 % des Volumenstromes des Zulaufs. Variante B ist die zeitverzögerte Variante. Diese Steuerung ist der Variante A sehr ähnlich, es werden zusätzliche Zeitverzögerungen eingebaut. Bei Variante C erfolgt eine voreilende Rücklaufschlammsteuerung proportional zum Zulauf. Für diese Variante sind Messdaten erforderlich. Für die drei Varianten A, B, und C erfolgt jeweils eine Begrenzung des Volumenstromes des Rücklaufschlammes. Bei Variante D wird ein konstanter Wert für den Rücklaufschlammvolumenstrom angegeben.

II. Untersuchungsmethodik in KURAS

Die Varianten wurden per Simulation mit SIMBA# an einem generischen Modell getestet.

Kenndaten zur Bemessung/Betrieb			
Parameter	Einheit	Werte mit Quellenangaben	Auslegung in KURAS
Q_{zu}	m ³ /d	Anteil des Zulaufvolumenstrom (Varianten A,B,C)	0,75
$T_{Vzö}$	d	Zeitverzögerung (Variante C)	
$Q_{g,min}$	m ³ /d	Grenzwert für den minimalen Volumenstrom des Rücklaufschlammes (Varianten A,B,C)	
$Q_{g,max}$	m ³ /d	Grenzwert für den maximalen Volumenstrom des Rücklaufschlammes (für Varianten A,B,C)	
Q_{RS}	m ³ /d	konstanter Wert mit dem der Volumenstrom des Rücklaufschlammes festgelegt (Variante D)	

III. Bewertung der Maßnahme Steuerung Rücklaufschlamm

Die Maßnahme *Steuerung Rücklaufschlamm* führt zu einer Verbesserung der NH₄-N-Ablaufwerte und des Schlammhaushaltes. Außerdem kann es durch einige Varianten zur Verbesserung weitere Ablaufwerte kommen.

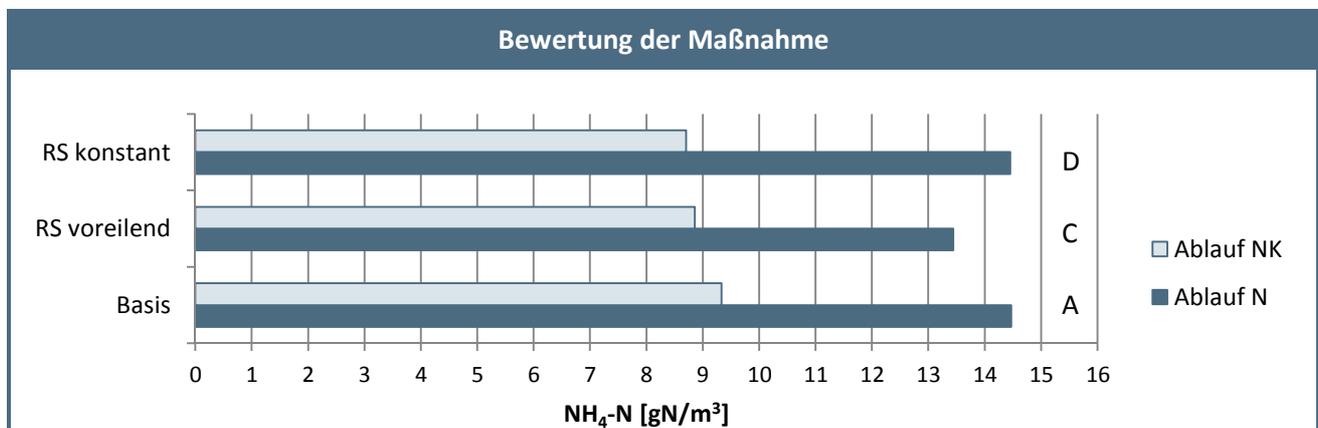


Abbildung 4: Vergleich der NH₄-N-Ablaufwerte für zwei Varianten der Maßnahme mit einem Basisfall

Der Vergleich in Abbildung 4 zeigt, dass durch die proportionale und voreilende Steuerung des Rücklaufschlammes die NH₄-N-Ablaufwerte verbessert werden können. Die Festlegung eines konstanten Wertes für den Rücklaufschlamm zeigt eine Verbesserung der NH₄-N-Ablaufwerte nach der Nachklärung.

Kostenbewertung	Sehr kostengünstige Maßnahme.
Synergien	keine
Wirkungsabschätzung	Die Maßnahme kann bei Ammoniumspitzen unterstützend wirken, hat aber nur ein geringes Verbesserungspotential.

IV. Einordnung in die Realität

Innovationsgrad

hoch mittel niedrig

Innovativer Aspekt der Maßnahme	Generell		Standort Berlin		Innovationsgehalt/ Bemerkungen	Kommerzialisierungspotential	
	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja	Nein
	X		X		Voreilende Steuerung innovativ		X

Übertragbarkeit

Sehr gut auf viele Kläranlagen übertragbar.

V. Literatur

- DWA KA-6.9: Entwurf Themenband „Erhöhte Mischwasserbelastung“, DWA-Arbeitsgruppe KA-6.9 „Erhöhte Mischwasserbelastung“ (geplant 2016)
 - Alex, J.; Baumann, P; Seggelke, K; Svardal, K; Kühn, V: Unterstützende regelungstechnische Maßnahmen zur erhöhten Mischwasserbehandlung auf Kläranlagen. DWA-GMA-Gemeinschaftstagung Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen, 15.-16.10.2013, Fulda, DWA, 2013, ISBN 978-3-944328-44-7
-

IMPRESSUM UND KONTAKT

IMPRESSUM

Titel des Verbundprojektes

KURAS - Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme (Förderkennzeichen: 033W013A-P)

Beteiligte Institutionen

Technische Universität Berlin, Fachgebiet Fluidsystemdynamik,
Technische Universität Kaiserslautern Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft,
Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH,
Berliner Wasserbetriebe,
Institut für Automation und Kommunikation e. V. Magdeburg

Gefördert durch

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Fördermaßnahme

Intelligente und multifunktionelle Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung – INIS

Laufzeit

01.06.2013 – 31.10.2016

Fördervolumen des Verbundprojektes

3.524.000 €

Redaktion

M.Sc. Raja-Louisa Mitchell
Technische Universität Berlin
Fachgebiet Fluidsystemdynamik
Straße des 17. Juni 135
10623 Berlin
raja-louisa.mitchell@tu-berlin.de

Zitierbar als

Zukunftsorientierte Anpassung der urbanen Abwasserinfrastruktur – Einzelmaßnahmen, Projekt KURAS, 2016

Datum

Oktober 2016

KONTAKT

Technische Universität Berlin

FG Fluidsystemdynamik, Sekr. K2
Straße des 17. Juni 135 | 10623 Berlin
Prof. Dr.-Ing. Paul Uwe Thamsen
Tel.: +49 30 314 25262
paul-uwe.thamsen@tu-berlin.de

KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Cicerostraße 24 | 10709 Berlin
Dr. Pascale Rouault
Tel.: +49 30 53653 824
pascale-rouault@kompetenz-wasser.de

Berliner Wasserbetriebe

Forschung und Entwicklung
Cicerostraße 24 | 10709 Berlin
Jan Waschnewski
Tel.: +49 30 8644 2438
jan.waschnewski@bwb.de

Technische Universität Kaiserslautern

FG Siedlungswasserwirtschaft
Paul-Ehrlich-Straße | 67663 Kaiserslautern
Prof. Dr. Theo Schmitt
Tel.: +49 631 205 2946
theo.schmitt@bauing.uni-kl.de

ifak – Institut für Automation und Kommunikation e.V.

Werner-Heisenberg-Straße 1 | 39106 Magdeburg
Dr. Jens Alex
Tel.: +49 391 9901 469
jens.alex@ifak.eu