



kuras

Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme

SCHWERPUNKT ABWASSERSYSTEME

Zukunftsorientierte Anpassung der urbanen Abwasserinfrastruktur

Maßnahmenkombinationen



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



INIS

Intelligente und multifunktionale
Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige
Wasserversorgung und Abwasserentsorgung

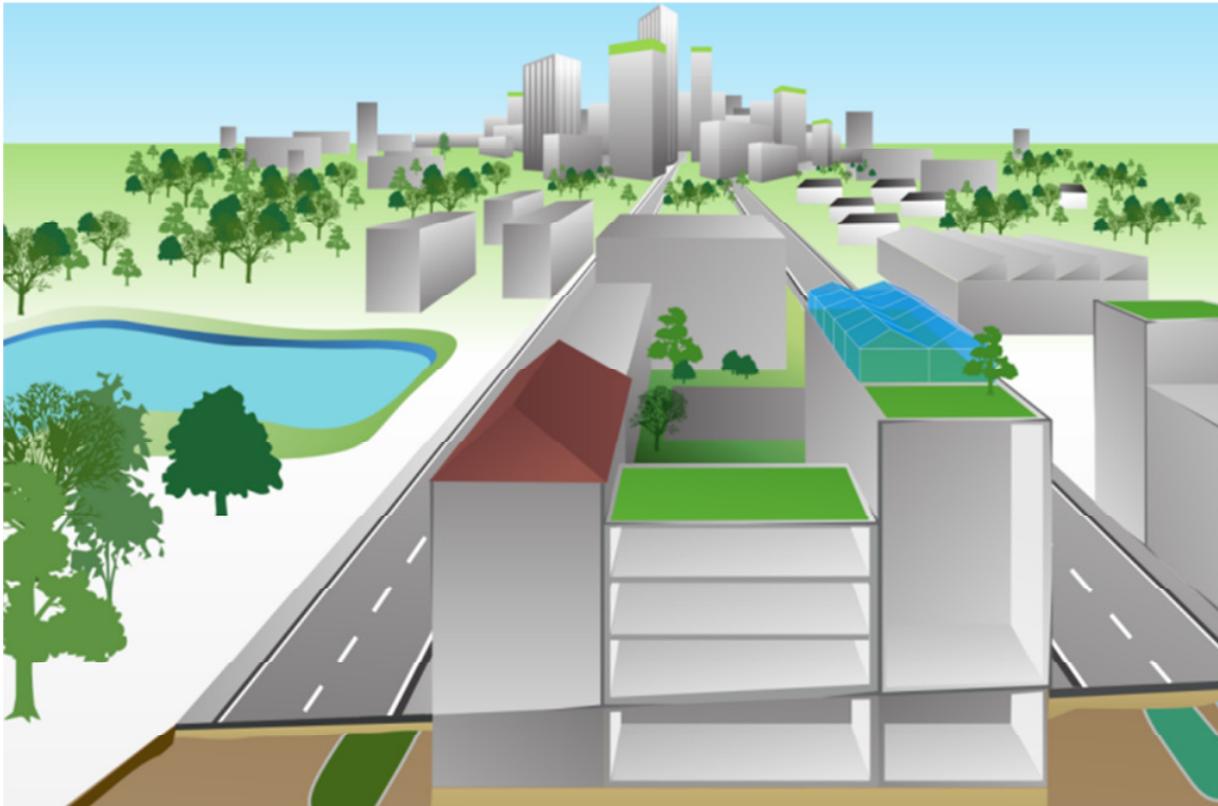


INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	3
KURAS - Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme	3
Entwicklung von zukunftsorientierten Maßnahmenkombinationen zur Anpassung der urbanen Abwasserinfrastrukturen.....	4
Prioritäre Wirkungsfelder angehen	4
Zeithorizont 2050	4
Von individuellen Maßnahmen zu integrierten Maßnahmenkombinationen	5
Maßnahmenkombination 1 zur Reduzierung von Mischwasserüberlauf	7
Maßnahmenkombination 2 zur Reduzierung von Überstau	13
Maßnahmenkombination 3 zur Reduzierung von Überflutungen	18
Maßnahmenkombination 4 zur Reduzierung von Ablagerungen	24
Maßnahmenkombination 5 zur Verbesserung der KA-Ablaufwerte	29
Maßnahmenkombination 6 zur mittelfristige Umsetzung	37
Maßnahmenkombination 7 zur langfristigen/maximalen Umsetzung	44
Risikoanalyse	51
SWOT-Analyse	54
IMPRESSUM UND KONTAKT	56

EINLEITUNG

KURAS - Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme



Angesichts bestehender und zukünftiger Herausforderungen, wie Klimawandelfolgen und das sich verändernde Wassergebrauchsverhalten, war es das übergeordnete Ziel des Verbundforschungsprojektes KURAS (Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme), Handlungsempfehlungen für den Betrieb, den Ausbau und die zukunftsorientierte Anpassung urbaner Abwasser- und Regenwasserinfrastrukturen zu formulieren. Das Projekt KURAS ist thematisch in die Forschungsschwerpunkte „Regenwasserbewirtschaftung“ und „Abwassersysteme“ unterteilt. In

diesem Katalog werden die im Rahmen des Forschungsschwerpunktes Abwassersysteme für das Fallbeispiel Berlin entwickelten Anpassungsstrategien (Maßnahmenkombinationen) vorgestellt. Eine weitergehende Erläuterung zur zugrunde liegenden Methodik befindet sich im Leitfaden *Zukunftsorientierte Anpassung der urbanen Abwasserinfrastruktur – Ein Leitfaden zum methodischen Vorgehen*. Die individuellen Maßnahmen sind im Katalog *Zukunftsorientierte Anpassung der urbanen Abwasserinfrastruktur – Einzelmaßnahmen* beschrieben.

Entwicklung von zukunftsorientierten Maßnahmenkombinationen zur Anpassung der urbanen Abwasserinfrastrukturen

Im Bereich des Abwasser- und Regenwassermanagements in urbanen Räumen sind Konzepte gefragt, die zum einen die Entsorgungssicherheit gewährleisten und zum anderen einen Beitrag zur Lösung der mit der urbanen Hydrologie eng verknüpften Umweltauswirkungen, wie Gewässer- und Grundwasserbelastung, leisten. Die Entwicklung von Strategien zur Anpassung der städtischen Infrastruktur an den Klimawandel ist bereits in vollem Gange. Zur Umsetzung der bisherigen Strategien fehlen jedoch spezifische Untersuchungen zur Wirksamkeit einzelner Maßnahmen und Empfehlungen zu intelligenten Maßnahmenkombinationen.

Prioritäre Wirkungsfelder angehen

Hohe Niederschlagsabflüsse infolge von Starkregenereignissen und niedrige Fließgeschwindigkeiten während Trockenwetterperioden können ökologische, ökonomische, betriebliche und gesundheitliche Auswirkungen haben. Insgesamt wurden fünf übergeordnete Problemfelder identifiziert, die in einem Zeithorizont bis 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 1).



Abbildung 1: Prioritäre Wirkungsfelder der Maßnahmenkombinationen

Zeithorizont 2050

Um robuste, systemumfassende und übertragbare Handlungsempfehlungen für Betreiber von urbanen Abwassersystemen vor dem Zeithorizont 2050 aussprechen zu können, wurden vier Szenarien zugrunde gelegt. Neben dem Status Quo-Szenario, das den aktuellen Zustand widerspiegelt und dem Basisszenario 2050, welches die mittlere zu erwartende zukünftige Entwicklung beschreibt, spannen die beiden „Extremszenarien“ „Überlast 2050“ und „Unterlast 2050“ den Szenarietrichter über die Bandbreite an ungewissen, zukünftigen Entwicklungen auf. Neben verschiedenen Szenarien zur Niederschlagsbelastung für das Jahr 2050 wurden auch Szenarien zur Bevölkerungs- und Stadtentwicklung sowie verschiedene Wassergebrauchsszenarien entwickelt. Dieses Szenarienspektrum bildet die Grundlage für die simulative Analyse des aktuellen und des zukünftigen Zustands des Abwassersystems sowie der Auswirkungen betrachteter Maßnahmen(kombinationen) (Tabelle 1)

Tabelle 1: Randbedingungen für den Status Quo und die drei Entwicklungsszenarien

	Status Quo	Extremszenario „Unterlast 2050“	Basisszenario 2050	Extremszenario „Überlast 2050“
Niederschlag	„mittleres“ Jahr ¹	„trockenes“ Jahr ¹	„mittleres“ Jahr ¹	„feuchtes“ Jahr ¹
Versiegelte Fläche²	921 ha	886 ha (-4%)	938 ha (+2%)	986 ha (+7%)
Bevölkerungszahl	264 732	249 510 (-6%)	277 307 (+5%)	304 971 (+15%)
Wasserverbrauch	132 L/(E·d)	86 L/(E·d) (-35%)	113 L/(E·d) (-15%)	132 L/(E·d) (±0%)

Von individuellen Maßnahmen zu integrierten Maßnahmenkombinationen

In einem ersten Schritt wurden eine Vielzahl an Anpassungsmaßnahmen individuell mit Hilfe von deterministischen Modellen sowie durch experimentelle Labor- und In-situ Versuche für vier Subsysteme (Oberfläche, Kanalnetz, Pumpsystem und Kläranlage) untersucht. Die Maßnahmen werden ausführlich im Katalog *Zukunftsorientierte Anpassung der urbanen Abwasserinfrastruktur – Einzelmaßnahmen* vorgestellt und diskutiert. In einem zweiten Schritt wurden die individuellen Maßnahmen zu sieben subsystemübergreifenden Maßnahmenkombinationen und Anpassungsstrategien kombiniert und deren Auswirkungen für das gesamte Abwassersystem integriert betrachtet und bewertet.

Insgesamt wurden sieben Maßnahmenkombinationen für das Fallbeispiel Berlin entwickelt, siehe Tabelle 2. Die Maßnahmenkombination haben entweder zum Ziel, ein bestimmtes Wirkungsfeld zu verbessern, oder, mit unterschiedlichen zeitlichen Umsetzungsrahmen, das Gesamtsystem zu optimieren.

Tabelle 2: Für das Fallbeispiel entwickelte Maßnahmenkombinationen zur zukunftsorientierten Anpassung der Abwasserinfrastruktur

Nr.	Ziel der Maßnahmenkombination
MK 1	Reduzierung Mischwasserüberlauf
MK 2	Reduzierung von Überstau
MK 3	Reduzierung von Überflutung
MK 4	Reduzierung von Ablagerungen in den Kanälen
MK 5	Verbesserung der Kläranlagenablaufwerte
MK 6	Mittelfristige Gesamtoptimierung (Zeithorizont 5 bis 10 Jahre)
MK 7	Langfristige Gesamtoptimierung (bis 2050)

Im Folgenden werden die Maßnahmenkombinationen in Steckbriefen vorgestellt und diskutiert. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die in den Maßnahmenkombinationen enthaltenen Einzelmaßnahmen und deren Zugehörigkeit zu den Subsystemen Oberfläche, Kanalsystem, Pumpsystem und Kläranlage.

Tabelle 3: Übersicht der in den entwickelten Maßnahmenkombinationen enthaltenen Maßnahmen und deren Zugehörigkeit zu den Subsystemen Oberfläche, Kanal, Pumpsystem und Kläranlage

MK	Oberfläche	Kanal	Pumpsystem	Kläranlage
MK1 Reduzierung Mischwasser überläufe	Muldenversickerung	Stauraumerweiterung	Erweiterung Förderkapazität Hauptpumpwerk Wilmsdorf (2,8 Qt = 2050 l/s)	Betriebliche Maßnahmen auf der Kläranlage: Basisautomatisierung ²
	Dachbegrünung	Stauraumaktivierung durch Abflusssrosselung		
MK2 Reduzierung Überstau	Muldenversickerung	Stauraumerweiterung		Nicht betrachtet
	Dachbegrünung	Abkopplung Mischgebiet		
MK3 Reduzierung Überflutung	Muldenversickerung			Nicht betrachtet
	Dachbegrünung			
	Temp. Flächeneinstau			
	Objektschutz			
MK4 Reduzierung Ablagerungen		Vorausschauende Schwallspülung		Nicht betrachtet
		Dükerspülung		
		Spülkaskade		
		Trockenwetterrinnensystem		
MK5 Verbesserung Ablaufwerte der KA	Muldenversickerung	Abkopplung Mischgebiet		Var0: Basisautomatisierung ²
	Dachbegrünung			Var1: Weitergehende Automatisierung ³
MK6 Mittelfristige Gesamt- optimierung	Muldenversickerung (anteilige Umsetzung)	Stauraumaktivierung durch Abflusssrosselung	Erweiterung Förderkapazität Hauptpumpwerk Wilmsdorf (2,5Qt = 1800 l/s) durch Erhöhung der elektrischen Leistung	Weitergehende Automatisierung ³
	Dachbegrünung (anteilige Umsetzung)			
	Temp. Flächeneinstau			
	Objektschutz			
MK7 Langfristige Gesamt- optimierung	Muldenversickerung	Stauraumerweiterung	Erweiterung Förderkapazität Hauptpumpwerk Wilmsdorf (2,8 Qt = 2050 l/s)	Weitergehende Automatisierung ³ und bauliche Optimierung ⁴
	Dachbegrünung	Stauraumaktivierung durch Abflusssrosselung		
	Temp. Flächeneinstau	Abkopplung Mischgebiet		
	Objektschutz	Trockenwetterrinnensystem		

¹ Kurzfristig: Umsetzung innerhalb von 10 Jahren anstatt 35 Jahren (bis 2050), 28,5% = 10a/35a → Zeithorizont 2025 statt 2050)

² Basisautomatisierung: Belüftungsregelung, konstante Sauerstoffsollwerte, zulaufproportionaler Rücklaufschlamm. konstante Rezirkulation

³ Weitergehende Automatisierung: Basisautomatisierung, dazu variable O2-Sollwerte (Ammoniumregelung), variable interner Rezirkulation (Ammoniumregelung)

⁴ bauliche Optimierung: Misch- und Ausgleichsbecken zum hydraulischen Ausgleich, neue Nachklärbecken Straße A, gleichmäßige (größenproportional) Aufteilung des Zulaufes

MAßNAHMENKOMBINATION 1 ZUR REDUZIERUNG VON MISCHWASSERÜBERLAUF


Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzierung von Mischwasserüberlauf hinsichtlich Anzahl, Volumen und Fracht ▪ Erfassung von Effektüberlagerungen und Auswirkungen auf die übrigen Systembereiche ▪ Erfassung des möglichen Anpassungspotenzials an heutige und zukünftige Herausforderungen mit Fokus auf das Wirkungsfeld Mischwasserüberlauf
Lastfall	Überlast
Anwendungsebene	Grundstücks- und Quartiersebene, Kanalsystem, Pumpsystem, Kläranlage
Beschreibung	Kombination von Maßnahmen, die laut Voruntersuchung einen hohen Effekt hinsichtlich der Reduzierung von Mischwasserüberlauf aufweisen und sich aufgrund ihrer Eigenschaften gut kombinieren lassen. Negative Auswirkungen auf die Kläranlage werden bilanziert und mit entsprechenden Maßnahmen auf der Kläranlage bewältigt.

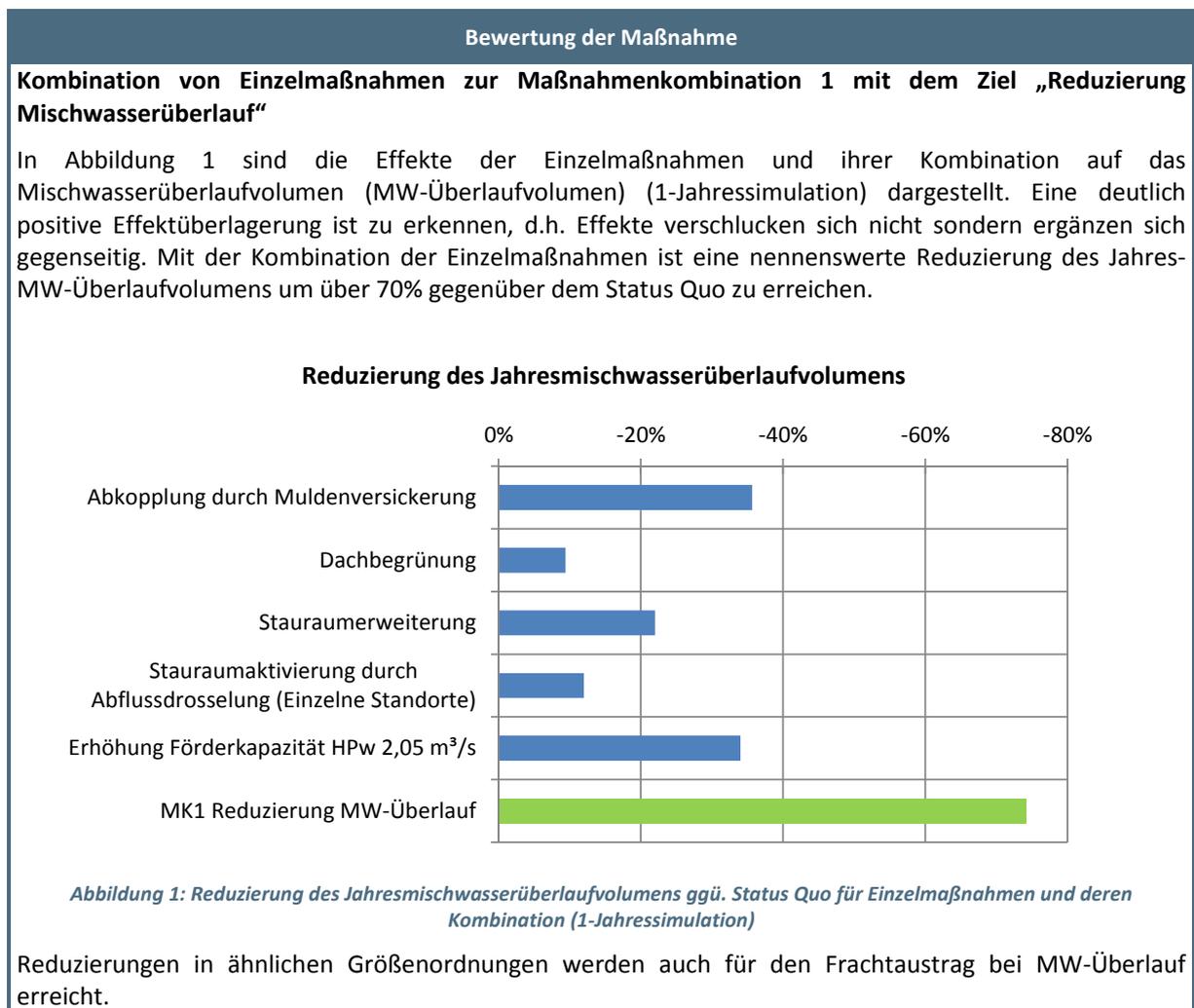
I. Enthaltene Maßnahmen

Maßnahme	Subsystem
Muldenversickerung	Oberfläche
Dachbegrünung	Oberfläche
Stauraumerweiterung	Kanalsystem
Abflussdrosselung	Kanalsystem
Erweiterung Förderkapazität Pumpwerk	Pumpsystem
Betriebliche Maßnahmen auf KA	Kläranlage

II. Funktion

Die Maßnahmenkombination vereint Maßnahmen an der Oberfläche des Siedlungsgebiets mit Maßnahmen im Entwässerungssystem, die durch flächendeckenden (Dachbegrünung/Versickerung) und gezielten (Stauraumerweiterung und -aktivierung) Rückhalt von Niederschlagswasser eine Reduzierung von Mischwasserüberläufen in Anzahl und Ausmaß bewirken. Zusätzlich wird die Pumpwerksleistung am Gebietsende erhöht, um das Kanalnetz schneller zu entleeren und Überlastungszustände zu verhindern bzw. zu verkürzen. Dem daraus resultierenden erhöhten Kläranlagenzulauf wird mit betrieblichen Maßnahmen auf der Kläranlage begegnet.

III. Bewertung der Maßnahmenkombination 1 zur Reduzierung von Mischwasserüberläufen



Auswirkung der Maßnahmenkombination auf das Gesamtsystem

Abbildung 2 zeigt die Auswirkungen der Maßnahmenkombination 1 für die Indikatoren zum Mischwasserüberlaufverhalten, zum Überstauverhalten und hinsichtlich des Kläranlagenablaufs für das Status Quo- und das Überlastszenario 2050. Zu erkennen sind deutliche Effekte hinsichtlich des Mischwasserüberlaufs im Status Quo Szenario. Das Überstauverhalten wird als Nebeneffekt ebenfalls sehr positiv beeinflusst.

Auch für das Überlastszenario 2050 lassen sich deutlich positive Effekte ableiten.

Die Kläranlagenablaufwerte verschlechtern sich durch die Maßnahmenkombination (ohne Anpassungsmaßnahmen auf der Kläranlage) infolge der Mehrbelastung der Kläranlage zugunsten des Kanalnetzes. Die Zunahme der Jahresablauffrachten bezüglich CSB und Stickstoff nimmt dabei nur leicht zu und steht in keinem Verhältnis zur enormen Abnahme der Jahresmischwasserentlastungsfrachten durch die Maßnahmenkombination. Diese Aussage setzt jedoch voraus, dass die Nachklärung in der Lage ist, die größere hydraulische Belastung zu verarbeiten (Funktion von Schlammabsetzbarkeit, Konstruktion, Auslastungszustand der Anlage). Für die meisten im Betrieb befindlichen Kläranlagen ist dies aber erwartbar.

Bedeutender sind die Verschlechterungen im Bereich der Ablaufspitzenkonzentrationen von bis zu 20% Zunahme (organischer Stickstoff und Ammonium). Es wird deutlich, dass Anpassungsmaßnahmen auf der Kläranlage notwendig sind, um die Auswirkungen der MK1 Maßnahmen an der Oberfläche und im Kanalnetz auszugleichen. In weiteren Untersuchungen hat sich gezeigt, dass eine betriebliche Optimierung auf der Kläranlage hierfür nicht ausreicht und das weitergehende bauliche Optimierungen notwendig sind – die Art der baulichen und betrieblichen Optimierung ist im Steckbrief zur MK5 beschrieben). Abbildung 4 verdeutlicht dies anhand des Beispiels der unterschiedlichen NH₄-N Spitzenkonzentrationen im Kläranlagenablauf für die unterschiedlichen Varianten im Status Quo Szenario.

Die Betrachtung der Werte lässt die Schlussfolgerung zu, dass durch die angeführten Maßnahmen die Effekte der (extremen) Herausforderungen des Überlastszenarios bezüglich Mischwasserüberlauf ausgeglichen werden können.

Auswirkung der MK1 auf weitere Wirkungsindikatoren

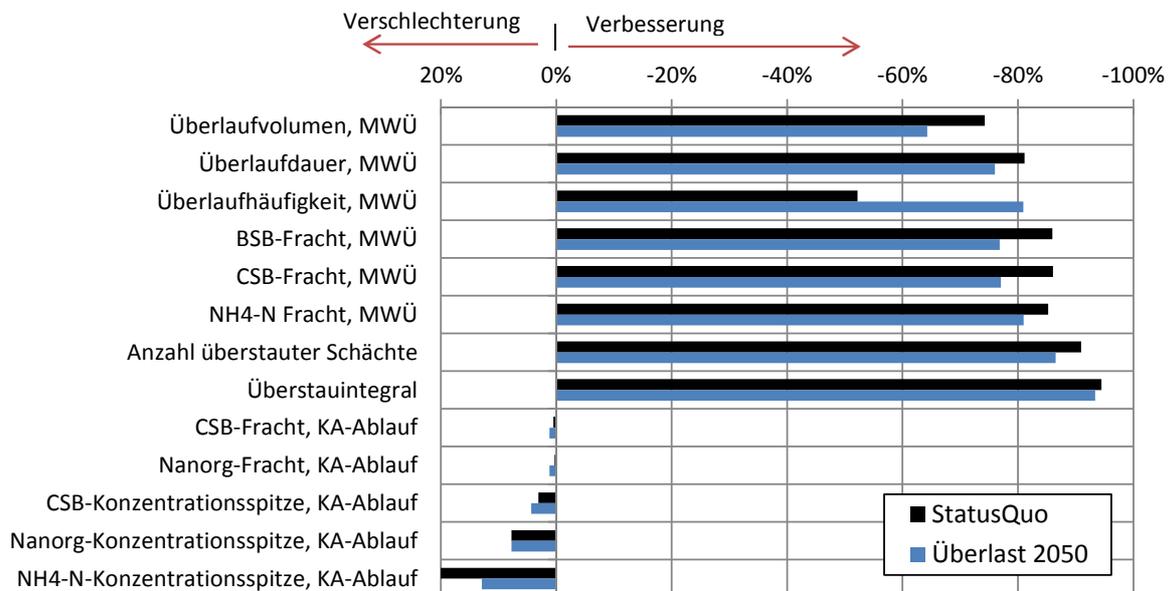


Abbildung 2: Auswirkungen der Maßnahmenkombination auf weitere Wirkungsindikatoren in den Szenarien (Status Quo und Überlast 2050)

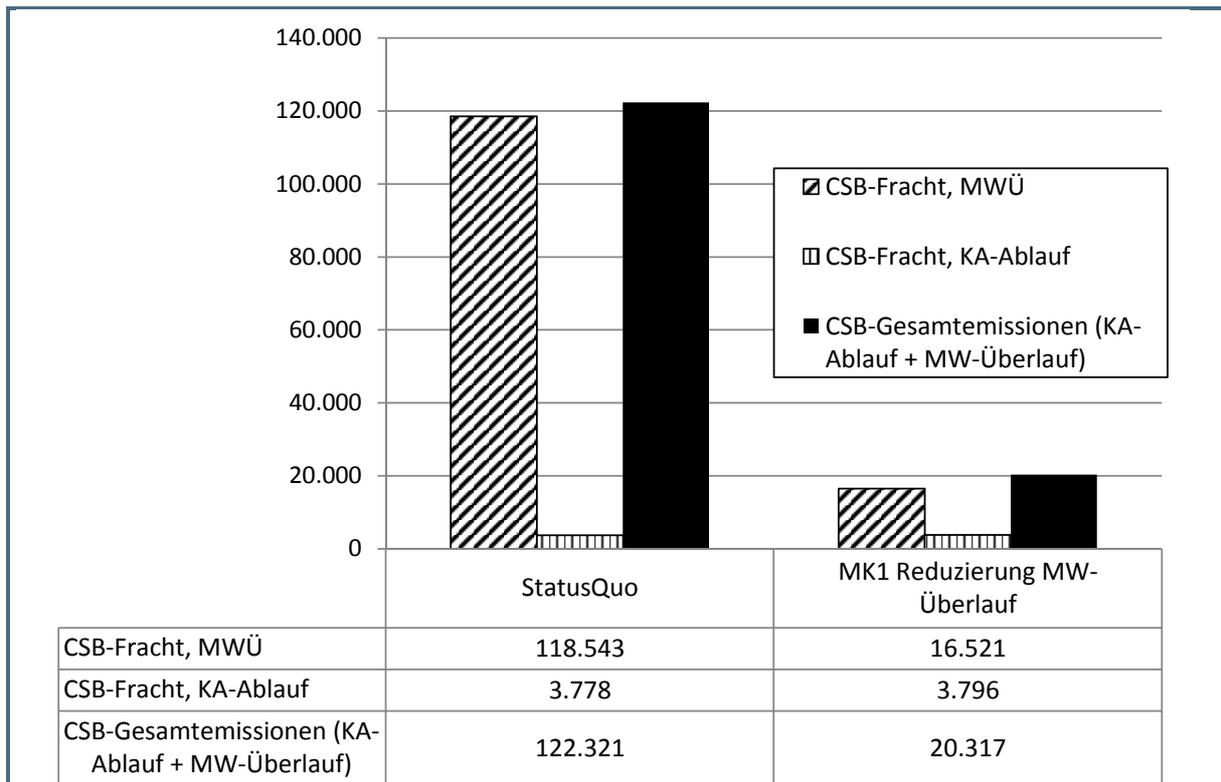


Abbildung 3 : CSB-Jahresemissionen, aufgeteilt in MW-Überlauf, Kläranlagenablauf und Gesamtemission. Angaben in kg CSB für das Status quo - Szenario

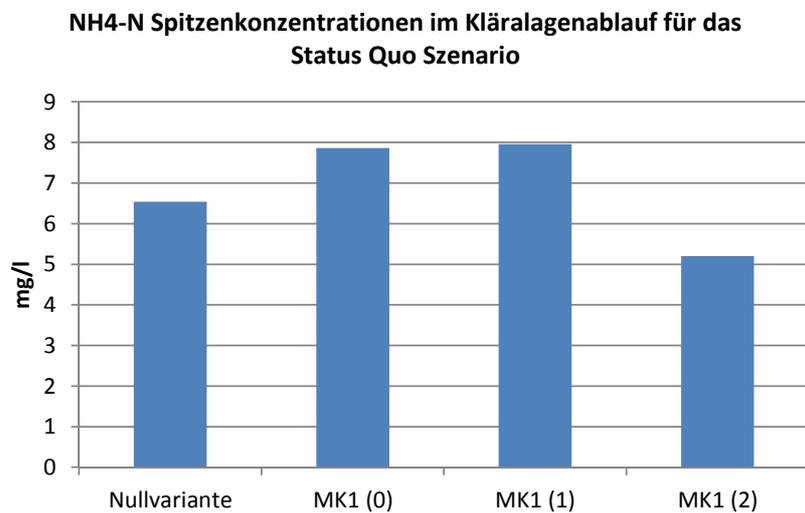
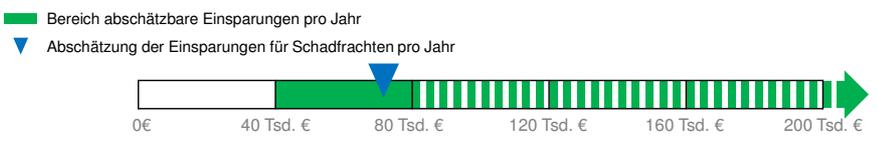
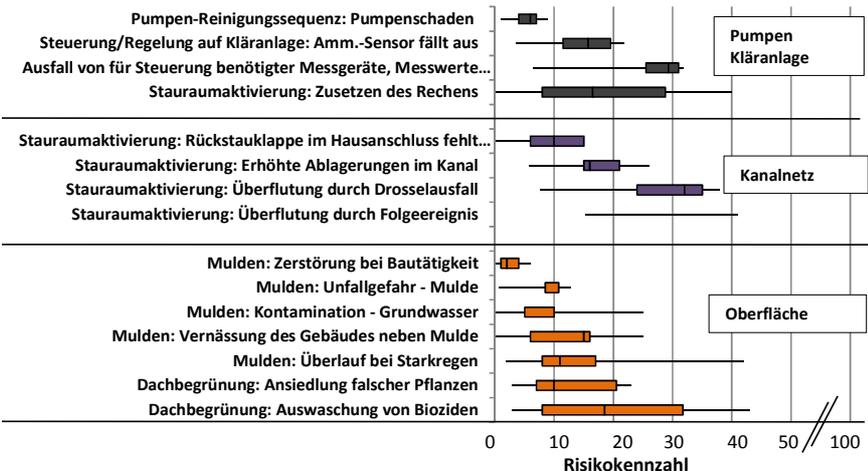


Abbildung 4: NH4-N Spitzenkonzentrationen im Kläranlagenablauf im Status Quo Szenario. Dabei ist Nullvariante: Status Quo Szenario ohne Maßnahmen, MK1 (0): MK1, ohne den zusätzlichen Maßnahmen auf der Kläranlage, MK1 (1) MK1 mit betrieblicher Optimierung auf der Kläranlage, MK1 (2): MK1 mit baulicher Optimierung auf der Kläranlage.

Kostenbewertung	<p>Die Kostenangaben beziehen sich auf die Kombination der Einzelmaßnahmen (siehe Kosten in den Steckbriefen) inkl. der Abschätzung für das mit Infoworks simulierte Modellgebiet (teilw. annahmebasiert).</p> <p>Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, 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 und beschreiben und benennen die abschätzbare Kostenannahme.</p> <div data-bbox="502 582 1380 739">  <p> ■ Bereich Jahreskosten Gesamt ▼ Abschätzung Jahreskosten Gesamt ▽ Abschätzung Jahreskosten Privat-Anteil </p> </div> <p>Betreffende Kosteneinsparungen beziehen sich auf die Umsetzung der Maßnahmenkombination in dem durch die InfoWorks-Simulation abbildbaren Modellgebiet. (ca. 18 km²).</p> <p>Dargestellt ist die Reduzierung „Mischwasserüberläufe“ und erfolgte in der Bewertung der Schadfrachten auf ein Jahr bezogen (Status Quo). Die Bewertung zu den anteiligen innerstädtischen Schadfrachten erfolgte gemäß dem Ansatz zur Überschreitung der Überwachungswerte Kläranlagenablauf CSB und Nanorg.. Einsparungen, u.a. zu Geruch, Korrosion, Stauraumerweiterung und/oder weiterer Investitionen steigern die jährlichen Einsparungen (grün/weiß - gestreift) und sind spezifisch zu ergänzen.</p> <div data-bbox="502 1064 1380 1209">  <p> ■ Bereich abschätzbare Einsparungen pro Jahr ▼ Abschätzung der Einsparungen für Schadfrachten pro Jahr </p> </div>
Risikobewertung	<p>Es wurde unter der Beteiligung der KURAS Experten für den Schwerpunkt Abwassersysteme (aus den Bereichen Oberfläche, Kanalnetz, Pumpen und Kläranlage) eine Risikoanalyse nach DWA-M180 durchgeführt.</p> <p>Nachfolgend sind die der Maßnahmenkombination zugeordneten Risikokennwerte zusammengefasst, sodass sich die risikorelevantesten Schadensereignisse auf einen Blick identifizieren und sich eine Priorisierung der potenziellen Bewältigungsmaßnahmen ablesen lassen. Der Risikokennwert ergibt sich aus dem Produkt von Wahrscheinlichkeitswert und Bedeutungswert (jeweils zwischen 1 und 10).</p>

	 <p>Zur Abbildung der Spannweite in den Ergebnissen der Risikobetrachtung wurde die Gesamtzahl der Risikokennwerte in einem Boxplot dargestellt. Die mittleren 50% der Risikokennwerte liegen im Bereich der abgebildeten Boxen. Die Quantile (abgebildet als Striche) bilden sich aus den gestreuten Minimal- und Maximalwerten.</p> <p>Eine ausführliche Erläuterung der Risikoanalyse befindet sich im Kapitel <i>Risikoanalyse</i>.</p>
Wirkungsabschätzung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Maßnahmenkombination 1 erfüllt ihre Zielsetzung und führt zu nennenswerten Verbesserungen im Wirkungsfeld „Mischwasserüberläufe“, die eine Umsetzung lohnenswert erscheinen lassen. ▪ Auch weitere Systembereiche (z.B. das Überstauverhalten) werden positiv beeinflusst. ▪ Für voraussichtlich verschärfte zukünftige Randbedingungen (dargestellt im Szenario Überlast 2050) lassen sich gute Effekte ableiten; durch die Umsetzung ließen sich die durch zukünftig verschärfte Randbedingungen hervorgerufenen Auswirkungen auf das heutige Maß reduzieren ▪ Die Maßnahmenkombination bewirkt eine Verschlechterung der Kläranlagenablaufwerte, die allerdings durch bauliche Anpassungsmaßnahmen beherrschbar sind. Ansonsten gibt keine erkennbaren, nicht beherrschbaren negativen Auswirkungen auf andere Bereiche des Abwassersystems

MAßNAHMENKOMBINATION 2 ZUR REDUZIERUNG VON ÜBERSTAU



Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzierung der Häufigkeit und des Ausmaßes von Überstauereignissen, quantifiziert über die Anzahl überstauter Schächte und das Überstauintegral (Wasserstand über Geländeoberkante integriert über die Zeit) für Modellregen unterschiedlicher Jährlichkeit ▪ Erfassung von Effektüberlagerungen und Auswirkungen auf die übrigen Systembereiche ▪ Erfassung des möglichen Anpassungspotenzials an heutige und zukünftige Herausforderungen mit Fokus auf das Überstaugeschehen
Lastfall	Überlast
Anwendungsebene	Grundstücks- und Quartiersebene, Kanalnetz
Beschreibung	Kombination von Maßnahmen, die laut Voruntersuchung einen hohen Effekt hinsichtlich der Reduzierung von Ausmaß und Häufigkeit von Überstauereignissen aufweisen

I. Enthaltene Maßnahmen

Maßnahme	Subsystem
Muldenversickerung	Oberfläche
Dachbegrünung	Oberfläche
Stauraumerweiterung	Kanalssystem
Abkopplung von Teilflächen eines Mischgebiet	Oberfläche / Kanalssystem

II. Funktion

Die Maßnahmenkombination beinhaltet Maßnahmen zur Abflussreduzierung an der Gebietsoberfläche und die Erweiterung des Rückhalteriums im Kanalnetz. Konkret untersucht wurden

- die Begrünung von 55% aller Flachdächer im Untersuchungsgebiet (Anteil an gesamter Dachfläche: 37%, Anteil an Gesamtfläche: 9%),
- Die Versickerung des Niederschlagsabflusses von 10% der Gesamtfläche in Mulden (verteilt über das Untersuchungsgebiet),
- Die Abkopplung eines einzelnen 42 ha großen Teilgebietes im Nordwesten des Einzugsgebietes (3% der Gesamtfläche; Abkopplung z.B. durch Entwässerung der Flächen in Trennkanal),
- Erweiterung eines bestehenden und Neubau eines weiteren Regenüberlaufbeckens mit einem Gesamtvolumen von 18500 m³ (7400 m³ + 11100 m³).

Die Einzelmaßnahmen wurden ausgewählt, weil sie im Rahmen der Voruntersuchungen zu einer deutlichen Reduzierung von Überstauhäufigkeit/-ausmaß und räumlicher Verteilung beigetragen haben.

III. Bewertung der Maßnahmenkombination 2 zur Reduzierung von Überstau

Bewertung der Maßnahme

Kombination von Einzelmaßnahmen zur Maßnahmenkombination MK2 mit dem Ziel der Reduzierung des Überstaus

Die Bewertung bezüglich des Überstaus erfolgte für den bemessungsrelevanten Modellregen ($n = 0,2/a$) anhand der Anzahl überstauter Schächte und des Überstauintegrals (Wasserstand über Geländeoberkante integriert über die Zeit, aufsummiert für alle Schächte).

Die untersuchte Maßnahmenkombination ist in der Lage, sowohl die räumliche Verteilung als auch das Ausmaß des Überstaus für den bemessungsrelevanten Modellregen ($n = 0,2/a$) auf ein Minimum zu reduzieren. Die Anzahl der überstauten Schächte kann für den Status Quo (ohne Berücksichtigung der Zukunftsszenarien) um 93% reduziert werden, d.h. nur noch ein Prozent aller Schächte wäre der Simulation zufolge bei einem 5-jährlichen Regenereignis vom Überstau betroffen (Abb. 1). Das Überstauintegral nimmt sogar um 96% ab (Abb. 2). Den größten Anteil an der Verbesserung haben die Versickerung des Niederschlagsabflusses in Mulden (10% der Gesamtfläche angeschlossen) und die Dachbegrünung (9% der Gesamtfläche angeschlossen), wobei die Maßnahmenkombination den Effekt der Einzelmaßnahmen nochmals übertrifft. Die Überstauhäufigkeit konnte insgesamt von $n = 2/a$ auf $n = 1/a$ (mit nur 3 betroffenen Schächten) reduziert werden.

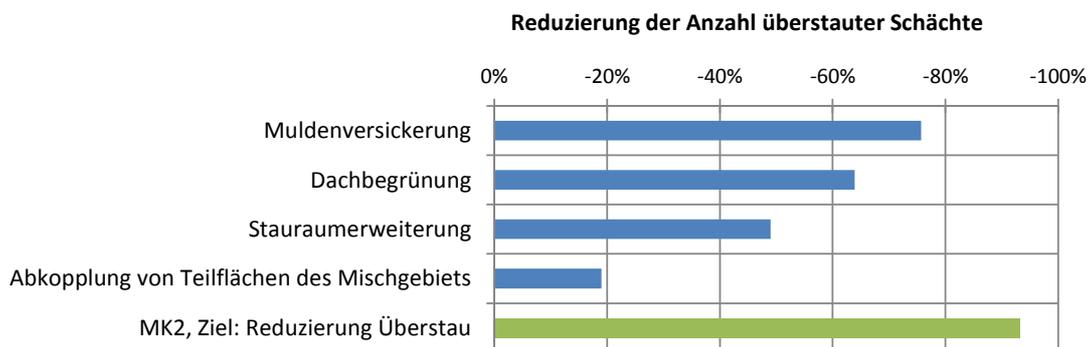
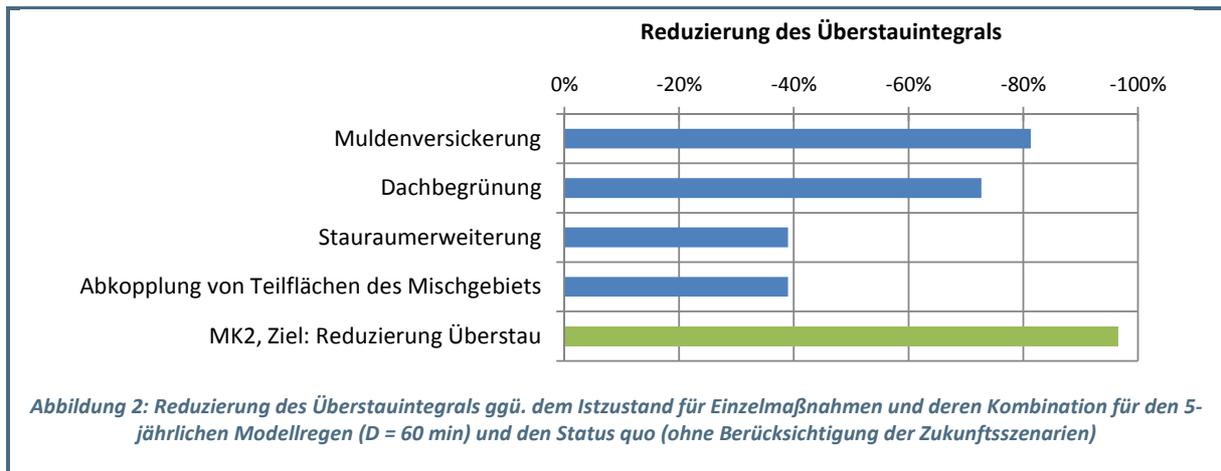


Abbildung 1: Reduzierung der Anzahl überstauter Schächte ggü. dem Istzustand für Einzelmaßnahmen und deren Kombination für den 5-jährlichen Modellregen ($D = 60 \text{ min}$) und den Status Quo (ohne Berücksichtigung der Zukunftsszenarien)



Auswirkungen der Maßnahmenkombination 2 auf das Gesamtsystem unter Berücksichtigung von Zukunftsszenarien

Sowohl für den Status Quo als auch für das Extremszenario „Überlast 2050“ (unter Berücksichtigung der maximal prognostizierten Flächenversiegelung) lässt sich der Überstau für den 5-jährlichen Modellregen (D = 60 min) auf ein Minimum reduzieren (> 90% Reduktion für Anzahl überstauter Schächte und Überstauintegral, siehe Abb. 3). Zudem hat die Maßnahmenkombination positive Nebeneffekte auf die Mischwasserüberlaufsituation. Überlaufhäufigkeit und -volumen können sowohl für den Status Quo (mittleres Regenjahr 1990) als auch für das Extremszenario „Überlast 2050“ (regenreiches Jahr 2007 unter Berücksichtigung der maximal prognostizierte Flächenversiegelung) etwa halbiert werden. Die entlasteten Schmutzfrachten werden sogar um etwa zwei Drittel reduziert. Zwar fällt die relative Wirkung für das Extremszenario „Überlast 2050“ teilweise etwas geringer aus als für den Status Quo. Dennoch können die Maßnahmen Überstau und Mischwasserüberläufe selbst unter extremen Randbedingungen sehr wirkungsvoll reduzieren.

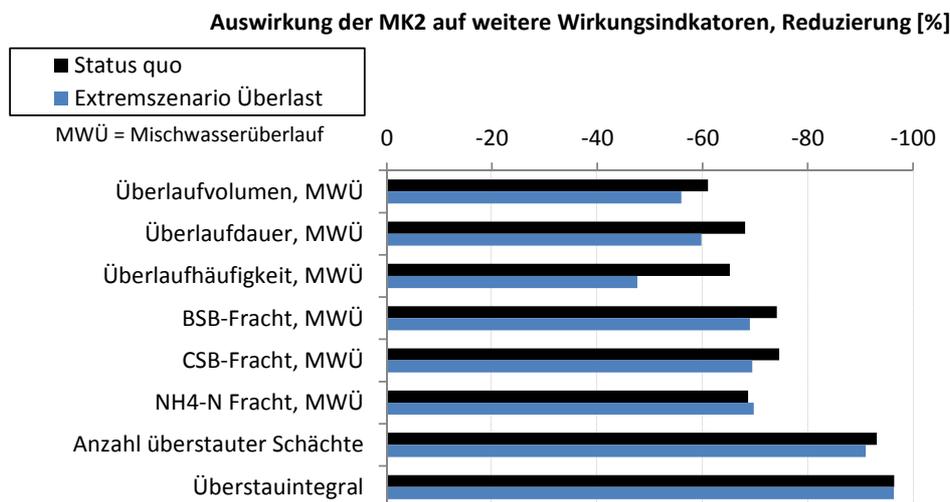


Abbildung 3: Effekt der Maßnahmenkombination 2 hinsichtlich ausgewählter Indikatoren für den Status quo (mittleres Regenjahr 1990 mit derzeitiger Bevölkerungssituation und Flächenversiegelung) und das Überlastszenario 2050 (regenreiches Regenjahr 2007 mit höchster prognostizierter Bevölkerungsentwicklung und Flächenversiegelung). Die Indikatoren Anzahl überstauter Schächte und Überstauintegral wurden einheitlich für einen 5-jährlichen Modellregen bewertet.

Betrachtet man nun die Auswirkungen der MK2 auf den Kläranlagenzulauf, so lässt sich erkennen, dass sich dieser – weder im Status Quo-Szenario noch im „Überlast 2050“-Szenario – wesentlich von den Werten für die Nullvariante (MK0, keine Maßnahmen) unterscheidet (vgl. Abbildung 4). Daher ist keine wesentliche Verschlechterung der Ablaufwerte der Kläranlage zu erwarten, weshalb von einer detaillierten Simulation dieser Effekte für MK2 im Projektplan abgesehen worden ist.

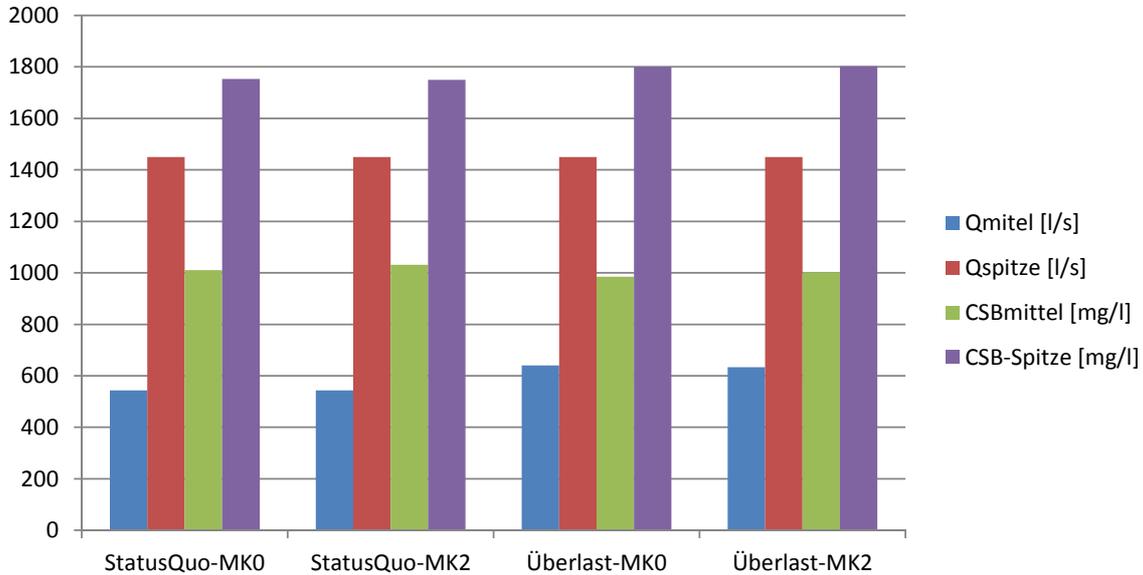
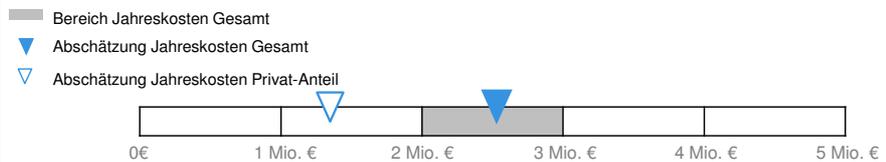


Abbildung 4: Eigenschaften des Kläranlagen-Zulaufes bei MK2 im Vergleich zur Nullvariante (MK0)

Kostenbewertung

Die Kostenangaben beziehen sich auf die Kombination der Einzelmaßnahmen (siehe Kosten in den Steckbriefen) inkl. der Abschätzung für das mit Infoworks simulierte Modellgebiet (teilw. annahmebasiert).

Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, 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 und beschreiben und benennen die abschätzbare Kostenannahme.



Betreffende Kosteneinsparungen beziehen sich auf die Umsetzung der Maßnahmenkombination in dem durch die InfoWorks-Simulation abbildbaren Modellgebiet. (ca. 18 km²).

Dargestellt ist die Reduzierung „Mischwasserüberläufe“ und erfolgte in der Bewertung der Schadfrachten auf ein Jahr bezogen (Status Quo). Die Bewertung zu den anteiligen innerstädtischen Schadfrachten erfolgte gemäß dem Ansatz zur Überschreitung der Überwachungswerte Kläranlagenablauf CSB und Nanorg.. Einsparungen, u.a. zu Geruch, Korrosion, Stauraumerweiterung und/oder weiterer Investitionen steigern die jährlichen Einsparungen (grün/weiß - gestreift) und sind spezifisch zu ergänzen.

	<p> ■ Bereich abschätzbare Einsparungen pro Jahr ▼ Abschätzung der Einsparungen für Schadfrachten pro Jahr </p> <p>0€ 40 Tsd. € 80 Tsd. € 120 Tsd. € 160 Tsd. € 200 Tsd. €</p>
<p>Risikobewertung</p>	<p>Es wurde unter der Beteiligung der KURAS Experten für den Schwerpunkt Abwassersysteme (aus den Bereichen Oberfläche, Kanalnetz, Pumpen und Kläranlage) eine Risikoanalyse nach DWA-M180 durchgeführt.</p> <p>Nachfolgend sind die der Maßnahmenkombination zugeordneten Risikokennwerte zusammengefasst, sodass sich die risikorelevantesten Schadensereignisse auf einen Blick identifizieren und sich eine Priorisierung der potenziellen Bewältigungsmaßnahmen ablesen lassen. Der Risikokennwert ergibt sich aus dem Produkt von Wahrscheinlichkeitswert und Bedeutungswert (jeweils zwischen 1 und 10).</p> <p>Zur Abbildung der Spannweite in den Ergebnissen der Risikobetrachtung wurde die Gesamtzahl der Risikokennwerte in einem Boxplot dargestellt. Die mittleren 50% der Risikokennwerte liegen im Bereich der abgebildeten Boxen. Die Quantile (abgebildet als Striche) bilden sich aus den gestreuten Minimal- und Maximalwerten.</p> <p>Je nachdem, ob die in der Maßnahmenkombination enthaltene Maßnahme „Abkopplung Mischgebiet“ durch Muldenversickerung oder Dachbegrünung umgesetzt wird, gelten die bereits aufgeführten Risikokennwerte für Dachbegrünung und Muldenversickerung.</p> <p>Eine ausführliche Erläuterung der Risikoanalyse befindet sich im Kapitel Risikoanalyse</p>
<p>Wirkungsabschätzung</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Maßnahmenkombination erfüllt ihre Zielsetzung und führt zu nennenswerten Verbesserungen des Wirkungsfeldes „Überstau“, die eine Umsetzung lohnenswert erscheinen lassen. ▪ Auch weitere Systembereiche (Mischwasserüberläufe) werden positiv beeinflusst. ▪ Für voraussichtlich verschärfte zukünftige Randbedingungen (dargestellt im Extremszenario „Überlast 2050“) werden ebenfalls sehr große Effekte beobachtet. ▪ Allerdings wird auch mit den Maßnahmen das Bemessungsziel (Überstau seltener als alle 5 Jahre) knapp verfehlt.

MAßNAHMENKOMBINATION 3 ZUR REDUZIERUNG VON ÜBERFLUTUNGEN	
	
	
Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzierung des Überflutungsrisikos, quantifiziert über die Anzahl von Gebäuden mit einer hohen Risikoklasse, gebildet aus dem vorliegenden Schadenspotenzial und der berechneten Überflutungsgefährdung ▪ Identifizierung von Synergieeffekten mit Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung ▪ Erfassung des Ausmaßes von Effektüberlagerungen durch Anwendung verschiedener Maßnahmen ▪ Erfassung des möglichen Anpassungspotenzials an heutige und zukünftige Herausforderungen mit Fokus auf das Überflutungsgeschehen
Lastfall	Überlast (außergewöhnliches Starkregenereignis)
Anwendungsebene	Straßenraum, Quartiersebene und Gebäudeebene
Beschreibung	Kombination von Maßnahmen an der Oberfläche zur gezielten Abflussleitung und -retention sowie von Maßnahmen des gezielten Objektschutzes. Die Betrachtung erfolgt an einem ausgewählten, räumlich begrenzten Teilgebiet, welches in der vorangestellten gebietsweiten Gefährdungsanalyse als gefährdungsrelevant identifiziert wurde.

I. Enthaltene Maßnahmen

Maßnahme	Subsystem
Muldenversickerung	Oberfläche
Dachbegrünung	Oberfläche
Temporärer Flächeneinstau	Oberfläche
Objektschutz	Oberfläche

II. Funktion

Die Maßnahmenkombination 3 beinhaltet Maßnahmen zur Abflussreduzierung und der Abflussleitung und –retention auf der Gebietsoberfläche. Wo das Überflutungsrisiko mit diesen Maßnahmen nicht ausreichend reduziert werden kann, werden Maßnahmen des objektbezogenen Überflutungsschutzes verortet. Konkret untersucht wurden:

- Die Begrünung von 55% aller Flachdächer im Untersuchungsgebiet (Anteil an gesamter Dachfläche: 37%, Anteil an Gesamtfläche: 9%)
- Die Versickerung des Niederschlagsabflusses von 10% der Gesamtfläche in Mulden (verteilt über Untersuchungsgebiet)
- Die gezielte Abflussleitung im Straßenraum durch Modellierung von Schwellen und Führungsrinnen sowie Transportmulden für den Fall oberflächlich abfließenden Starkregenabflusses
- Die Retention von Oberflächenabfluss im Starkregenfall durch temporären Flächeneinstau und Parkplatzabsenkungen
- Objektbezogener Überflutungsschutz

Die Ergebnisse zur Überflutungsbetrachtung des Detailgebiets stehen repräsentativ für das gesamte Untersuchungsgebiet.

III. Bewertung der Maßnahmenkombination 3 zur Reduzierung von Überflutungen

Bewertung der Maßnahme

Als **Hauptbewertungsindikatoren** für die Überflutungsbetrachtung werden die gebäudespezifische Gefährdung sowie das gebäudespezifische Schadenspotenzial verwendet. Diese werden zum gebäudespezifischen Risiko verschnitten.

Überflutungsgefährdung

Die Überflutungsgefährdung ergibt sich aus dem maximalen Wasserstand, der sich in der Simulation an der Gebäudekante einstellt. Als Niederschlagsbelastung wird ein Modellregen der Dauer 60 Minuten mit einer Niederschlagshöhe von 57,2 mm ($T_n > 50a$) angesetzt. Die Klassifizierung erfolgt in vier Gefährdungsklassen in Anlehnung an das im Entwurf befindliche DWA-Merkblatt 119. Als Bewertungsindikator wird die Anzahl der Gebäude in Gefährdungsklasse 3 und 4 verwendet.

Tabelle 1: Gefährdungsklassifizierung

Gefährdungsklasse (GK)	Wasserstand an der Gebäudekante
1 (gering)	< 10 cm
2 (mäßig)	10 cm – 30 cm
3 (hoch)	30 cm – 50 cm
4 (sehr hoch)	> 50 cm

Schadenspotenzial bei Überflutung

Das Schadenspotenzial wird ebenfalls auf Gebäudeebene, aber anhand der Gebäudenutzung klassifiziert. Auch hier werden vier Klassen festgelegt. Die Klassifizierung zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Klassifizierung Schadenspotenzial

Schadenspotenzial-klasse (SPK)	Beschreibung	Beispiel
1 (gering)	Keine Bebauung	Straßenfläche, Freifläche, Parks
2 (mäßig)	Bebauung ohne besondere Nutzung	Wohngebäude
3 (hoch)	Höhere materielle Werte	Forschungslabor, Bibliothek
4 (sehr hoch)	Gefahr für Leib und Leben, kritische Infrastruktur	KITA, Seniorenheim, Krankenhaus, Tiefgarage, Pumpenhaus, Stromversorgung

Überflutungsrisiko

Das gebäudebezogene Überflutungsrisiko ergibt sich aus der Gefährdung und dem Schadenspotenzial nach folgendem Schema:

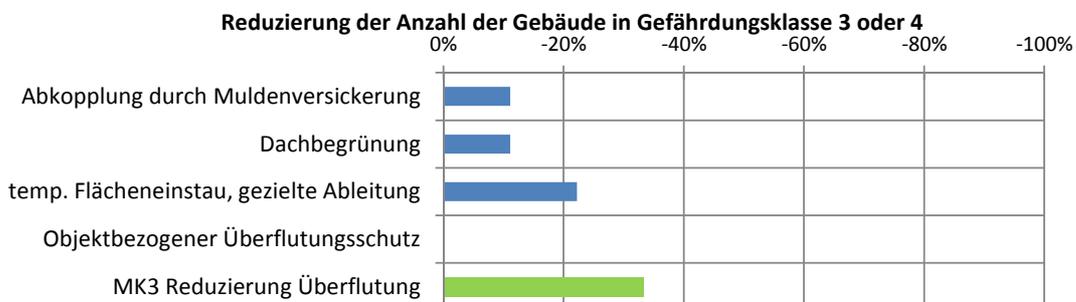
		T_N = 50 a			
		Schadenspotenzial			
		gering	mäßig	hoch	sehr hoch
Gefährdung	gering	gering	gering	mäßig	mäßig
	mäßig	gering	mäßig	mäßig	hoch
	hoch	mäßig	mäßig	hoch	sehr hoch
	sehr hoch	mäßig	hoch	sehr hoch	sehr hoch

Abbildung 1: Verschneidung von Gefährdung und Schadenspotenzial zum Überflutungsrisiko (Vorschlag aus DWA-Merkblatt 119 (Entwurfassung))

Zur Bewertung von Ist-Zustand und Maßnahmenzenarien wird die Anzahl der Gebäude in Risikoklasse 3 und 4 betrachtet.

Kombination von Einzelmaßnahmen zur Maßnahmenkombination MK3 mit dem Ziel der Reduzierung des Überflutungsrisikos

Die folgenden Diagramme und Abbildungen stellen die Effekte der Einzelmaßnahmen und der Maßnahmenkombination auf die Überflutungsgefährdung (Abbildung 2 und Abbildung 3) und das Überflutungsrisiko (Abbildung 4 und Abbildung 5) dar. Die Beschreibungen der Einzelmaßnahmen und ihrer Modellierung sind den jeweiligen Steckbriefen zu entnehmen.


Abbildung 2: Reduzierung der Überflutungsgefährdung ggü. dem Ist-Zustand durch Einzelmaßnahmen und die Maßnahmenkombination

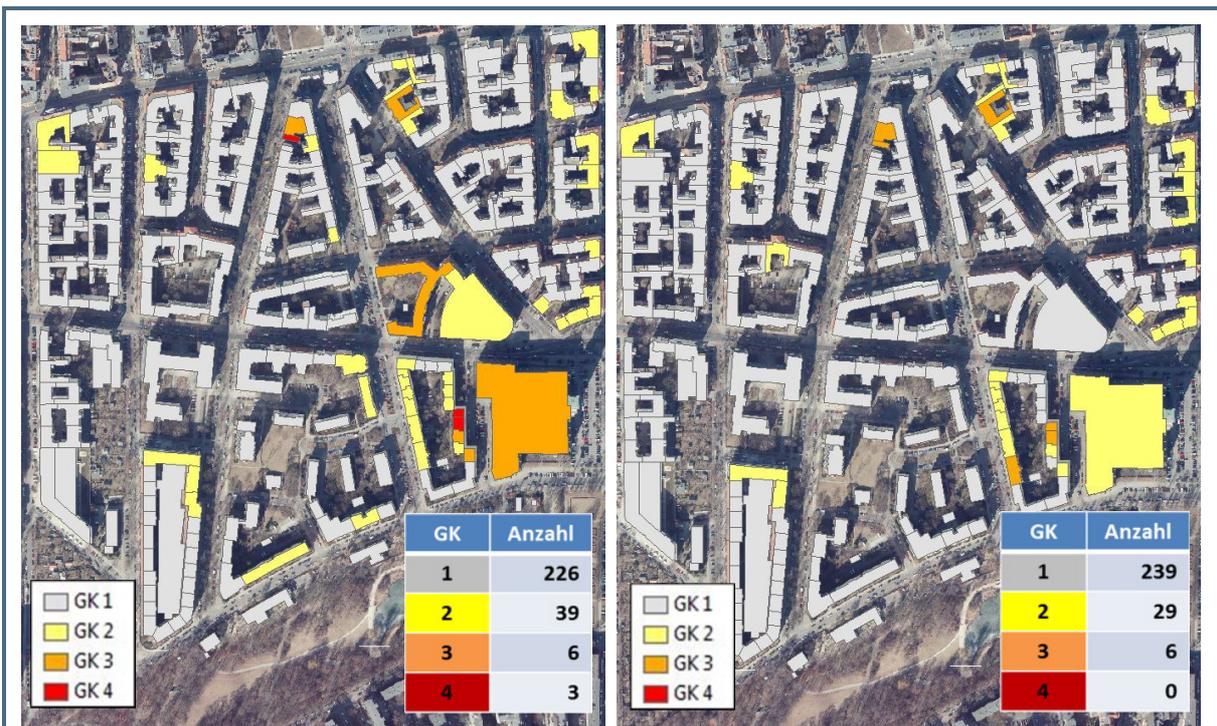


Abbildung 3: Kartendarstellung der Überflutungsgefährdung für Ist-Zustand (links) und Maßnahmenkombination 3 (rechts) (Geoportal/Berlin)

Zu erkennen ist eine vollständige Reduzierung der Gefährdungsklasse 4 (sehr hoch) von 3 auf 0 Gebäude für die Maßnahmenkombination 3. Auch die Anzahl der Gebäude in Gefährdungsklasse 2 nimmt um 10 Gebäude auf 29 Gebäude ab. Bei Betrachtung der Einzeleffekte und des Effektes der Maßnahmenkombination in Abbildung fällt auf, dass die Kombination der verschiedenen Maßnahmen zu einem größeren Effekt auf die Überflutungsgefährdung führt, als die jeweiligen Einzelmaßnahmen. Die Maßnahmen des objektbezogenen Überflutungsschutz haben logischerweise keinen Effekt auf die Überflutungsgefährdung, da sie nicht den Wasserstand beeinflussen, sondern das Gebäude vor eindringendem Wasser schützen.

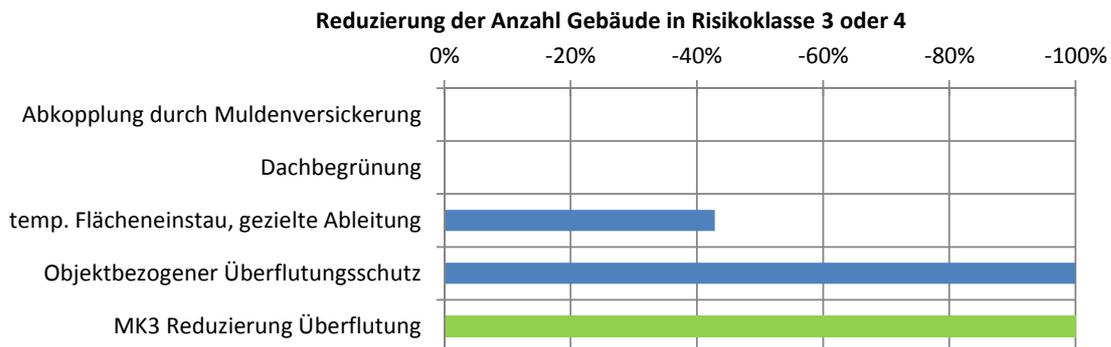


Abbildung 4: Reduzierung des Überflutungsrisikos ggü. dem Ist-Zustand durch Einzelmaßnahmen und die Maßnahmenkombination

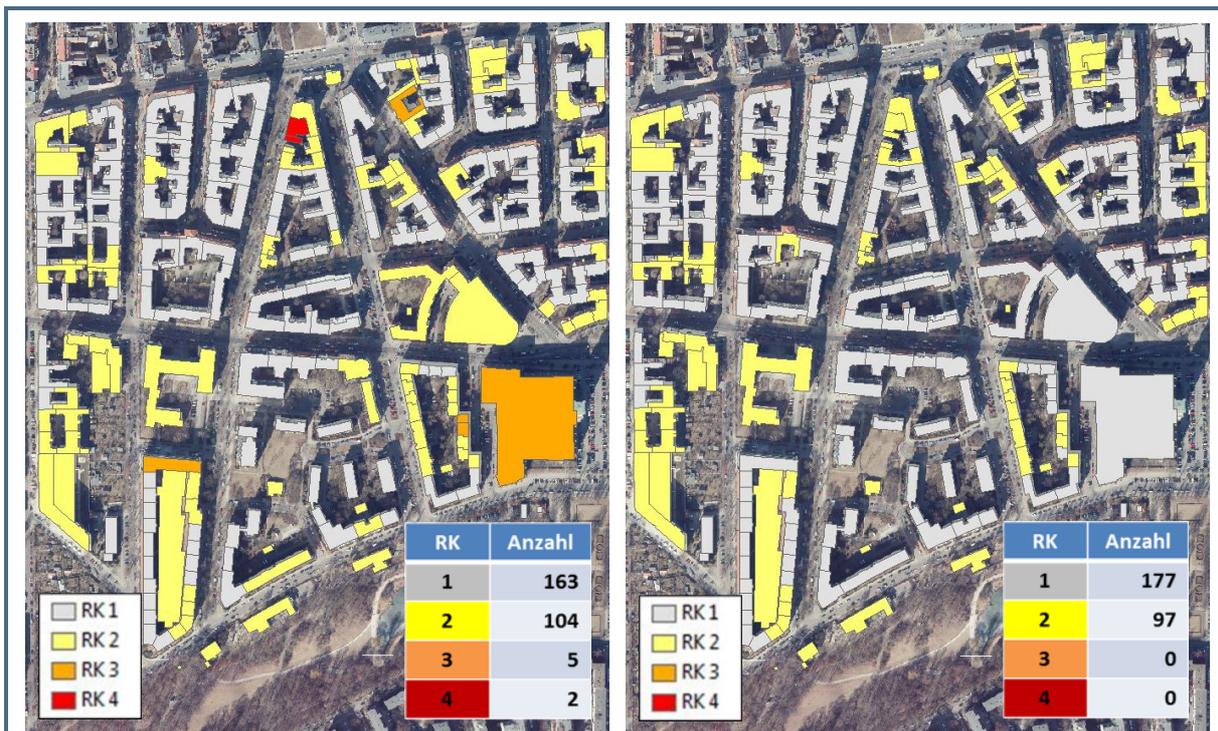


Abbildung 5: Kartendarstellung des Überflutungsrisikos für Ist-Zustand (links) und Maßnahmenkombination 3 (rechts) (Geoportal/Berlin)

Maßnahmenkombination 3 hat einen höheren Effekt auf die Reduzierung des Überflutungsrisikos, als auf die Überflutungsgefährdung. Ein Grund hierfür ist der alleinige Effekt auf das Risiko durch die Maßnahmen des objektbezogenen Überflutungsschutz, die bei allen Gebäuden mit $RK > 2$ im Ist-Zustand angesetzt wurden. Ein weiterer Grund ist die zielorientierte Konzeption der Maßnahmen „*Temporärer Flächeneinstau/gezielte Ableitung*“ und „*objektbezogener Überflutungsschutz*“. Diese Maßnahmen wurden gezielt zur Entlastung risikobehafteter Bereiche ausgelegt, während „*Dachbegrünung*“ und „*Muldenversickerung*“ eher einen flächendeckenden Effekt haben.

Auswirkungen der Maßnahmenkombination 3 auf das Gesamtsystem unter Berücksichtigung von Zukunftsszenarien

Die gezielten Maßnahmen zum Überflutungsschutz (*Temporärer Flächeneinstau, gezielte Abflussleitung und objektbezogener Überflutungsschutz*) haben keine Effekte auf die weiteren Systembereiche (Kanalnetz, Pumpsystem, Kläranlage).

Kostenbewertung

Die Kostenangaben beziehen sich auf die Kombination der Einzelmaßnahmen (siehe Kosten in den Steckbriefen) inkl. der Abschätzung für das mit Infoworks simulierte Modellgebiet (teilw. annahmebasiert).

Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, 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 und beschreiben und benennen die abschätzbare Kostenannahme.

	<p>Bereich Jahreskosten Gesamt ▼ Abschätzung Jahreskosten Gesamt ▽ Abschätzung Jahreskosten Privat-Anteil</p> <p>0€ 1 Mio. € 2 Mio. € 3 Mio. € 4 Mio. € 5 Mio. €</p> <p>Betreffende Kosteneinsparungen beziehen sich auf die Umsetzung der Maßnahmenkombination in dem durch die InfoWorks-Simulation abbildbaren Modellgebiet. (ca. 18 km²).</p> <p>Dargestellt ist die Reduzierung „Gebäudeschaden“ und erfolgte in der Bewertung der Maßnahmeneffekte auf ein Jahr bezogen. Basis hierzu stellt die Auswertung der Versicherungsstatistik im Bereich „Elementarschäden an Wohngebäuden“ dar. Einsparungen, u.a. zu Geruch, Korrosion, Stauraumerweiterung und/oder weiterer Investitionen steigern die jährlichen Einsparungen (grün/weiß - gestreift) und sind spezifisch zu ergänzen.</p> <p>Bereich abschätzbare Einsparungen pro Jahr ▼ Abschätzung der Einsparungen für Schadfrachten pro Jahr</p> <p>0€ 40 Tsd. € 80 Tsd. € 120 Tsd. € 160 Tsd. € 200 Tsd. €</p>
<p>Risikobewertung</p>	<p>Es wurde unter der Beteiligung der KURAS Experten für den Schwerpunkt Abwassersysteme (aus den Bereichen Oberfläche, Kanalnetz, Pumpen und Kläranlage) eine Risikoanalyse nach DWA-M180 durchgeführt.</p> <p>Nachfolgend sind die der Maßnahmenkombination zugeordneten Risikokennwerte zusammengefasst, sodass sich die risikorelevantesten Schadensereignisse auf einen Blick identifizieren und sich eine Priorisierung der potenziellen Bewältigungsmaßnahmen ablesen lassen. Der Risikokennwert ergibt sich aus dem Produkt von Wahrscheinlichkeitswert und Bedeutungswert (jeweils zwischen 1 und 10).</p> <p>Zur Abbildung der Spannweite in den Ergebnissen der Risikobetrachtung wurde die Gesamtzahl der Risikokennwerte in einem Boxplot dargestellt. Die mittleren 50% der Risikokennwerte liegen im Bereich der abgebildeten Boxen. Die Quantile (abgebildet als Striche) bilden sich aus den gestreuten Minimal- und Maximalwerten.</p> <p>Eine ausführliche Erläuterung der Risikoanalyse befindet sich im Kapitel Risikoanalyse.</p>
<p>Wirkungsabschätzung</p>	<p>Zusammengefasst ist ein deutlicher Effekt der Maßnahmenkombination 3 auf das Wirkungsfeld „Überflutung“ (Reduzierung von Überflutungsgefährdung und -risiko) zu erkennen. Eine Ergänzung von Maßnahmen der gezielten Abflussleitung und -retention durch Objektschutzmaßnahmen ist sinnvoll. Die Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung haben einen deutlich geringeren Beitrag, was auf relativ geringen Effekt bei intensiven Niederschlagsereignissen und die weniger zielgerichtete Maßnahmenkonzeption zurückzuführen ist.</p>

MAßNAHMENKOMBINATION 4 ZUR REDUZIERUNG VON ABLAGERUNGEN


Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Allgemeine Verbesserung des Feststofftransportes im Kanalsystem bei Trockenwetter zur Reduzierung von Ablagerungen und Unterlastfolgeproblemen, wie Geruch und Korrosion. ▪ Reduzierung des Reinigungsaufwandes im Betrieb von Kanalnetzen.
Lastfall	Unterlast
Anwendungsebene	Kanalsystem
Beschreibung	Kombination und Hochrechnung von Maßnahmen im gesamten Modellgebiet, die laut Voruntersuchungen einen hohen Effekt auf die Vermeidung von Ablagerungen durch verbesserten Feststofftransport und automatisierte Remobilisierung von Ablagerungen versprechen.

I. Enthaltene Maßnahmen

Maßnahme	Subsystem	
Vorausschauende Schwallspülung	Kanalsystem	Anfangshaltungen (< DN400) und kleine Sammler (< DN800)
Dükerspülung	Kanalsystem	Schwerpunktdüker
Spülkaskade	Kanalsystem	Schwerpunktdüker und Hauptsammler
Trockenwetterrinnensystem	Kanalsystem	große Sammler (> DN800)

II. Funktion

Die Maßnahmenkombination 4 vereint Maßnahmen zur Vermeidung von Ablagerungen durch Verbesserung der Kanalhydraulik und damit einhergehender Feststofftransportleistung des Systems mit Maßnahmen, die im sich darstellenden Abwasseraufkommen unvermeidbare Ablagerungen im Kanalsystem automatisiert remobilisieren.

Der allgemeinen Reduzierung des Reinigungsaufwandes im Kanalsystem durch Vermeidung und Remobilisierung von Feststoffablagerungen wird eine positive Wirkung auf andere Unterlastfolgen, wie Geruch und Korrosion, unterstellt.

Mittels **annahmebasierter Hochrechnung** der Einzelmaßnahmen auf das betrachtete Modellgebiet wird eine maximale Entlastung des Kanalbetriebes zu Unterlastfolgen abgeschätzt.

Die Hochrechnung der Maßnahmen auf das gesamte Modellgebiet erfolgt auf Basis der abgelagerungskritischen Bereiche anhand der Kanalnetzanalyse nach DWA-Kriterien.



Vorausschauende Schwallspülung:



Dükerspülung / Spülkaskade:

Aufgrund der stark standortabhängigen Ergebnisse der untersuchten Einzelmaßnahmen „Interne Schwallspülung“ und „Spülkaskade“ wird hier von einer Hochrechnung der Maßnahme auf nicht untersuchte Standorte im Modellgebiet abgesehen. Die Implementierung der Maßnahmen in MK4 erfolgt somit lediglich anhand der als erfolgreich eingestuften Beispielstandorte im Modellgebiet:

- Düker Innsbrucker Platz (DN 900) → Schütz EI 1200-1800
- Hauptsammler Martin-Luther-Str. → Schütz MA 3200
- Düker Hohenstaufen Str. (DN 700) → Schütz EI 1600-2400
→ 3 Schütze als Spül-Kaskade

Für die Maßnahme „Dükerspülung“ erfolgt eine annahmebasierte Übertragung des Maßnahmeneffektes auf einen weiteren Dükerstandort mit ähnlichen Bedingungen (Reinigungsaufwand, Nennweite, Geometrie, Trockenwetterabfluss). Neben der ähnlichen Kanalgeometrie kann hier auf Basis der beispielhaften Einzeluntersuchungen anhand eines Trockenwetterabfluss > 5000m³ pro Tag die Einhaltung der maximalen Einstauzeit von 120 Minuten abgeschätzt werden.

- Düker Hohenzollernplatz (DN 850) → Schütz VT 1000

→ Insgesamt werden somit für die Maßnahmen Dükerspülung (M7) und Spül-Kaskade (M8) vier Schütze im gesamten Modellgebiet implementiert.

Trockenwetterrinnensystem:

Die Umsetzung eines Trockenwetterrinnensystems erfolgte, wie in der Einzelmaßnahme „Trockenwetterrinnensystem“ dargestellt, für das gesamte Modellgebiet anhand einer Potentialanalyse.

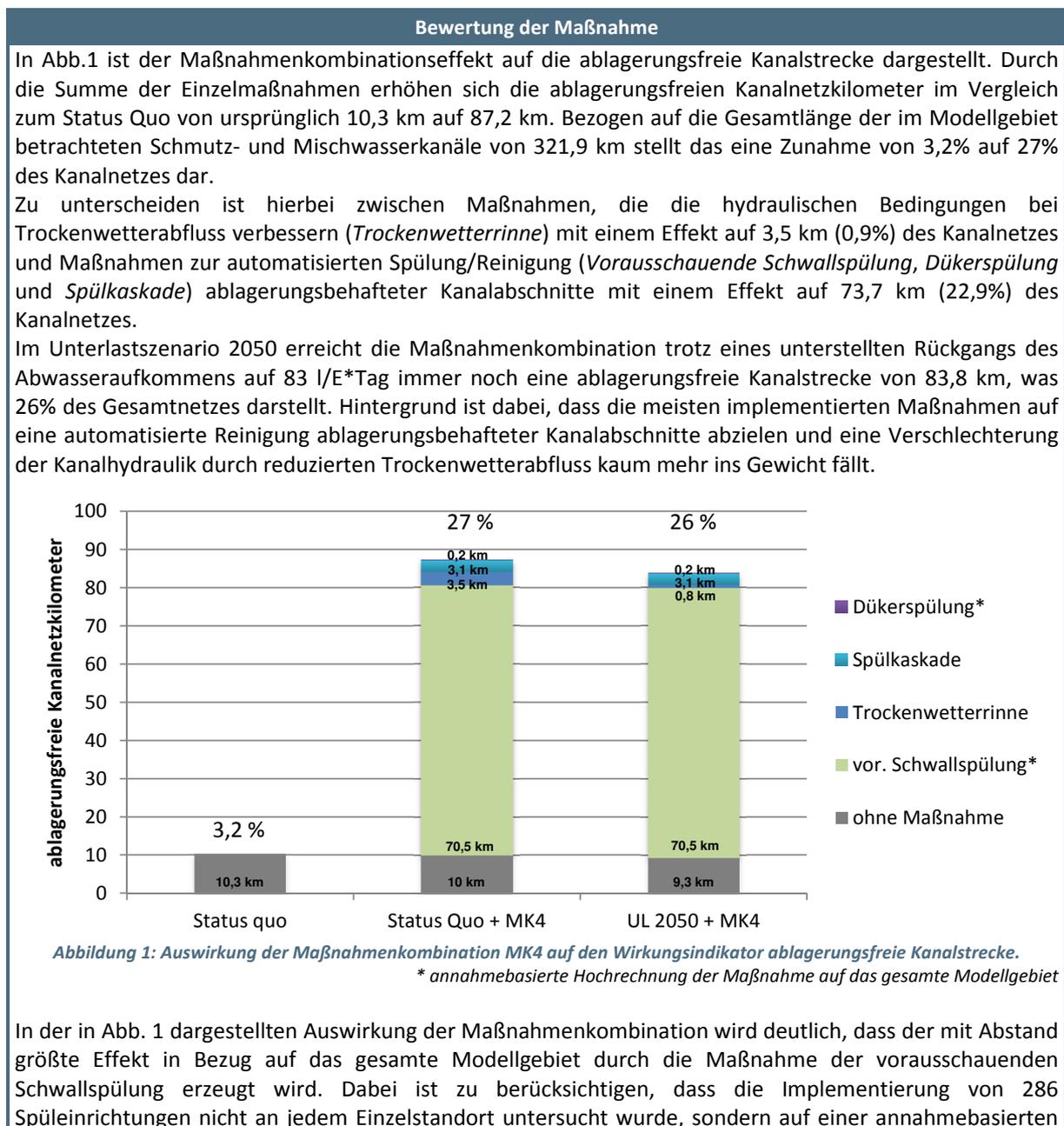


III. Bewertung der Maßnahmenkombination 4 zur Reduzierung von Ablagerungen

Die Bewertung der Maßnahmenkombination 4 erfolgte anhand der Entlastung des Kanalbetriebes durch die Reduzierung des Reinigungsaufwandes bemessen an dem Wirkungsindikator „ablagerungsfreier Kanalnetzkilometer“.

Die Maßnahme „*Trockenwetterrinne*“ erfüllt durch ihre hydraulisch günstige Bauform die DWA-Kriterien (DWA A110) für ablagerungsfreien Kanalbetrieb bei Trockenwetterabfluss, wenn die erforderliche Mindestschubspannung für mindestens 8 Stunden am Tag eingehalten wird.

Die Maßnahmen *Vorausschauende Schwallspülung*, *Dükerspülung* und *Spülkaskade* sorgen bei turnusmäßiger Anwendung für eine automatisierte Reinigung der entsprechenden Kanalabschnitte. Von einer erfolgreichen Spülung wird dabei bei Erreichen einer Schubspannung von 3 N/m² ausgegangen.



Hochrechnung der Einzeluntersuchung fußt.

Ein separater Hinweis ist bezüglich der *Dükerspülung* zu beachten. Bezogen auf den Wirkungsindikator ablagerungsfreier / gereinigter Kanalstrecke erreicht diese Maßnahme zwar lediglich 0,2 km, jedoch entspricht dies drei Schwerpunktdüchern im Einzugsgebiet, die den Kanalbetrieb vor große Herausforderungen stellen, da Dükeranlagen bei Unterlast allgemein eine hohe Belastung erfahren.

Kostenbewertung

Die Kostenangaben beziehen sich auf die Kombination der Einzelmaßnahmen (siehe Kosten in den Steckbriefen) inkl. der Abschätzung für das mit Infoworks simulierte Modellgebiet (teilw. annahmebasiert).

Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, 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 und beschreiben und benennen die abschätzbare Kostenannahme.



Betreffende Kosteneinsparungen beziehen sich auf die Umsetzung der Maßnahmenkombination in dem durch die InfoWorks-Simulation abbildbaren Modellgebiet. (ca. 18 km²).

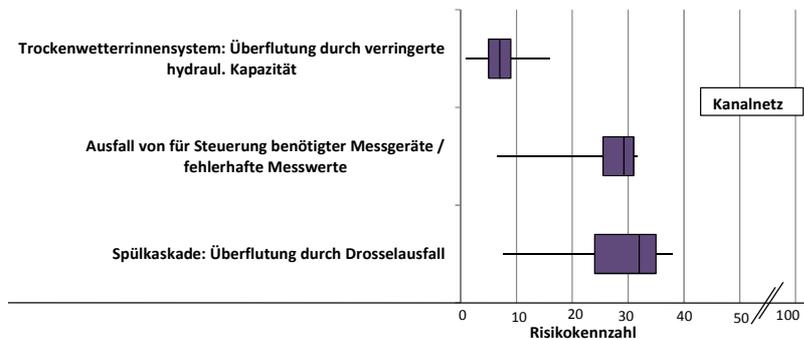
Die Reduzierung der Kanalreinigung erfolgte in der Bewertung der Reinigungsklassen auf ein Jahr bezogen (Status Quo). Einsparungen, u.a. zu Geruch, Korrosion, Stauraumerweiterung und/oder weiterer Investitionen steigern die jährlichen Einsparungen (grün/weiß - gestreift) und sind spezifisch zu ergänzen.



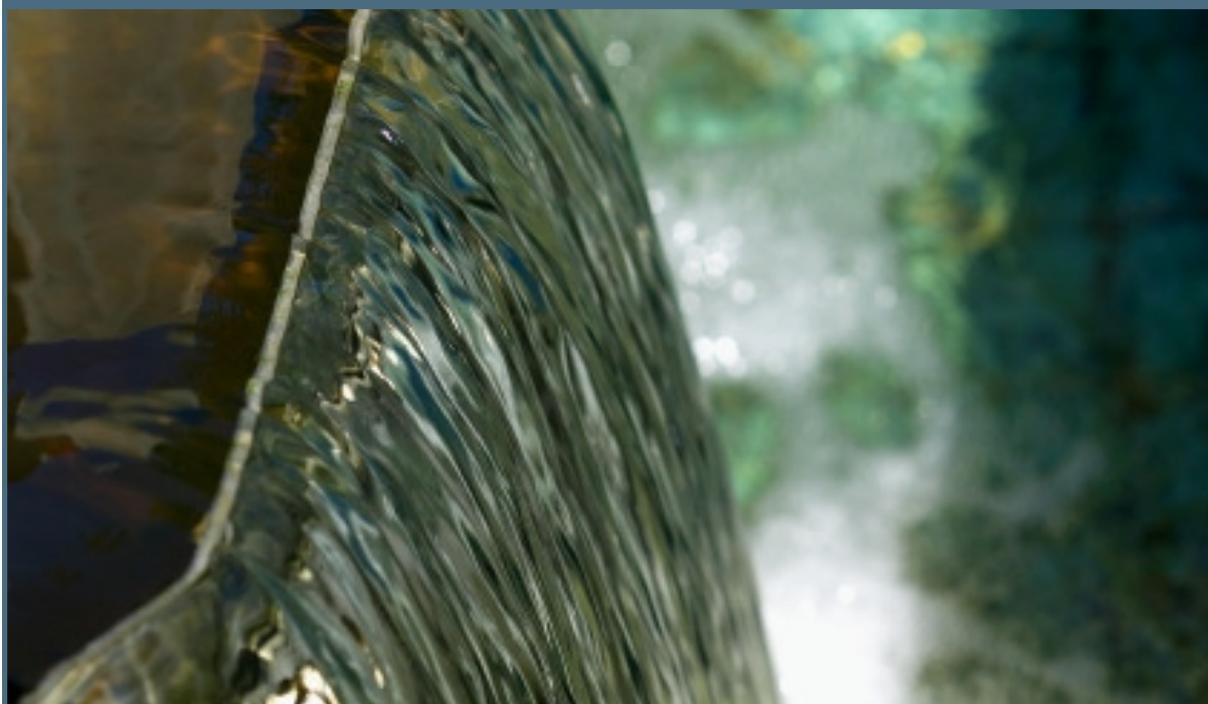
Risikobewertung

Es wurde unter der Beteiligung der KURAS Experten für den Schwerpunkt Abwassersysteme (aus den Bereichen Oberfläche, Kanalnetz, Pumpen und Kläranlage) eine Risikoanalyse nach DWA-M180 durchgeführt.

Nachfolgend sind die der Maßnahmenkombination zugeordneten Risikokennwerte zusammengefasst, sodass sich die risikorelevantesten Schadensereignisse auf einen Blick identifizieren und sich eine Priorisierung der potenziellen Bewältigungsmaßnahmen ablesen lassen. Der Risikokennwert ergibt sich aus dem Produkt von Wahrscheinlichkeitswert und Bedeutungswert (jeweils zwischen 1 und 10).



	<p>Zur Abbildung der Spannweite in den Ergebnissen der Risikobetrachtung wurde die Gesamtzahl der Risikokennwerte in einem Boxplot dargestellt. Die mittleren 50% der Risikokennwerte liegen im Bereich der abgebildeten Boxen. Die Quantile (abgebildet als Striche) bilden sich aus den gestreuten Minimal- und Maximalwerten.</p> <p>Eine ausführliche Erläuterung der Risikoanalyse befindet sich im Kapitel Risikoanalyse</p>
Wirkungsabschätzung	<p>Für verschiedene Kanalnetzstrukturen (Anfangshaltungen, Hauptsammler, Düker) konnten unterschiedliche Maßnahmen zur Vermeidung und Remobilisierung von Ablagerungen zugewiesen werden. Somit konnten in der Maßnahmenkombination 4, basierend auf einer stark unterlasteten Ausgangssituation im Modellgebiet, Handlungsoptionen zur automatisierten Reinigung und Entlastung des Kanalbetriebes aufgezeigt werden. Damit erfüllt die Maßnahmenkombination 4 ihre Zielsetzung und führt zu nennenswerten Verbesserungen im Wirkungsfeld „Kanalablagerungen“, die eine Umsetzung lohnenswert erscheinen lassen.</p> <p>Da der Sedimenttransport im Simulationsmodell InfoWorks nicht abgebildet werden kann, sondern über hydraulische Parameter abgeschätzt wird, lassen sich keine Veränderungen der Schmutzfrachten durch die Maßnahmen simulieren. Somit ist für diese Maßnahmenkombination keine Gesamtsystembetrachtung mit Auswirkung auf Entlastungs- und Kläranlagenfrachten möglich.</p>

MAßNAHMENKOMBINATION 5 ZUR VERBESSERUNG DER KA-ABLAUFWERTE


Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verringerung der aus dem Einzugsgebiet stammenden Belastung für die Kläranlage durch Implementierung möglichst „kläranlagenfreundlicher“ Maßnahmen ▪ Verbesserung der Ablaufwerte der Kläranlage (Spitzenkonzentrationen CSB, NH₄-N und Nanorg) ▪ Erfassung des möglichen Anpassungspotenzials an heutige und zukünftige Herausforderungen mit Fokus auf das Kläranlagengeschehen
Lastfall	Überlast, Unterlast
Anwendungsebene	Grundstücksebene, Dachflächen, Kanalsystem, Kläranlage
Beschreibung	Kombination von Maßnahmen, die für verringerten Abfluss im Kanal (und damit auch in verringertem Zufluss zur Kläranlage) sorgen und (auf der Kläranlage) auf bauliche und operative Weise gute Ablaufwerte auf der Kläranlage bewirken.

I. Enthaltene Maßnahmen

Maßnahme	Subsystem
Muldenversickerung	Oberfläche
Dachbegrünung	Oberfläche
Abkopplung Mischgebiet	Kanalsystem
KA-Maßnahme: Variante 1: Basisautomatisierung	Kläranlage
KA-Maßnahme: Variante 2: Weitergehende Automatisierung	Kläranlage
KA-Maßnahme: Variante 3: bauliche Optimierung	Kläranlage

Hierbei bedeuten im Einzelnen:

KA-Maßnahme: Variante 0: Basisautomatisierung: Belüftungsregelung, konstante Sauerstoffsollwerte, Zulaufproportionaler Rücklaufschlamm, konstante Rezirkulation

KA-Maßnahme: Variante 1: Weitergehende Automatisierung: Basisautomatisierung, dazu variable O₂-Sollwerte (Ammoniumregelung), variable interne Rezirkulation (Ammoniumregelung)

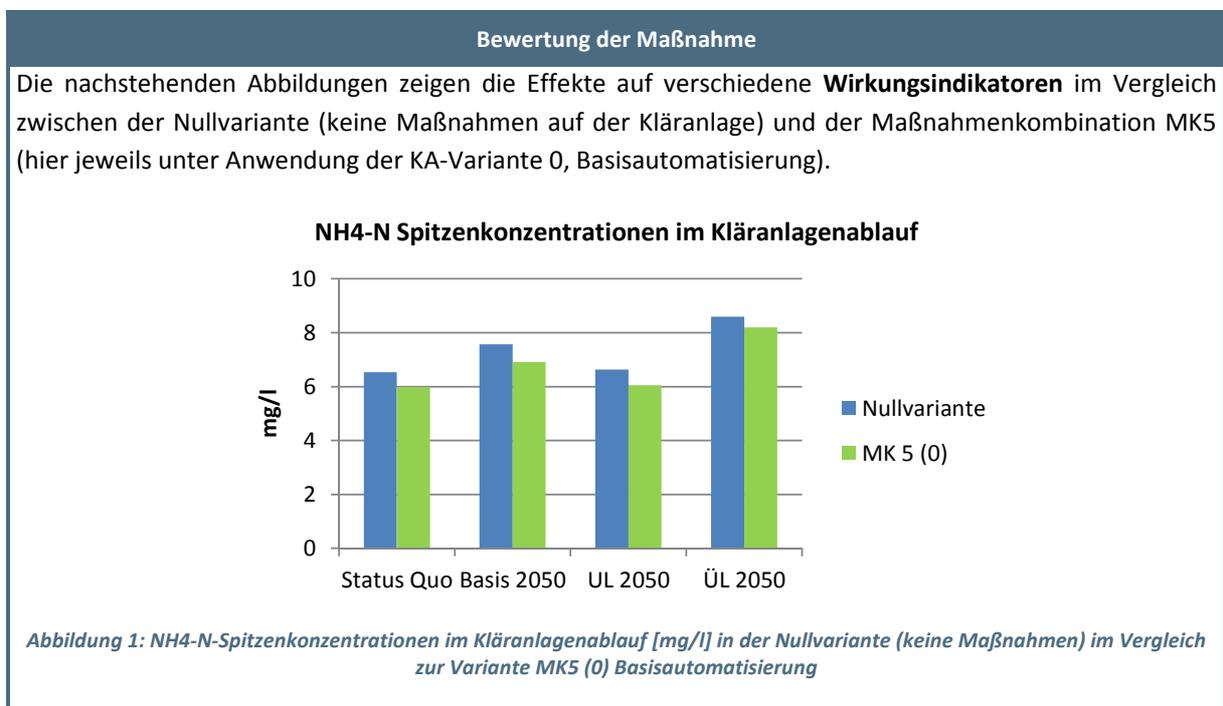
KA-Maßnahme: Variante 2: bauliche Optimierung: Misch- und Ausgleichsbecken zum hydraulischen Ausgleich, neue Nachklärbecken Straße A, gleichmäßige (größenproportional) Aufteilung des Zulaufes

II. Funktion

Die Maßnahmenkombination 5 vereint Maßnahmen an der Oberfläche des Siedlungsgebiets mit Maßnahmen im Entwässerungssystem. Dabei wurden die Maßnahmen an der Oberfläche so gewählt, dass sie den Zulauf zur Kläranlage entlasten (indem sie für einen verringerten Kanalabfluss sorgen). Gemeinsam mit gezielten Maßnahmen der betrieblichen und baulichen Optimierung auf der Kläranlage kann so illustriert werden, wie etwaigen Problemen auf der Kläranlage begegnet werden kann.

III. Bewertung der Maßnahmenkombination 5 zur Verbesserung der KA-Ablaufwerte

Bei der Beurteilung von Maßnahmen und ihrer Auswirkung bzgl. der Kläranlage ist besonderes Augenmerk auf die Spitzenwerte (Spitzenwerte der Konzentrationen im Kläranlagenablauf) zu legen, da die Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Kläranlage (und die Bemessung der Abwasserabgabe) anhand dieser Werte erfolgt. Daher werden nachfolgend die Spitzenwerte als absolute Werte (nicht als prozentuale Reduktion wie bei den Wirkungsindikatoren für das Kanalnetz) gezeigt.



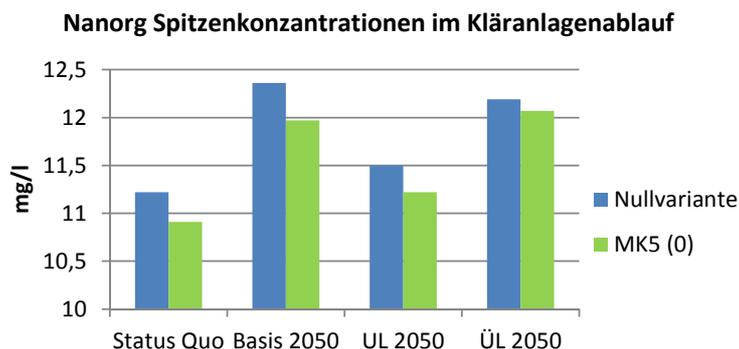


Abbildung 2: Nanorg Spitzenkonzantrationen im Kläranlagenablauf [mg/l] in der Nullvariante (keine Maßnahmen) im Vergleich zur Variante MK5 (0) Basisautomatisierung

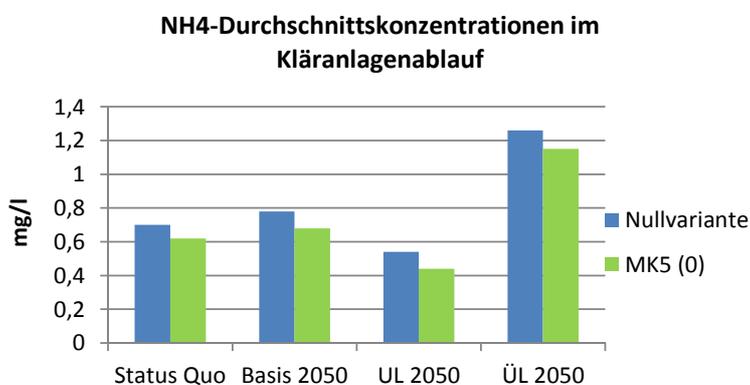


Abbildung 3: NH₄-N-Durchschnittskonzentrationen im Kläranlagenablauf [mg/l] in der Nullvariante (keine Maßnahmen) im Vergleich zur Variante MK5 (0), Basisautomatisierung

Es zeigt sich, dass – unabhängig, welches der betrachteten Szenarien eintritt – sich die Spitzenkonzentrationen der Stickstoffparameter durch die Anwendung von Maßnahmenkombination MK5 reduzieren lassen (selbst wenn lediglich die „einfache“ Basisautomatisierung umgesetzt wird).

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Effekte der Anwendung der verschiedenen Handlungsoptionen innerhalb der Kläranlage (oben erläuterte Variante 0, Variante 1 und Variante 2) für das Status Quo Szenario sowie für die beiden Entwicklungsszenarien Basis 2050 und Überlast 2050. Die Werte der übrigen (hier nicht gezeigten Kriterien) unterscheiden sich zwischen den Varianten nur geringfügig.

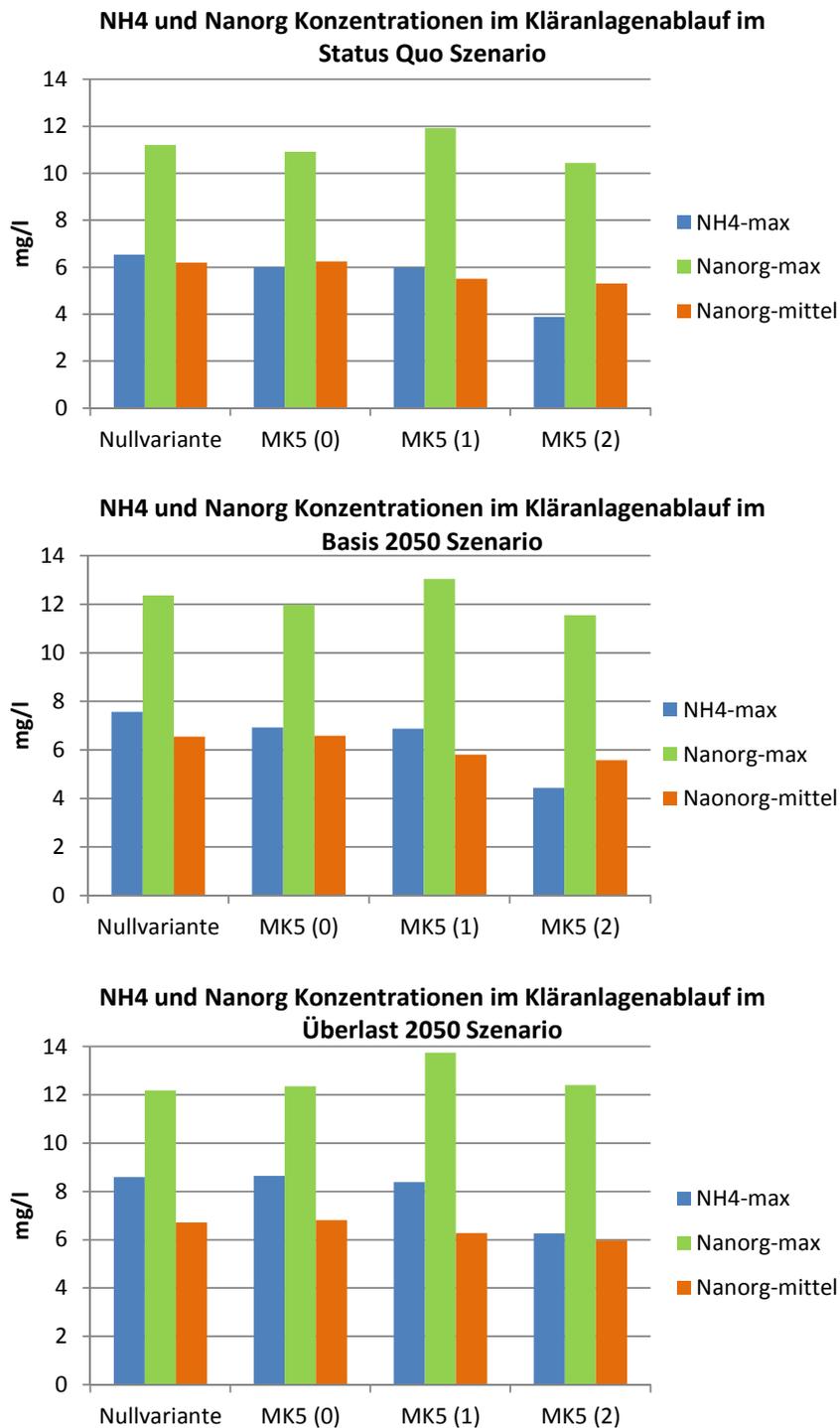


Abbildung 4: NH4-N und Nanorg Konzentrationen im Kläranlagenablauf für die drei unterschiedlichen MK5 Varianten im Status Quo Szenario sowie in den zwei Entwicklungsszenarien Basis 2050 und Überlast 2050.

Ausgehend vom Status Quo Szenario bewirken beide Entwicklungsszenarien (Basis 2050 und Überlast 2050) schlechtere Ablaufwerte für die Kläranlage in der Nullvariante (keine Maßnahmen auf der Kläranlage umgesetzt). Wie zu erwarten, sind die Kläranlagenablaufwerte im Szenario Überlast 2050 am schlechtesten und unterstreichen die Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen auf der Kläranlage. Es zeigt sich

außerdem, dass die MK5 (2) (Bauliche Optimierungen) das größte Verbesserungspotential hinsichtlich der Kläranlagenablaufwerte aufweist. Zur Bewältigung des Überlast 2050 Szenarios sind demnach auch bauliche Erweiterungen für die Kläranlage Ruhleben (im KURAS Modellgebiet Wilmersdorf) erforderlich. Die CSB-Spitzenwerte (hier nicht dargestellt) unterscheiden sich nur geringfügig. Die über die Kläranlage in das Vorflutgewässer entlastete CSB-Fracht wird für die dargestellten Szenarien durch Anwendung der Maßnahmenkombination 5 nur unwesentlich beeinflusst. Ein Vergleich (oder eine Zusammenfassung) der über die Kläranlage entlasteten CSB-Fracht mit der über die Mischwasserüberläufe im Kanalnetz entlasteten CSB-Fracht wird an dieser Stelle bewusst nicht vorgenommen. Die biologischen Abbaueigenschaften des CSB im Kläranlagenablauf (hoher refraktärer Anteil) und in Mischwasserentlastungen unterscheiden sich zu sehr, um einen aussagekräftigen Vergleich oder eine Zusammenfassung der Werte zu erlauben.

Wie die nachfolgend dargestellten Resultate bzgl. der für das Kanalnetz relevanten Wirkungsindikatoren zeigen, erzielen die in der MK5 zusammengestellten Maßnahmen, die im Kanalnetz und an der Oberfläche wirken, einige Verbesserungen.

Auswirkung der MK5 auf weitere Wirkungsindikatoren, Szenario Basis 2050

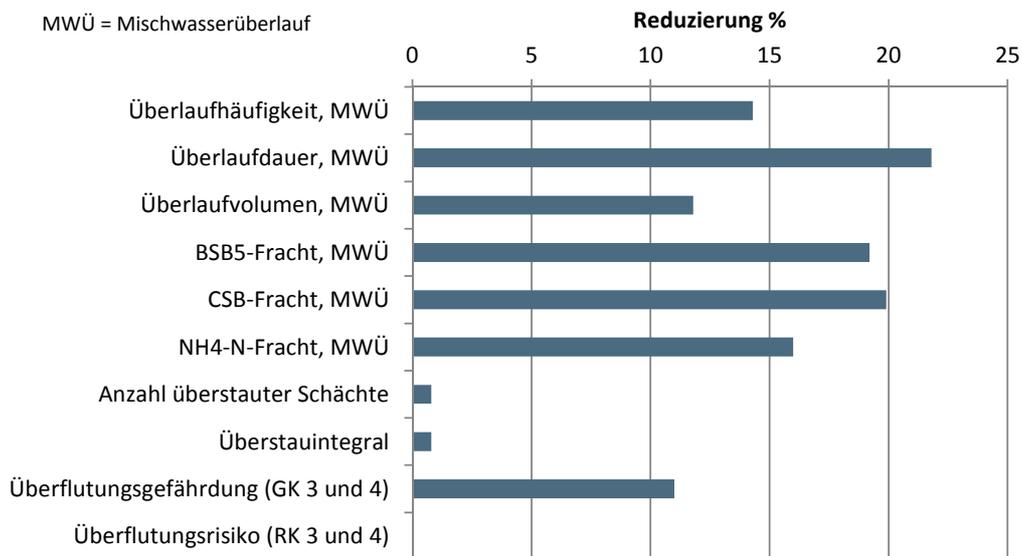
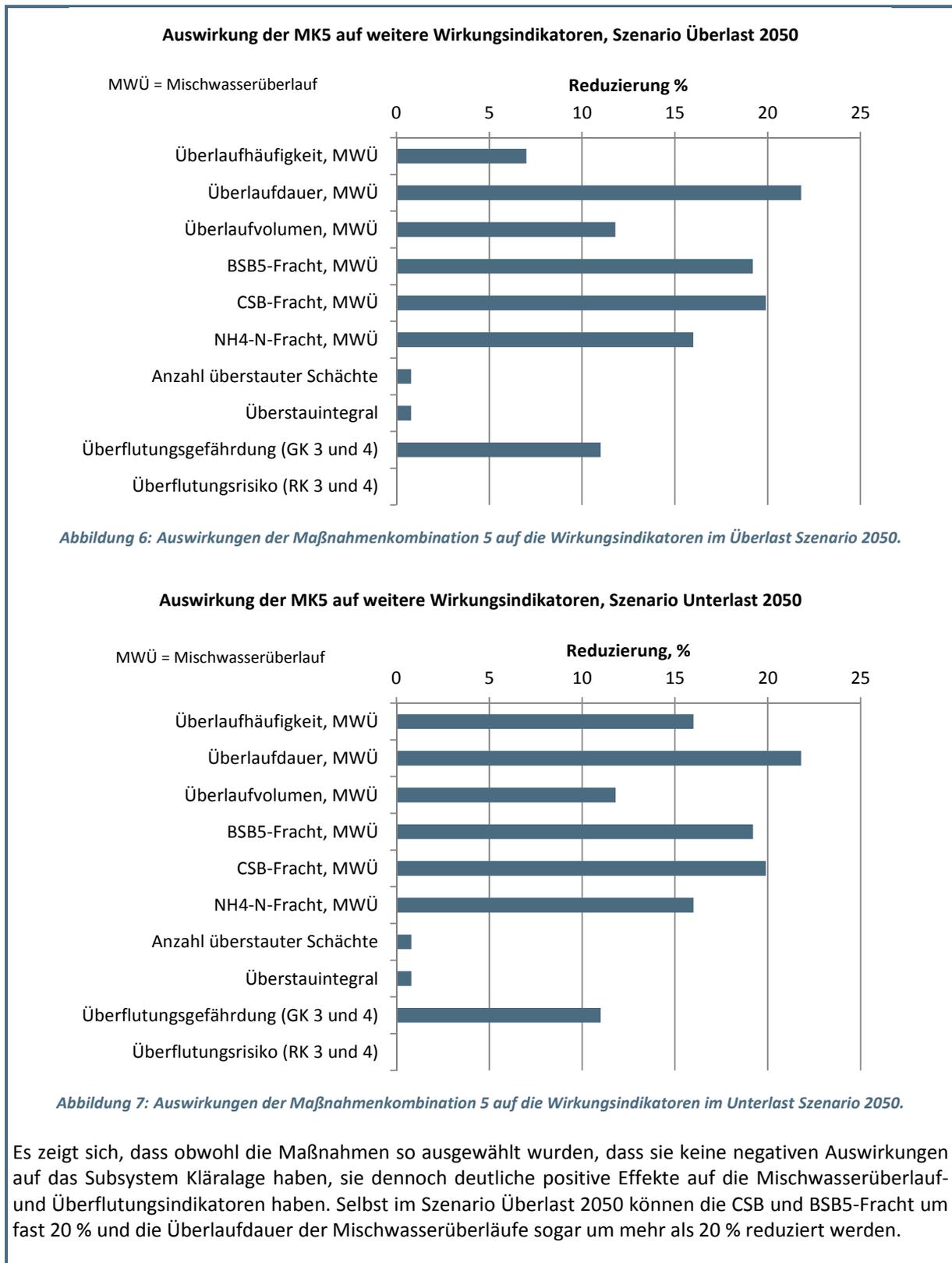


Abbildung 5: Auswirkungen der Maßnahmenkombination 5 auf die Wirkungsindikatoren im Basis Szenario 2050.



<p>Kostenbewertung</p>	<p>Die Kostenangaben beziehen sich auf die Kombination der Einzelmaßnahmen (siehe Kosten in den Steckbriefen) inkl. der Abschätzung für das mit Infoworks simulierte Modellgebiet (teilw. annahmebasiert).</p> <p>Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, 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 und beschreiben und benennen die abschätzbare Kostenannahme.</p> <div data-bbox="502 616 1380 784"> <p> ■ Bereich Jahreskosten Gesamt ▼ Abschätzung Jahreskosten Gesamt ▽ Abschätzung Jahreskosten Privat-Anteil </p> </div> <p>Betreffende Kosteneinsparungen beziehen sich auf die Umsetzung der Maßnahmenkombination in dem durch die InfoWorks-Simulation abbildbaren Modellgebiet. (ca. 18 km²).</p> <p>Dargestellt ist die Reduzierung „Mischwasserüberläufe“ und erfolgte in der Bewertung der Schadfrachten auf ein Jahr bezogen (Status Quo). Die Bewertung zu den anteiligen innerstädtischen Schadfrachten erfolgte gemäß dem Ansatz zur Überschreitung der Überwachungswerte Kläranlagenablauf CSB und Nanorg.. Einsparungen, u.a. zu Geruch, Korrosion, Stauraumerweiterung und/oder weiterer Investitionen steigern die jährlichen Einsparungen (grün/weiß - gestreift) und sind spezifisch zu ergänzen.</p> <div data-bbox="502 1108 1380 1243"> <p> ■ Bereich abschätzbare Einsparungen pro Jahr ▼ Abschätzung der Einsparungen für Schadfrachten pro Jahr </p> </div>
<p>Risikobewertung</p>	<p>Es wurde unter der Beteiligung der KURAS Experten für den Schwerpunkt Abwassersysteme (aus den Bereichen Oberfläche, Kanalnetz, Pumpen und Kläranlage) eine Risikoanalyse nach DWA-M180 durchgeführt.</p> <p>Nachfolgend sind die der Maßnahmenkombination zugeordneten Risikokennwerte zusammengefasst, sodass sich die risikorelevantesten Schadensereignisse auf einen Blick identifizieren und sich eine Priorisierung der potenziellen Bewältigungsmaßnahmen ablesen lassen. Der Risikokennwert ergibt sich aus dem Produkt von Wahrscheinlichkeitswert und Bedeutungswert (jeweils zwischen 1 und 10).</p> <div data-bbox="550 1545 1340 1948"> </div>

	<p>Zur Abbildung der Spannweite in den Ergebnissen der Risikobetrachtung wurde die Gesamtzahl der Risikokennwerte in einem Boxplot dargestellt. Die mittleren 50% der Risikokennwerte liegen im Bereich der abgebildeten Boxen. Die Quantile (abgebildet als Striche) bilden sich aus den gestreuten Minimal- und Maximalkenntwerten.</p> <p>Eine ausführliche Erläuterung der Risikoanalyse befindet sich im Kapitel Risikoanalyse</p>
Wirkungsabschätzung	<ul style="list-style-type: none">▪ Die Maßnahmenkombination erfüllt ihre Zielsetzung und führt zu nennenswerten Verbesserungen hinsichtlich des Wirkungsfeldes der Kläranlagenablaufwerte, die eine Umsetzung lohnenswert erscheinen lassen.▪ Auch weitere Systembereiche (z.B. hinsichtlich der Überlauf- und Überflutungssituation) werden positiv beeinflusst.▪ Für voraussichtlich verschärfte zukünftige Randbedingungen lassen sich gute Effekte ableiten; durch die Umsetzung lassen sich die Auswirkungen zwar nicht auf das heutige Maß reduzieren, aber doch zumindest stark mindern.▪ Es gibt keine erkennbaren, nicht beherrschbaren negativen Auswirkungen auf andere Systembereiche.

MAßNAHMENKOMBINATION 6 ZUR MITTELFRISTIGE UMSETZUNG 🕒	
	
Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserungen in allen Bereichen des Abwassersystems (Überflutung, Überstau, Mischwasserüberlauf, Ablagerung, Kläranlagenablaufwerte) mit mittelfristig umsetzbaren Maßnahmen (Horizont 10 Jahre) ▪ Erfassung von Effektüberlagerungen und Auswirkungen auf die übrigen Systembereiche ▪ Erfassung des „mittelfristig“ möglichen Anpassungspotenzials an heutige und zukünftige Herausforderungen
Lastfall	Überlast/Unterlast
Anwendungsebene	Grundstücks- und Quartiersebene, Kanalnetz, Pumpwerk, Kläranlage
Beschreibung	Intelligente Kombination von Maßnahmen, die mittelfristig umsetzbar sind und die laut Voruntersuchung hohe Effekte in den verschiedenen Systembereichen erzielen und sich dabei nicht gegenseitig in ihren Effekten überlagern.

I. Enthaltene Maßnahmen

Maßnahme	Subsystem
Muldenversickerung (anteilige Umsetzung 28%)	Oberfläche
Dachbegrünung (anteilige Umsetzung 28%)	Oberfläche
Temporärer Flächeneinstau	Oberfläche
Objektschutz	Oberfläche
Abflussdrosselung	Kanalsystem
Erweiterung Förderkapazität Pumpwerk (anteilige Umsetzung)	Pumpsystem
Betriebliche Maßnahmen auf KA + weitergehende Automatisierung	Kläranlage

II. Funktion

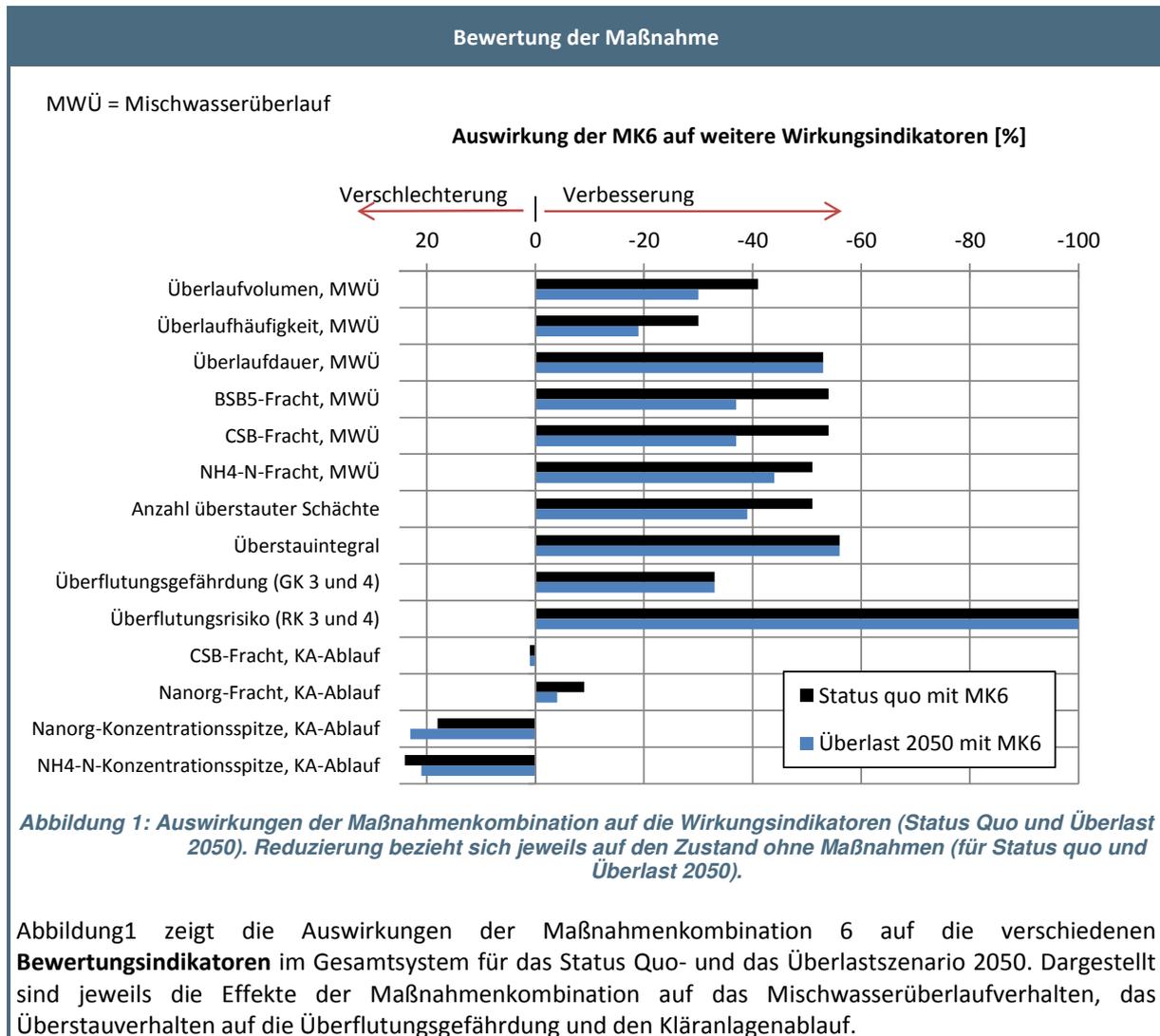
Ziel der Maßnahmenkombination 6 ist die Abschätzung des mittelfristig zu erreichenden Anpassungspotenzials. Aus diesem Grund wurden nur mittelfristig umsetzbare Maßnahmen kombiniert bzw. nur eine anteilige Maßnahmenumsetzung unterstellt. Als mittelfristiger Zeithorizont wurde der Zeitpunkt in 10 Jahren nach 2015, also das Jahr 2025 definiert. Die Maßnahmenkombination beinhaltet Maßnahmen zur Abflussreduzierung an der Gebietsoberfläche (anteilig umgesetzt) sowie zur gezielten Abflussableitung und –retention für den überflutungsrelevanten Starkregenfall, Maßnahmen zur Aktivierung von Rückhalteraum im Kanalnetz, die anteilige Erweiterung der Förderkapazität des Hauptpumpwerks sowie Maßnahmen auf der Kläranlage zur Anpassung an zukünftige Herausforderungen sowie an die Mehrbelastungen infolge der Maßnahmen in den vorgeschalteten Bereichen des Abwassersystems.

Konkret untersucht wurden die folgenden Maßnahmen:

- Für die Maßnahmen „Dachbegrünung“ und „Muldenversickerung“ wurde eine anteilige Umsetzung unterstellt. Diese beträgt ca. 28% der Umsetzung in den übrigen Maßnahmenszenarien mit Horizont 2050. Für den gewählten Umsetzungsgrad gibt es zwei Argumente. Zum einen entspricht die 28%-Umsetzung dem Anteil, der sich ergibt, wenn man eine reine Umsetzung auf öffentlichen Flächen unterstellt. Zum anderen entspricht der Umsetzungsgrad dem Anteil der Umsetzung bis 2025, eine lineare Umsetzung bis 2050 unterstellt ($10a/35a = 28\%$). Konkret wurde die extensive Begrünung von ca. 10% der Dachfläche bzw. 2% der Gesamtfläche und die Abkopplung von ca. 7% der Dach- und Hofffläche bzw. 2% der Gesamtfläche durch Muldenversickerung untersucht.
- Die gezielte Abflussleitung im Straßenraum durch Modellierung von Schwellen und Führungsrinnen sowie Transportmulden für den Fall oberflächlich abfließenden Starkregenabflusses,
- Die Retention von Oberflächenabfluss im Starkregenfall durch temporären Flächeneinstau und Parkplatzabsenkungen,
- Maßnahmen des objektbezogenen Überflutungsschutzes,
- Die Aktivierung von zusätzlichem Stauraum im Kanal durch variable Wehre,
- Die anteilige Erweiterung der Förderkapazität des Hauptpumpwerks auf $2,5 \text{ Qt} = 1.800 \text{ l/s}$, durch bereits geplante Erhöhung der elektrischen Anschlussleistung des Pumpwerks bei Umrüstung bestehender Dieselantriebe auf elektrischen Antriebe, ohne bauliche Veränderungen
- Betriebliche Maßnahmen auf der Kläranlage. Diese umfassen eine weitergehende Automatisierung (vgl. „KA-Maßnahmen Variante 1“ im Steckbrief zu MK5) – bestehend aus einer Belüftungsregelung mit variablen Sauerstoffsollwerten (Ammoniumregelung) und einer variablen internen Rezirkulation. Diese Maßnahmen stellen typische Beispiele kurzfristig und aufwandsarm umsetzbarer Maßnahmen auf Kläranlagen dar.

Die Einzelmaßnahmen wurden ausgewählt, weil sie im Rahmen der Voruntersuchungen zu deutlichen, positiven Effekten in den verschiedenen Systembereichen geführt haben und zusätzlich von einer mittelfristigen Umsetzbarkeit auszugehen ist.

III. Bewertung der Maßnahmenkombination 6 zur mittelfristigen Gesamtsystemoptimierung



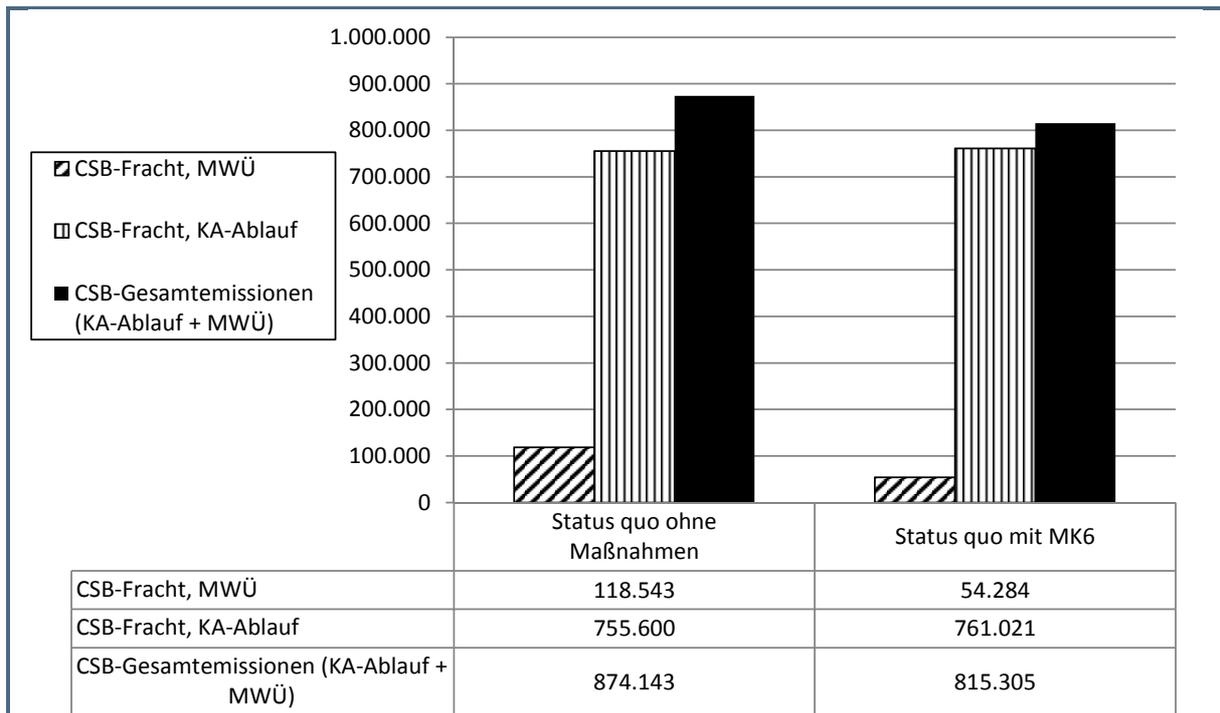


Abbildung 2: Gesamtemission CSB-Jahresfracht [kg CSB] für das Status-quo-Szenario ohne Maßnahmen (links) und mit MK6 (rechts)

Abbildung 2 zeigt Jahresentlastungsfrachten durch Mischwasserüberläufe und die Kläranlagenablauffracht für den Stoffparameter CSB (chemischer Sauerstoffbedarf) für das Status Quo Szenario ohne Maßnahmen bzw. mit der Maßnahmenkombination 6.

Mischwasserüberlaufverhalten

Zu erkennen ist, dass auch bei einer maßvollen Umsetzung, nennenswerte Effekte auf das Mischwasserüberlaufverhalten zu erzielen sind. Im Bereich des Mischwasserüberlaufverhaltens lässt sich durch die Maßnahmenkombination 6 eine Verbesserung um ca. 50% für den Status Quo erreichen. Der relative Effekt reduziert sich allerdings für das Überlastszenario 2050. Die Verbesserungen liegen hier nur noch zwischen ca. 20-40%. Betrachtet man die relative Änderung zum Status Quo lässt sich folgende Schlussfolgerung ziehen: Durch die Maßnahmenkombination 6 lassen sich die Auswirkungen des Überlastszenarios 2050 auf das Mischwasserüberlaufverhalten nennenswert reduzieren, ein Ausgleichen der zukünftigen Entwicklung wie es bei MK7 der Fall ist, wird jedoch nicht erreicht.

Kanalüberstau

Das Kanalüberstauverhalten verbessert sich im Status Quo durch die Maßnahmenkombination um ca. 50%. Für das Überlastszenario wird durch die Maßnahmenkombination mindestens der Zustand des Status Quo erreicht.

Überflutungsgefährdung und -risiko

In der Betrachtung des Detailgebietes wurde durch die genannten Maßnahmen die Anzahl an Gebäuden in Gefährdungsklasse 3 und 4 um ein Drittel reduziert, die Anzahl an Gebäuden in Risikoklasse 3 und 4 reduziert sich um 100%. Als Belastung wurde ein 50-jährliches Niederschlagsereignis zugrunde gelegt.

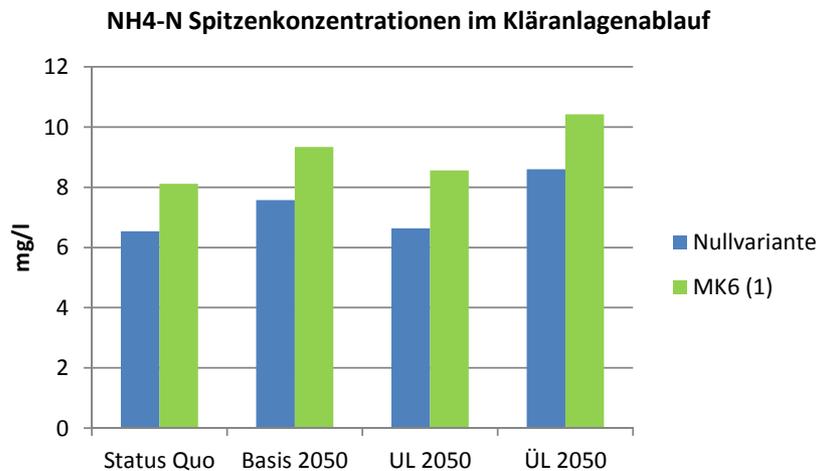
Kläranlagenablaufwerte


Abbildung 3: NH₄-N-Spitzenwerte im Kläranlagenablauf. Nullvariante ist das jeweilige Szenario ohne Umsetzung der MK6, MK6(1) ist die Maßnahmenkombination inklusive bauliche Anpassung auf der Kläranlage

Betrachtet man die Ergebnisse auf der Kläranlage – hier sind die Spitzenwerte der Stickstoffkonzentrationen (NH₄-N und N_{anorg}) im Ablauf von besonderer Bedeutung – so zeigt sich, dass sich für die hier betrachtete Kläranlage in Berlin-Ruhleben ausschließlich mit betrieblichen Maßnahmen der Automatisierung (ausgewählt wegen ihrer mittelfristigen Umsetzbarkeit) die Auswirkungen der Maßnahmen im Kanalnetz auf die Kläranlage nicht abfedern lassen, vgl. Abbildung 3.

CSB-Gesamtemission aus Kläranlage und Mischwasserüberläufen

Durch die Maßnahmenkombination 6 erhöht sich die CSB-Fracht aus dem Kläranlagenablauf minimal gegenüber dem Status Quo Szenario. Bildet man jedoch die Gesamtbilanz der CSB-Emissionen einschließlich der Mischwasserentlastungen, fällt diese geringfügige Erhöhung im Vergleich zur Reduzierung der Gesamtfracht nicht ins Gewicht. Für die NH₄-N Fracht hingegen, ist die absolute Frachtreduktion durch Verringerung der Mischwasserüberläufe geringer als die Erhöhung der NH₄-N Fracht im Kläranlagenablauf. Dies kann auch nicht durch die eingesetzten betrieblichen Automatisierungsmaßnahmen auf der Kläranlage beherrscht werden (siehe auch Erläuterung zu Abbildung 3).

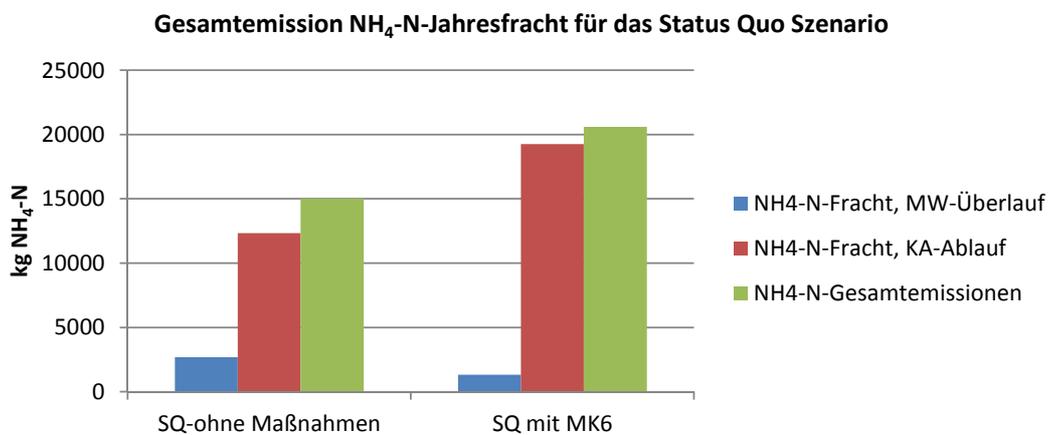


Abbildung 4: Gesamtemission NH₄-N-Jahresfracht [kg NH₄-N] für das Status Quo Szenario ohne Maßnahmen (links) und mit MK6 (rechts)

<p>Kostenbewertung</p>	<p>Die Kostenangaben beziehen sich auf die Kombination der Einzelmaßnahmen (siehe Kosten in den Steckbriefen) inkl. der Abschätzung für das mit Infoworks simulierte Modellgebiet (teilw. annahmebasiert).</p> <p>Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, 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 und beschreiben und benennen die abschätzbare Kostenannahme.</p> <p> ■ Bereich Jahreskosten Gesamt ▼ Abschätzung Jahreskosten Gesamt ▽ Abschätzung Jahreskosten Privat-Anteil </p> <p>Betreffende Kosteneinsparungen beziehen sich auf die Umsetzung der Maßnahmenkombination in dem durch die InfoWorks-Simulation abbildbaren Modellgebiet. (ca. 18 km²).</p> <p>Dargestellt ist die Reduzierung „Mischwasserüberläufe“ und erfolgte in der Bewertung der Schadfrachten auf ein Jahr bezogen (Status Quo). Die Bewertung zu den anteiligen innerstädtischen Schadfrachten erfolgte gemäß dem Ansatz zur Überschreitung der Überwachungswerte Kläranlagenablauf CSB und Nanorg. Einsparungen, u.a. zu Geruch, Korrosion, Stauraumerweiterung und/oder weiterer Investitionen steigern die jährlichen Einsparungen (grün/weiß - gestreift) und sind spezifisch zu ergänzen.</p> <p> ■ Bereich abschätzbare Einsparungen pro Jahr ▼ Abschätzung der Einsparungen für Schadfrachten pro Jahr </p>																																								
<p>Risiko- und SWOT-Bewertung</p>	<p>Es wurde unter der Beteiligung der KURAS Experten für den Schwerpunkt Abwassersysteme (aus den Bereichen Oberfläche, Kanalnetz, Pumpen und Kläranlage) eine Risikoanalyse nach DWA-M180 durchgeführt.</p> <p>Nachfolgend sind die der Maßnahmenkombination zugeordneten Risikokennwerte zusammengefasst, sodass sich die risikorelevantesten Schadensereignisse auf einen Blick identifizieren und sich eine Priorisierung der potenziellen Bewältigungsmaßnahmen ablesen lassen. Der Risikokennwert ergibt sich aus dem Produkt von Wahrscheinlichkeitswert und Bedeutungswert (jeweils zwischen 1 und 10).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Szenario</th> <th>Risikokennzahl (geschätzt)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Pumpen Kläranlage</td> <td>Pumpen-Reinigungssequenz: Pumpenschaden</td> <td>~5</td> </tr> <tr> <td>Steuerung/Regelung auf Kläranlage: Amm.-Sensor fällt aus</td> <td>~15</td> </tr> <tr> <td>Ausfall von für Steuerung benötigter Messgeräte, Messwerte fehlerhaft</td> <td>~25</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Kanalnetz</td> <td>Stauraumaktivierung: Zusetzen des Rechens</td> <td>~15</td> </tr> <tr> <td>Stauraumaktivierung: Rückstauklappe im Hausanschluss fehlt oder versagt</td> <td>~15</td> </tr> <tr> <td>Stauraumaktivierung: Erhöhte Ablagerungen im Kanal</td> <td>~25</td> </tr> <tr> <td>Ausfall von für Steuerung benötigter Messgeräte / fehlerhafte Messwerte</td> <td>~30</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">Oberfläche</td> <td>Stauraumaktivierung: Überflutung durch Drosselausfall</td> <td>~35</td> </tr> <tr> <td>Stauraumaktivierung: Überflutung durch Folgeereignis</td> <td>~40</td> </tr> <tr> <td>Mulden: Zerstörung bei Bautätigkeit</td> <td>~5</td> </tr> <tr> <td>Mulden: Unfallgefahr - Mulde</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>Mulden: Kontamination - Grundwasser</td> <td>~15</td> </tr> <tr> <td>Mulden: Vernässung des Gebäudes neben Mulde</td> <td>~15</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Dachbegrünung</td> <td>Mulden: Überlauf bei Starkregen</td> <td>~15</td> </tr> <tr> <td>Dachbegrünung: Ansiedlung falscher Pflanzen</td> <td>~20</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Dachbegrünung: Auswaschung von Bioziden</td> <td>~30</td> </tr> </tbody> </table>	Kategorie	Szenario	Risikokennzahl (geschätzt)	Pumpen Kläranlage	Pumpen-Reinigungssequenz: Pumpenschaden	~5	Steuerung/Regelung auf Kläranlage: Amm.-Sensor fällt aus	~15	Ausfall von für Steuerung benötigter Messgeräte, Messwerte fehlerhaft	~25	Kanalnetz	Stauraumaktivierung: Zusetzen des Rechens	~15	Stauraumaktivierung: Rückstauklappe im Hausanschluss fehlt oder versagt	~15	Stauraumaktivierung: Erhöhte Ablagerungen im Kanal	~25	Ausfall von für Steuerung benötigter Messgeräte / fehlerhafte Messwerte	~30	Oberfläche	Stauraumaktivierung: Überflutung durch Drosselausfall	~35	Stauraumaktivierung: Überflutung durch Folgeereignis	~40	Mulden: Zerstörung bei Bautätigkeit	~5	Mulden: Unfallgefahr - Mulde	~10	Mulden: Kontamination - Grundwasser	~15	Mulden: Vernässung des Gebäudes neben Mulde	~15	Dachbegrünung	Mulden: Überlauf bei Starkregen	~15	Dachbegrünung: Ansiedlung falscher Pflanzen	~20		Dachbegrünung: Auswaschung von Bioziden	~30
Kategorie	Szenario	Risikokennzahl (geschätzt)																																							
Pumpen Kläranlage	Pumpen-Reinigungssequenz: Pumpenschaden	~5																																							
	Steuerung/Regelung auf Kläranlage: Amm.-Sensor fällt aus	~15																																							
	Ausfall von für Steuerung benötigter Messgeräte, Messwerte fehlerhaft	~25																																							
Kanalnetz	Stauraumaktivierung: Zusetzen des Rechens	~15																																							
	Stauraumaktivierung: Rückstauklappe im Hausanschluss fehlt oder versagt	~15																																							
	Stauraumaktivierung: Erhöhte Ablagerungen im Kanal	~25																																							
	Ausfall von für Steuerung benötigter Messgeräte / fehlerhafte Messwerte	~30																																							
Oberfläche	Stauraumaktivierung: Überflutung durch Drosselausfall	~35																																							
	Stauraumaktivierung: Überflutung durch Folgeereignis	~40																																							
	Mulden: Zerstörung bei Bautätigkeit	~5																																							
	Mulden: Unfallgefahr - Mulde	~10																																							
	Mulden: Kontamination - Grundwasser	~15																																							
	Mulden: Vernässung des Gebäudes neben Mulde	~15																																							
Dachbegrünung	Mulden: Überlauf bei Starkregen	~15																																							
	Dachbegrünung: Ansiedlung falscher Pflanzen	~20																																							
	Dachbegrünung: Auswaschung von Bioziden	~30																																							

	<p>Zur Abbildung der Spannweite in den Ergebnissen der Risikobetrachtung wurde die Gesamtzahl der Risikokennwerte in einem Boxplot dargestellt. Die mittleren 50% der Risikokennwerte liegen im Bereich der abgebildeten Boxen. Die Quantile (abgebildet als Striche) bilden sich aus den gestreuten Minimal- und Maximalwerten.</p> <p>Eine ausführliche Erläuterung der Risikoanalyse befindet sich im Kapitel Risikoanalyse.</p> <p>Eine SWOT-Bewertung der Maßnahmenkombination 6 befindet sich im Kapitel SWOT-Analyse.</p>
Wirkungsabschätzung	<ul style="list-style-type: none">▪ Die Maßnahmenkombination zeigt, dass bereits eine teilweise Umsetzung der untersuchten Maßnahmen zu nennenswerten Effekten führen und die Situation im Status Quo in vielen Bereichen um ca. 50% verbessern können▪ Auch für voraussichtlich verschärfte zukünftige Randbedingungen (abgebildet im Szenario Überlast 2050) lassen sich gute Effekte ableiten; durch die teilweise Umsetzung ließen sich teilweise die durch zukünftig verschärfte Randbedingungen hervorgerufenen Auswirkungen jedoch nicht auf das heutige Maß reduzieren▪ Die Maßnahmenkombination ruft Verschlechterungen der Kläranlagenablaufwerte hervor, die durch rein betriebliche Anpassungsmaßnahmen nicht beherrschbar sind. Ansonsten keine erkennbaren, nicht beherrschbaren negativen Wechselwirkungen zwischen den kombinierten Einzelmaßnahmen

MAßNAHMENKOMBINATION 7 ZUR LANGFRISTIGEN/MAXIMALEN UMSETZUNG


Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserungen in allen Bereichen des Abwassersystems (Überflutung, Überstau, Mischwasserüberlauf, Ablagerung, Kläranlagenablaufwerte) ▪ Erfassung von Effektüberlagerungen und Auswirkungen auf die übrigen Systembereiche ▪ Erfassung des „maximal“ möglichen Anpassungspotenzials an heutige und zukünftige Herausforderungen, das mit den gewählten Ansätzen zu erreichen ist
Lastfall	Überlast/Unterlast
Anwendungsebene	Grundstücks- und Quartiersebene, Kanalnetz, Pumpwerk, Kläranlage
Beschreibung	Intelligente Kombination von Maßnahmen, die laut Voruntersuchung hohe Effekte in den verschiedenen Systembereichen erzielen und die sich nicht gegenseitig in ihren Effekten überlagern, ohne Rücksicht auf teilweise lange Umsetzungszeiträume für einzelne Maßnahmen.

I. Enthaltene Maßnahmen

Maßnahme	Subsystem
Muldenversickerung	Oberfläche
Dachbegrünung	Oberfläche
Temp. Flächeneinstau u. gezielte Abflussleitung	Oberfläche
Objektschutz	Oberfläche
Stauraumerweiterung	Kanalsystem
Abflussdrosselung	Kanalsystem
Abkopplung Mischgebiet	Kanalsystem
Trockenwetterrinne	Kanalsystem
Erweiterung Förderkapazität Pumpwerk	Pumpsystem
Betriebliche Maßnahmen auf KA + Ausgleichsbecken + Ausbau KA	Kläranlage

II. Funktion

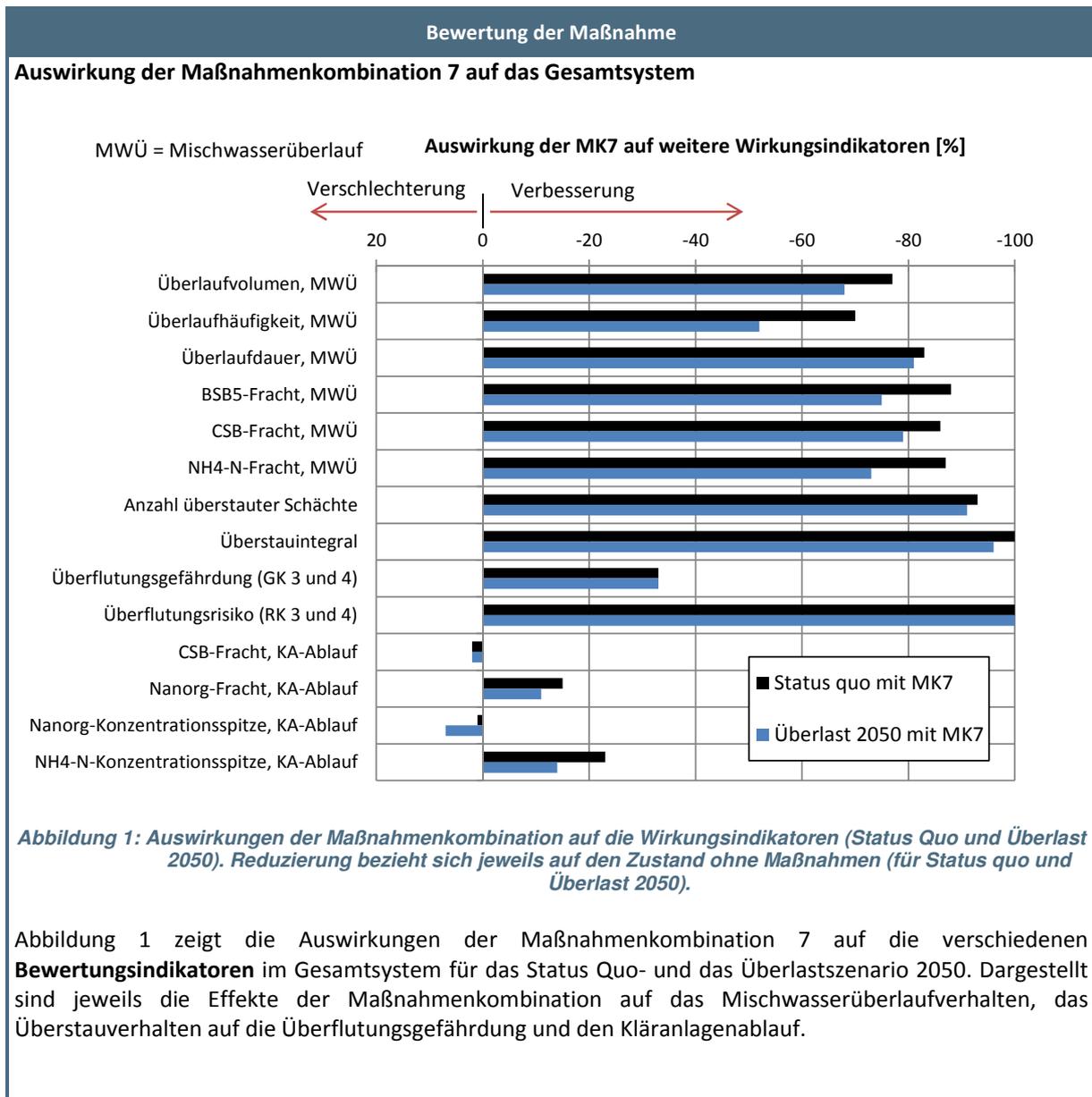
Die Maßnahmenkombination beinhaltet Maßnahmen zur Abflussreduzierung an der Gebietsoberfläche sowie zur gezielten Abflussleitung und –retention für den überflutungsrelevanten Starkregenfall, Maßnahmen zur Erweiterung bzw. zur Aktivierung des Rückhalteraums im Kanalnetz, Maßnahmen im Kanalnetz zur Verbesserung der Fließzustände bei geringem Abfluss, die Erweiterung der Förderkapazität des Hauptpumpwerks sowie Maßnahmen auf der Kläranlage zur Anpassung an zukünftige Herausforderungen sowie an die Mehrbelastungen infolge der Maßnahmen in den vorgeschalteten Bereichen des Abwassersystems.

Konkret untersucht wurden

- die Begrünung von 55% aller Flachdächer im Untersuchungsgebiet (Anteil an gesamter Dachfläche: 37%, Anteil an Gesamtfläche: 9%),
- Die Versickerung des Niederschlagsabflusses von 10% der Gesamtfläche in Mulden (verteilt über Untersuchungsgebiet),
- Die gezielte Abflussleitung im Straßenraum durch Modellierung von Schwellen und Führungsrinnen sowie Transportmulden für den Fall oberflächlich abfließenden Starkregenabflusses,
- Die Retention von Oberflächenabfluss im Starkregenfall durch temporären Flächeneinstau und Parkplatzabsenkungen,
- Maßnahmen des objektbezogenen Überflutungsschutzes,
- Erweiterung eines bestehenden und Neubau eines weiteren Regenüberlaufbeckens mit einem Gesamtvolumen von 18500 m³ (7400 m³ + 11100 m³),
- Die Aktivierung von zusätzlichem Stauraum im Kanal durch variable Wehre,
- Die Abkopplung eines einzelnen 42 ha großen Teilgebietes im Nordwesten des Einzugsgebietes (3% der Gesamtfläche; Abkopplung z.B. durch Entwässerung der Flächen in Trennkanal),
- der Umbau ablagerungsanfälliger Haltungen zur Trockenwetterrinne auf insgesamt 1,1km des Kanalnetzes zur Verbesserung des Sedimenttransportverhaltens
- Die Erweiterung der Förderkapazität des Hauptpumpwerks auf 2,8 Q_t = 2.050 l/s,
- Betriebliche Maßnahmen auf der Kläranlage, Bewirtschaftung eines Ausgleichsbeckens auf der Kläranlage sowie den Ausbau der Kläranlage. Diese umfassen zum einen eine weitergehende Automatisierung (vgl. „KA-Maßnahmen Variante 1“ im Steckbrief zu MK5) – diese umfasst eine Belüftungsregelung mit variablen Sauerstoffsollwerten (Ammoniumregelung) sowie eine variable interne Rezirkulation. Zum anderen umfasst sie den Bau und die Verwendung eines Misch- und Ausgleichsbeckens zum hydraulischen Ausgleich, ein neues Nachklärbecken in Straße A der Kläranlage, sowie eine größenproportionale Aufteilung des Zulaufes auf die drei Straßen der hier betrachteten Kläranlage Berlin-Ruhleben. Entsprechend der Konzeption der Maßnahmenkombination MK7 („Langfristige/Maximale Umsetzung“) stellen diese Maßnahmen typische Beispiele langfristig umzusetzender Maßnahmen auf Kläranlagen dar.

Die Einzelmaßnahmen wurden ausgewählt, weil sie im Rahmen der Voruntersuchungen zu deutlichen, positiven Effekten in den verschiedenen Systembereichen geführt haben.

III. Bewertung der Maßnahmenkombination zur langfristige/maximale Umsetzung



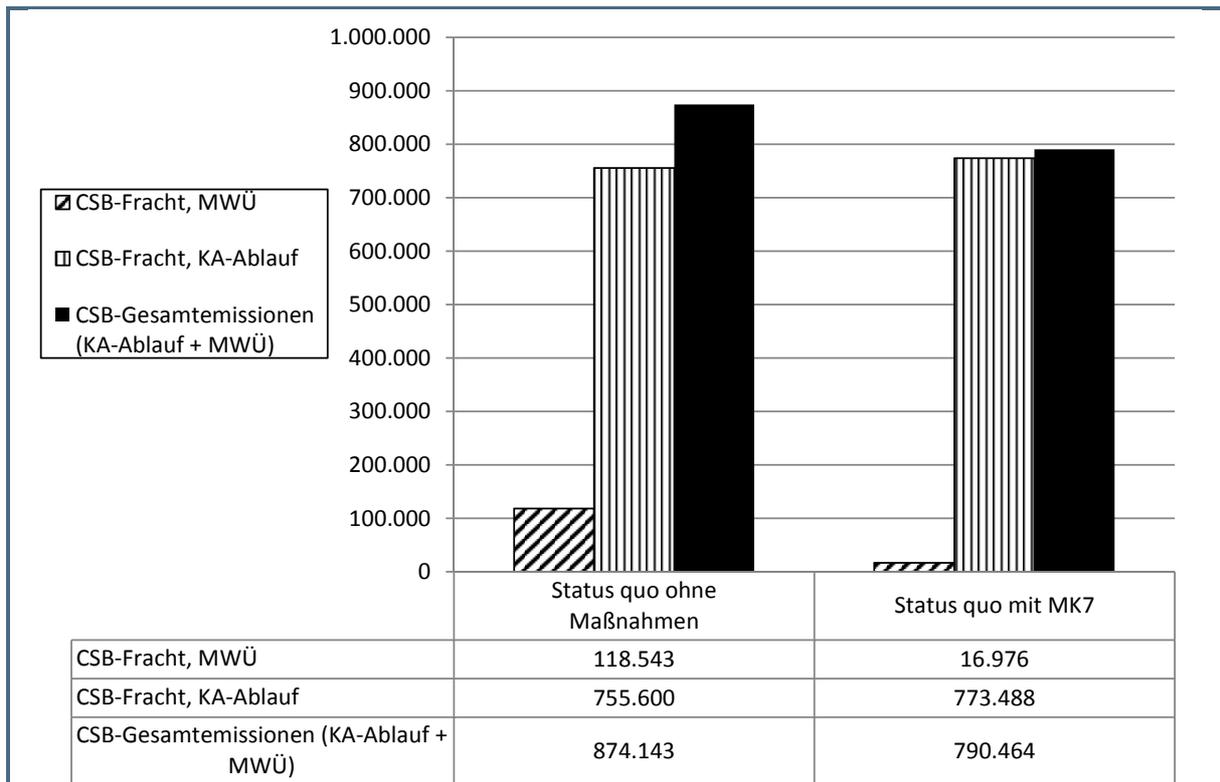


Abbildung 2: Gesamtemission CSB-Jahresfracht [kg CSB] für das Status-quo-Szenario ohne Maßnahmen (links) und mit MK7 (rechts)

Abbildung 2 zeigt Jahresentlastungsfrachten durch Mischwasserüberläufe und die Kläranlagenablauffracht für den Stoffparameter CSB (chemischer Sauerstoffbedarf) für das Status Quo Szenario ohne Maßnahmen bzw. mit der Maßnahmenkombination 7. In Abbildung 2 sind – aufgrund der ungleichen Größenverhältnisse - nicht dargestellt die 16.607.204 kg CSB, die in diesem Zeitraum auf der Kläranlage abgebaut werden.

Mischwasserüberlaufverhalten

Zu erkennen sind deutliche, positive Effekte hinsichtlich des Mischwasserüberlaufverhaltens durch die Maßnahmenkombination 7. Der relative Effekt nimmt für das Überlastszenario 2050 etwas ab, ist aber immer noch in einem sehr guten Bereich (Bsp. Reduzierung Mischwasserüberlaufvolumen um 68%. Betrachtet man die relative Änderung zum Status Quo lässt sich folgende Schlussfolgerung ziehen: Die negativen Effekte, die sich durch die verschärften Randbedingungen im Überlastszenario 2050 ergeben (z.B.: Erhöhung des MW-Entlastungsvolumen auf das 2,5-fache des Status Quo-Werts), können durch die Maßnahmenkombination 7 mindestens ausgeglichen werden, teilweise sogar bis auf die Hälfte des Wertes für den Status Quo gedrückt werden (Überlastszenario + MK7 entspricht Status Quo ohne Maßnahmen).

Kanalüberstau

Das Kanalüberstauverhalten verbessert sich durch die Maßnahmenkombination erheblich. Die Reduzierung der Anzahl überstauter Schächte sowie des Überstauintegrals liegt für Status quo und Überlastszenario 2050 zwischen 90% und 100 %.

Überflutungsgefährdung und -risiko

In der Betrachtung des Detailgebietes wurde durch die genannten Maßnahmen die Anzahl an Gebäuden in Gefährdungsklasse 3 und 4 um ein Drittel reduziert, die Anzahl an Gebäuden in Risikoklasse 3 und 4 reduziert sich um 100%. Als Belastung wurde ein 50-jährliches Niederschlagsereignis zugrunde gelegt.

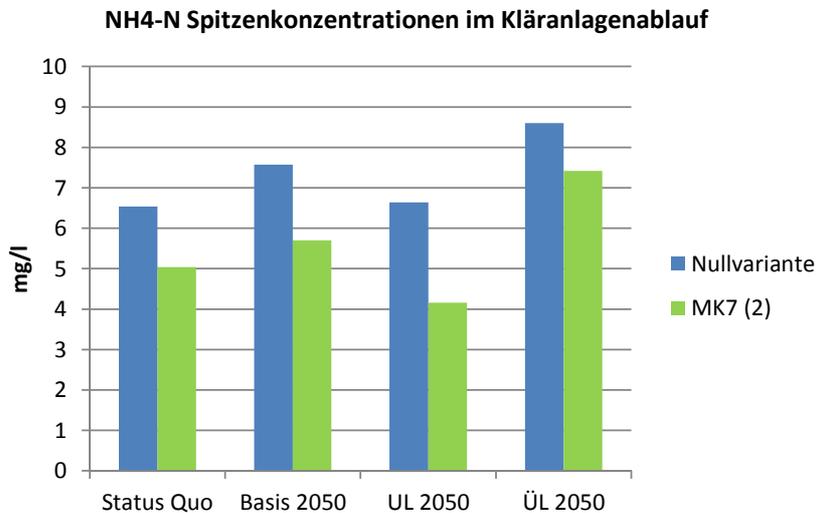
Kläranlagenablaufwerte


Abbildung 3: NH₄-N-Spitzenwerte im Kläranlagenablauf mit und ohne Anwendung von MK7. Dabei bedeutet Nullvariante dass keine Maßnahmen im Szenario umgesetzt wurden. MK7(2) bedeutet die Umsetzung der MK7 Maßnahmen mit Maßnahmen der baulichen Optimierung auf der Kläranlage

Betrachtet man die Ergebnisse auf der Kläranlage – hier sind die Spitzenwerte der Stickstoffkonzentrationen (NH₄-N und N_{anorg}) im Ablauf von besonderer Bedeutung – so zeigt sich, dass sich für die hier betrachtete Anlage in Berlin-Ruhleben mit den Maßnahmen der MK7 (Maßnahmen der baulichen Optimierung auf der Kläranlage (MK7 (2)) beschrieben im Maßnahmensteckbrief 5), die Auswirkungen der umgesetzten Maßnahmen an der Oberfläche und im Kanalnetz nicht nur beherrschen lassen, sondern eine zusätzlich Verbesserung der Kläranlagenablaufwerte gegenüber der Nullvariante (keine Maßnahmen der MK7 umgesetzt) eintritt.

CSB-Gesamtemission aus Kläranlage und Mischwasserüberläufen

Durch die Maßnahmenkombination erhöht sich die CSB-Fracht aus dem Kläranlagenablauf leicht gegenüber dem Status Quo-Szenario. Bildet man jedoch die Gesamtbilanz der CSB-Emissionen einschließlich der Mischwasserentlastungen, fällt diese geringfügige Erhöhung im Vergleich zur Reduzierung der Gesamtfracht nicht ins Gewicht.

Kanalablagerungen

Die Maßnahme der Trockenwetterrinne führt zu einer Verbesserung des Sedimenttransportes, so dass über die 1,1 km der baulich angepassten Kanäle hinaus aufgrund von „Wasserumverteilungseffekten“ in weiteren 2,4 km des Kanalnetzes die DWA-Kriterien für ablagerungsfreien Kanalbetrieb erreicht werden. Negative Auswirkungen auf andere Indikatoren können nachweislich ausgeschlossen werden. Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen bestehen nicht.

Kostenbewertung

Die Kostenangaben beziehen sich auf die Kombination der Einzelmaßnahmen (siehe Kosten in den Steckbriefen) inkl. der Abschätzung für das mit Infoworks simulierte Modellgebiet (teilw. annahmebasiert).

Die Jahreskosten sind, entsprechend ihrer Nutzungsdauer nach DWA-Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, 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 und beschreiben und benennen die abschätzbare Kostenannahme.

	<div data-bbox="502 264 1380 421"> <p> ■ Bereich Jahreskosten Gesamt ▼ Abschätzung Jahreskosten Gesamt ▽ Abschätzung Jahreskosten Privat-Anteil </p> </div> <p data-bbox="502 443 1396 533"> Betreffende Kosteneinsparungen beziehen sich auf die Umsetzung der Maßnahmenkombination in dem durch die InfoWorks-Simulation abbildbaren Modellgebiet. (ca. 18 km²). </p> <p data-bbox="502 539 1396 808"> Dargestellt ist die Reduzierung „Mischwasserüberläufe“ und erfolgte in der Bewertung der Schadfrachten auf ein Jahr bezogen (Status Quo). Die Bewertung zu den anteiligen innerstädtischen Schadfrachten erfolgte gemäß dem Ansatz zur Überschreitung der Überwachungswerte Kläranlagenablauf CSB und Nanorg.. Die Reduzierung der Kanalreinigung erfolgte in der Bewertung der Reinigungsklassen auf ein Jahr bezogen (Status Quo). Einsparungen, u.a. zu Geruch, Korrosion, Stauraumerweiterung und/oder weiterer Investitionen steigern die jährlichen Einsparungen (grün/weiß - gestreift) und sind spezifisch zu ergänzen. </p> <div data-bbox="502 824 1380 958"> <p> ■ Bereich abschätzbare Einsparungen pro Jahr ▼ Abschätzung der Einsparungen für Schadfrachten pro Jahr </p> </div>
<p>Risiko- und SWOT-Bewertung</p>	<p data-bbox="502 981 1396 1070"> Es wurde unter der Beteiligung der KURAS Experten für den Schwerpunkt Abwassersysteme (aus den Bereichen Oberfläche, Kanalnetz, Pumpen und Kläranlage) eine Risikoanalyse nach DWA-M180 durchgeführt. </p> <p data-bbox="502 1077 1396 1256"> Nachfolgend sind die der Maßnahmenkombination zugeordneten Risikokennwerte zusammengefasst, sodass sich die risikorelevantesten Schadensereignisse auf einen Blick identifizieren und sich eine Priorisierung der potenziellen Bewältigungsmaßnahmen ablesen lassen. Der Risikokennwert ergibt sich aus dem Produkt von Wahrscheinlichkeitswert und Bedeutungswert (jeweils zwischen 1 und 10). </p> <div data-bbox="526 1272 1372 1832"> </div> <p data-bbox="502 1883 1396 1973"> Zur Abbildung der Spannweite in den Ergebnissen der Risikobetrachtung wurde die Gesamtzahl der Risikokennwerte in einem Boxplot dargestellt. Die mittleren 50% der Risikokennwerte liegen im Bereich der abgebildeten Boxen. Die Quantile (abgebildet </p>

	<p>als Striche) bilden sich aus den gestreuten Minimal-und Maximalkennwerten.</p> <p>Eine ausführliche Erläuterung der Risikoanalyse befindet sich im Kapitel Risikoanalyse.</p> <p>Eine SWOT-Bewertung der Maßnahmenkombination 6 befindet sich im Kapitel SWOT-Analyse.</p>
Wirkungsabschätzung	<ul style="list-style-type: none">▪ Die Maßnahmenkombination erfüllt ihre Zielsetzung und führt zu nennenswerten Verbesserungen in allen Systembereichen, die eine Umsetzung lohnenswert erscheinen lassen.▪ Auch für voraussichtlich verschärfte zukünftige Randbedingungen (dargestellt im Szenario Überlast 2050) lassen sich gute Effekte ableiten; durch die Umsetzung ließen sich teilweise die durch zukünftig verschärfte Randbedingungen hervorgerufenen Auswirkungen mindestens auf das heutige Maß reduzieren, teilweise auch darüber hinaus▪ Die Auswirkungen der Maßnahmen an der Oberfläche und im Kanalnetz lassen sich durch Maßnahmen der baulichen Optimierung auf der Kläranlage beherrschen. Die Maßnahmen auf der Kläranlage bringen sogar eine Verbesserung gegenüber den ursprünglichen Ablaufwerten in den Szenarien (ohne Maßnahmen der MK7).▪ Ansonsten gibt es keine erkennbaren, nicht beherrschbaren negativen Wechselwirkungen zwischen den kombinierten Einzelmaßnahmen.

RISIKOANALYSE

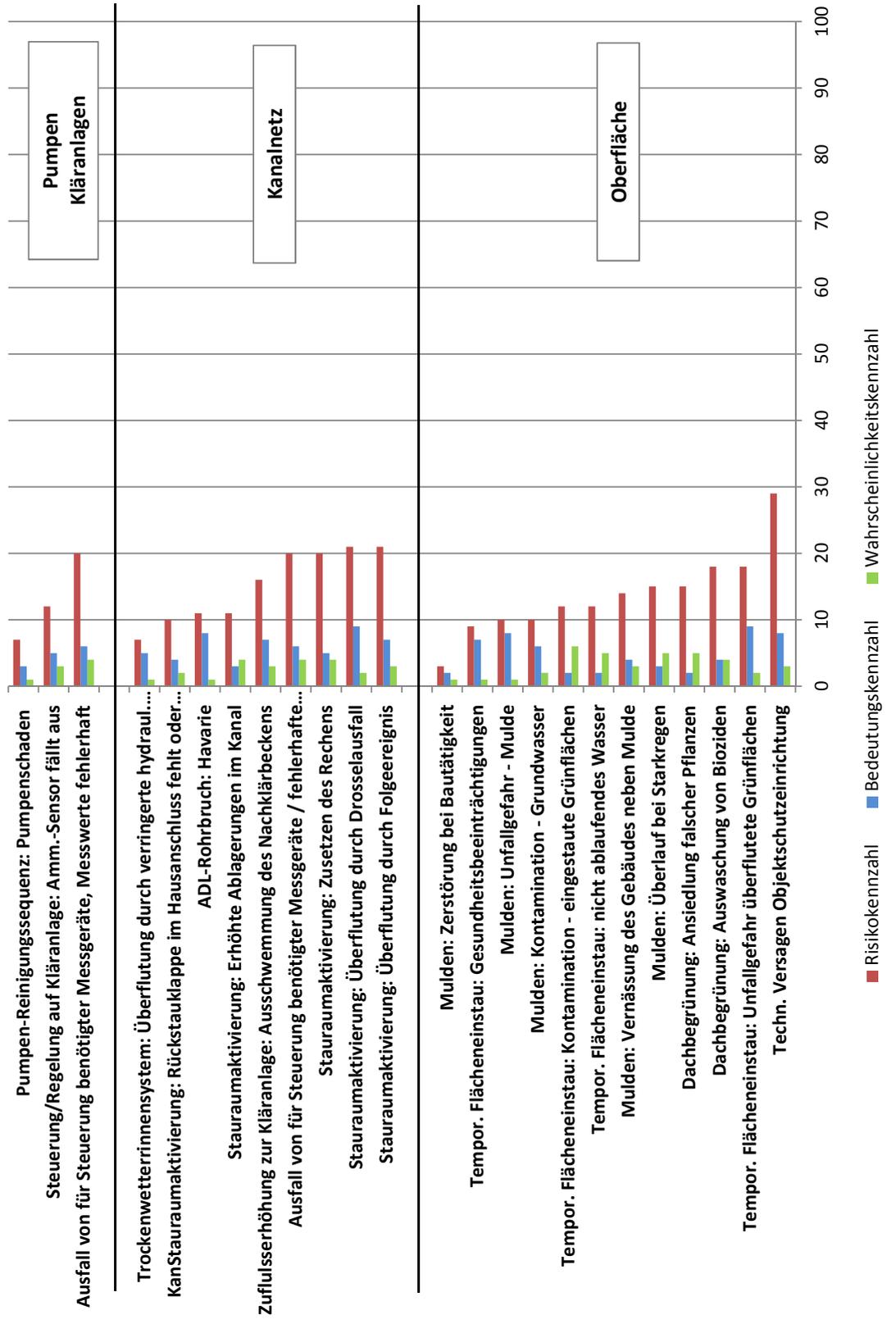
Es wurde unter der Beteiligung der KURAS Experten für den Schwerpunkt Abwassersysteme (aus den Bereichen Oberfläche, Kanalnetz, Pumpen und Kläranlage) eine Risikoanalyse nach DWA-M180 durchgeführt. Diese dient dazu, Schadenspotenziale zu identifizieren und zu quantifizieren, um potenzielle Risikobewältigungsmaßnahmen priorisieren zu können. Des Weiteren wird durch die Risikoanalyse das Bewusstsein für potenzielle Risiken bei der Umsetzung unserer Maßnahmenkombinationen geschärft.

Nachstehend sind die Ergebnisse der Einschätzungen der Experten in dieser Risikoanalyse zusammengefasst. Je Schadensereignis waren „Wahrscheinlichkeitswert“ (W) und „Bedeutungswert“ (B) – jeweils zwischen 1 und 10 – abzuschätzen. Deren Produkt ergibt jeweils den „Risikowert“ (R). Nachstehende Abbildung stellen den Risikowert, den Wahrscheinlichkeitswert sowie den Bedeutungswert dar, so dass sich die risikorelevantesten Schadensereignisse auf einen Blick identifizieren und sich eine Priorisierung der potenzielle Bewältigungsmaßnahmen ablesen lassen.

Die nachstehende Abbildung zeigt die Kenngrößen (Wahrscheinlichkeitswert, Bedeutungswert und Risikowert), jeweils für Oberfläche, Kanalnetz und Pumpen und Kläranlage.

Dabei bedeuten im Einzelnen:

- Wahrscheinlichkeitskennzahl: Wert zwischen 1 und 10 (1: unwahrscheinlich ... 10: sehr wahrscheinlich) – Mittelwert der Einschätzungen der an KURAS-AP2 beteiligten Experten
- Bedeutungskennzahl (1: keine Folgen ... 10: schwerwiegend) – Mittelwert der Einschätzungen der an KURAS-AP2 beteiligten Experten
- Risikokennzahl (1..100) – Mittelwert der sich aus den o.g. Einschätzungen der an KURAS-AP2 beteiligten Experten ergebenden Risikokennzahlen



Aus den Ergebnissen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Insgesamt liegt bei den betrachteten Maßnahmen nur ein vergleichsweise geringes Risiko vor: Von allen betrachteten Schadensfällen wurde als höchster Risikokennzahl der Wert von 29 (von 100) erreicht und zwar für das Schadensereignis des technischen Versagens von Objektschutzeinrichtungen (z. B. Schwellen und Schieber).
- Als wahrscheinlichstes Schadensereignis (mit einer Wahrscheinlichkeitskennzahl von 6) wird die Kontamination von Grünflächen als Resultat eines temporären Flächeneinstaus als Überflutungsschutzmaßnahme angesehen.
- Bzgl. der Schadensbedeutung wurden als relevanteste Ereignisse die Überflutungen wegen eines Drosselausfalls und die Unfallgefahr bei überfluteten Grünflächen als Resultat eines temporären Flächeneinstaus (jeweils mit einer Bedeutungskennzahl von 9) eingeschätzt.

Als Vorsorge zur Bewältigung des mit der Umsetzung der betrachteten Maßnahmen einhergehenden Risikos – welches z. T. aber auch bei Nichtumsetzung von Maßnahmen entsteht – lassen sich die folgenden Möglichkeiten identifizieren:

- Die Risiken von Maßnahmen an der Oberfläche lassen sich durch Sorgfalt bei Planung und Bauausführung minimieren; hierfür wurden einige potenzielle Problemstellen aufgeführt (Pflanzenauswahl, Gebäudevernässung, nicht ablaufendes Wasser, Flächenkontamination, Biozide, Unfallgefahren).
- Eine Verringerung von Risiken der Maßnahmen, die das Kanalnetz betreffen, lassen sich durch Berücksichtigung von Sicherheiten bei Drosselungen zur Aktivierung zusätzlichen Stauraum, sowie durch Berücksichtigung von Sicherheiten bei Entwurf von Rechensystemen sowie bei zeitweiligen Erhöhungen des Zuflusses zur Kläranlage erzielen.
- Risiken durch Ausfall von Messwerten, die für Steuerungs- und Regelungskonzepte auf Kläranlagen benötigt werden, lassen sich zum einen durch die Auswahl von Geräten sowie deren regelmäßiger Wartung, zum anderen durch Ersatzregelungskonzepte (welche ohne den ausgefallenen Messwert auskommen) vermeiden.

SWOT-ANALYSE

Nach einer ersten SWOT-Analyse im Januar 2016, in welcher das Abwassersystem sowie das KURAS-Projekt als Ganzes betrachtet worden sind, wurde in einer zweiten SWOT-Analyse am 08.07.2016 in Berlin (sowie entsprechender Nacharbeiten dazu) das Augenmerk speziell auf das Abwassersystem Berlins unter Anwendung der Maßnahmenkombinationen MK6 und MK7 gelegt. Nachfolgend werden die Ergebnisse dieser SWOT-Analyse, an der die KURAS AP2-Partner (KWB, BWB, TU-KL, TUB, ifak) aktiv beteiligt waren, zusammengefasst. Zunächst werden die Stärken, Schwächen, Chancen und Bedrohungen erfasst und thematisch geordnet. Des Weiteren werden, entsprechen der Kombinationen der externen und internen verstärkenden und inhibitorischen Einflüsse entsprechende Strategien abgeleitet, welche die Maßnahmenkombinationen MK6 und MK7 (angesichts der, trotz aller Abschätzungen, letztlich unbekanntem Zukunft) noch zukunftssicherer werden lassen.

Tabelle 4: Zusammenstellung der Stärken/Schwächen/Chancen/Bedrohungen der Maßnahmenkombinationen MK6 und MK7

	Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)	Chancen (Opportunities)	Bedrohungen (Threats)
Allgemein	Effektmultiplikationen/Synergien aus kombinierten Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Unsicherheit der Daten, auf deren Basis Maßnahmen untersucht werden • Abschwächung der Effekte der Einzelmaßnahmen durch die Überlagerung 	<ul style="list-style-type: none"> • Industrie 4.0 • Sensorik • Zeitnahe Umsetzung vieler Maßnahmen als Komplettpaket statt langwierige Umsetzung einzelner Maßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Unvorhergesehene negative Auswirkungen der Maßnahmenkombinationen/ Effektbehinderung
Oberfläche	<ul style="list-style-type: none"> • Gute Zugänglichkeit (techn.) • Flexibel im Standort (dezentral) • Abflussreduktion • Verbesserung der Wasserqualität (MW-Überläufe) • Überflutungsvermeidung/-reduktion 	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebskosten Grünflächen • Privates Terrain für Umsetzung • Vernässung 	<ul style="list-style-type: none"> • Stadtklima • Freiraumqualität • Wasser als Gestaltungselement • Regenwasserentgelt sparen • Flexibilität – bessere Anpassbarkeit an zukünftige Herausforderungen (KliWa, Wohnungsbau) 	<ul style="list-style-type: none"> • Konkurrenz Flächennutzung • Probleme [mit] Zuständigkeit und Finanzierung • Bedenken der Bürger • Private blockieren Dialog
Kanalnetz	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion CSO • Reduktion Überstau • Ausnutzung Bestand (Optimierung) • Ablagerungsfreies Kanalnetz (Reduzierung Reinigungsaufwand) • Minderung Korrosion 	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentationsrisiko durch Einstau • Einstau Hausanschluss; sichere Hausanschlüsse fehlen • Technisches Versagen • Technisches Wissen zur Betriebsweise -> Auswirkungen der vergrößerten Wasserwechselzone (Korrosion, Biofilm, Geruch) • Beschränkungen Sanierungstechnologie (Inliner) 	<ul style="list-style-type: none"> • Synergie mit Kanalsanierung • Datenerhebung während Maßnahmenumsetzung 	<ul style="list-style-type: none"> • Schlechte Akzeptanz mangels Betriebserfahrung

Pumpsystem	<ul style="list-style-type: none"> • Kostensenkung durch automatisierte Reinigungssequenzen • Synergie ADL - Spülfahrt • Großer Spielraum an Schnittstelle Kanalnetz-Kläranlage -> Flexibilität bei Überlast • Anpassung von Pumpwerken an tatsächliche Systemkapazitäten • Ablagerungsfreier Betrieb von Saugräumen • Nachrüstung von optimierten Bermen in Schachtpumpwerken 	<ul style="list-style-type: none"> • Fehlendes Wissen Langzeitauswirkung auf ADL-Bestand • Fehlendes Wissen Langzeitauswirkung Reinigungssequenz auf Abwasserpumpen • Wirkung von ablagerungsfreiem Betrieb nicht quantifizierbar 	<ul style="list-style-type: none"> • Ökodesign Richtlinie für Abwasserpumpen • Faser-/Feststoffzusammensetzung Abwasser • Schlechte Akzeptanz mangels Langzeiterfahrung Abwasser
Kläranlage	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Kosten bei betrieblichen Maßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebliche Maßnahmen [haben] nur begrenzten Effekt 	<ul style="list-style-type: none"> • Verschärfung Ablaufwerte Kläranlage

Abgeleitete Strategien zur Stärkung der Zukunftssicherheit des Abwassersystems mit Maßnahmenkombinationen MK6 und MK7

Aus den entsprechenden Kombinationen der oben aufgeführten Einflüsse auf das System (Stärken, Schwächen, Chancen, Bedrohungen) wurden folgende Strategien abgeleitet, welche die Maßnahmenkombinationen MK6 und MK7 (angesichts der, trotz aller Abschätzungen, letztlich unbekanntem Zukunft) noch zukunftssicherer werden lassen.

SO (innere Stärke, externe Chance) – „Verstärkungsstrategie“:

- Kanalsanierung nutzen für weitere verbessernde Maßnahmen
- Entwässerung und Flächenplanung gezielt miteinander kombinieren
- Simulation/Steuerung des Gesamtsystems voranbringen („Industrie4.0“ aufgreifen)

WO (innere Schwäche, externe Chance) – „Umwandlungsstrategie“:

- Daten gezielt nachverdichten beim Reparieren/Sanieren
- öff. Raum/Demoprojekte als Vorreiter nutzen

ST (innere Stärke, externe Bedrohung) – „Neutralisierungsstrategie“:

- Bürger motivieren durch Gebührenstruktur
- Durch Standortflexibilität Flächennutzungskonflikte im Quartier kompensieren („andere Straßenseite“)

WT (innere Schwäche, externe Bedrohung) – „Verteidigungsstrategie“:

- Weiteres Projekt (Bedenken aufgreifen, Auswirkungen von Neuem erforschen)
- Austausch mit Stakeholdern (vgl. Zuständigkeit, Finanzierung)
- Schaffung von Transparenzroutine (nicht zu große Verbesserung versprechen; immer wieder die MK kritisch hinterfragen und ggf. anpassen)
- Aufklärungskampagnen (z. B. zu Feuchttüchern) zusammen mit DWA

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 – Maßnahmenkombinationen,
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