

PROF. DR. MED. THOMAS KITEMANN

Stv. Direktor des Instituts für Hygiene und Öffentliche Gesundheit

Universität Bonn (Direktor: Prof. Dr. med. M. Exner)

**Projekt Mischwasser-Notüberlauf
Wiesenweg / Thelens Wiese**

**Bericht zu Arbeitspaket I:
Prospektive hygienisch-medizinische
Risikoabschätzung**

26. Februar 2016

Bearbeiter:

Dipl.-Geogr. Christian Timm, Prof. Dr. med. Thomas Kistemann M.A.

Auftraggeber: Entsorgungsbetriebe Wesseling

Inhalt

1	Problemstellung.....	3
2	Methodisches Vorgehen.....	4
2.1	Literaturrecherche.....	4
2.2	Recherche vergleichbarer Projekte	5
3	Ergebnisse des Reviews	5
3.1	Mischwasser als Quelle humanpathogener Mikroorganismen	5
3.2	Mischwasser als Quelle gesundheitsrelevanter chemischer Substanzen	6
3.3	Risikobetrachtungen für verschiedene Expositionspfade	7
3.3.1	Mikrobielle Belastung durch Mischwasser.....	8
3.3.2	Chemische Belastung durch Mischwasser	13
4	Bewertung der Erkenntnisse hinsichtlich der Machbarkeit des geplanten abwassertechnischen Vorhabens	16
5	Empfehlungen für den Realisierungsprozess des geplanten abwassertechnischen Vorhabens..	18
5.1	Mikrobielle Belastung durch Mischwasser.....	18
5.1.1	Direkter Kontakt mit Mischwasser	19
5.1.2	Kontakt mit belasteten Boden.....	19
5.1.3	Belastungspfad Grundwasser.....	20
5.2	Chemische Belastung durch Mischwasser	20
5.2.1	Direkter Wasserkontakt	20
5.2.2	Bodenkontakt	22
5.2.3	Belastungspfad Grundwasser.....	22
6	Zusammenfassung.....	23
7	Quellenverzeichnis	25
7.1	Literatur	25
7.2	Rechtliche Grundlagen und Richtlinien	27

1 Problemstellung

Durch Starkregenereignisse kam es in den Jahren 2008 und 2012 im Stadtgebiet von Wesseling zu erheblichen Überschwemmungen. Durch diese außergewöhnlichen Regenereignisse ist ein Handlungsbedarf entstanden, um den Anwohnern des Problembereichs Abhilfe zu leisten.

Die Entsorgungsbetriebe Wesseling haben eine Betrachtung für die zukünftige Vermeidung von derartigen Überschwemmungen unter Berücksichtigung der vorhandenen baulichen Situation und der siedlungswasserwirtschaftlichen, städtebaulichen und verkehrlichen Gesichtspunkte durchgeführt. Hieraus hat sich ergeben, dass eine sich im Besitz der Stadt Wesseling befindliche Wiese, die sogenannte „Thelens Wiese“ im Bereich zwischen Wiesenweg und Rodenkirchener Straße, bei außergewöhnlichen Starkregenereignissen eine Möglichkeit bieten würde, um Mischwasser aus dem Kanalstauraum (DN 2800) in der Rodenkirchener Straße über einen sogenannten Notüberlauf gezielt zu speichern und damit Überschwemmungsereignisse im Stadtgebiet zu vermeiden.

Eine erneute Kanalnetzrechnung mit Oberflächensimulation auf der Grundlage des Regenereignisses aus dem Jahr 2008 und unter Berücksichtigung der Rückhaltung im Bereich „Thelens Wiese“ als offenes Regenrückhaltebecken ergab rechnerisch eine fast vollständige Vermeidung von Überflutungen im gefährdeten städtischen Bereich. Die Frequenz einer Notentlastung über den Notüberlauf auf Thelens Wiese wird mit etwa fünf Jahren berechnet. Das eingestaute Mischwasser soll nach einem Notüberlaufereignis soweit wie möglich ins Kanalisationsnetz zurückgeführt werden.

Die über 10.000 m² große Freifläche ‚Thelens Wiese‘ hat aufgrund ihrer Lage und Größe aber auch eine substantielle Bedeutung für die städtebauliche Entwicklung in diesem Bereich. Vor diesem Hintergrund besteht ein erhebliches Interesse daran, die Fläche nicht exklusiv als offenes Regenrückhaltebecken zu nutzen, sondern zusätzlich das Potential als attraktives Gelände für Freizeitnutzung zu erhalten und zu entwickeln.

Eine derartige Nutzungskombination ist innovativ; bislang liegen hierzu kaum Erfahrungen im In- und Ausland vor. Zur Prüfung und Bewertung gesundheitlicher Belange regte deshalb das zuständige Gesundheitsamt des Rhein-Erft-Kreises anlässlich einer ersten Projektbesprechung am 26.03.2015 an, das Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn (IHPH) als Gutachter einzubeziehen.

Der Unterzeichnende wurde daraufhin am 25.08.2015 von den Entsorgungsbetrieben Wesseling beauftragt, in einem ersten Arbeitspaket eine prospektive hygienisch-medizinische Risikoabschätzung auf der Grundlage einer umfassenden wissenschaftlichen Recherche durchzuführen. Folgende Fragen sollten in diesem ersten Arbeitspaket beantwortet werden:

1. Welche wissenschaftlichen und empirischen Erkenntnisse liegen zu potenziellen gesundheitlichen Risiken vor, die sich aus der geplanten Doppelnutzung einer Freifläche sowohl als Freizeitareal als auch als temporäres Rückhaltebecken für Wasser aus der Mischwasserkanalisation ergeben können?
2. Kann unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse erwartet werden, dass ein solches Projekt ohne nicht akzeptable gesundheitliche Risiken realisiert werden kann?
3. Welche Möglichkeiten und Erfordernisse bestehen, um mögliche gesundheitliche Risiken zu minimieren?

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Literaturrecherche

Diesem Bericht liegt ein umfangreiches wissenschaftliches Literaturreview zu Grunde. Eine detaillierte Aufstellung der verwendeten und bewerteten Literatur ist dem Literaturverzeichnis zu entnehmen.

Zusätzlich wurden möglicherweise relevante Gesetze, Verordnungen Normen, Richtlinien und Empfehlungen konsultiert, die indirekt zur gesundheitlichen Bewertung von Mischwasser in Beziehung gesetzt werden können. Diese Quellen sind ebenfalls im Literaturverzeichnis vollständig aufgeführt.

Zur Erstellung der prospektiven Risikoabschätzung wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt. Neben einer systematischen Abfrage wissenschaftlicher Literaturdatenbanken (Science Direct, Pub Med) wurde auf bereits bekannte Literatur zurückgegriffen.

Die Literaturrecherche berücksichtigte folgende Aspekte:

- Mikrobielle und chemisch-toxische Bedeutung von Mischwasser
- Mikrobielle und chemisch-toxische Risiken durch Mischwasser
- Risikobewertungen aus vergleichbaren Projekten
- Mikrobielle und chemisch-toxische Risiken durch Mischwasser-belasteten Boden
- Mikrobielle und chemisch-toxische Risiken für das Grundwasser durch Mischwasserbelastung des Bodens

Es wurden Suchbegriffe in Deutsch und Englisch in verschiedenen Kombinationen zur Abfrage der Literaturdatenbanken verwendet. Anschließend erfolgte eine autoptische Selektion der relevanten Literatur. Aus den ausgewählten Publikationen konnten dann nach dem Schneeballsystem weitere relevante Publikationen ermittelt werden und in die Recherche einbezogen werden.

2.2 Recherche vergleichbarer Projekte

Neben einigen aus der Literaturrecherche ermittelten, vergleichbaren Projekten wurde durch Internetrecherche ein Projekt in Bonn identifiziert, welches sich aktuell einer ähnlichen Herausforderung stellt. Mit den Verantwortlichen des Bonner Vergleichsprojektes „Am Sonnenberg“ wurde Kontakt aufgenommen. Darüber hinaus wurden weitere Rahmenbedingungen, darunter gesetzliche Grundlagen, ermittelt.

3 Ergebnisse des Reviews

Das potentielle gesundheitliche Risiko durch direkten oder indirekten Kontakt mit Mischwasser ist einerseits durch eine Belastung des Mischwassers mit chemischen Substanzen bedingt, andererseits müssen die mikrobiellen Belastungen berücksichtigt werden.

3.1 Mischwasser als Quelle humanpathogener Mikroorganismen

Die Bedeutung von Mischwasser für die mikrobielle Belastung konnte für *Fließgewässer* als originäre Vorfluter von Mischwasserentlastungen in mehreren Projekten nachgewiesen werden (Kistemann et al. 2004; 2009; Verbundprojekt „Sichere Ruhr“ 2015). So konnte von Kistemann et al. (2004, 2009) gezeigt werden, dass nach Starkregenereignissen die mikrobielle Belastung eines Fließgewässers erheblich erhöht sein kann und somit gesundheitliche Risiken durch die Nutzung Mischwasser-belasteter Fließgewässer entstehen können.

Durch Entlastungsereignisse der Mischkanalisation gelangen vor allem bei hohen Niederschlagsintensitäten innerhalb weniger Minuten sehr hohe Bakterien- und Parasitenfrachten in den Vorfluter. Im Vergleich zu den Einleitungen aus Kläranlagen kann davon ausgegangen werden, dass aus Mischwasserentlastungen innerhalb weniger Minuten ebenso viele Mikroorganismen eingeleitet werden wie aus einer Kläranlage an einem ganzen Tag (vgl. Kistemann et al. 2002; 2004; 2009; Passerat et al. 2011).

Ein sogenanntes „First Flush“ Phänomen konnte am Beispiel eines untersuchten Staumkanals nicht beobachtet werden. Dies bedeutet, dass die Konzentrationen relevanter Mikroorganismen sich während des Abschlagsereignisses nicht systematisch ändern. Vielmehr kann hier wohl aufgrund des raschen Wasseranstiegs und des ausreichend großen Volumens zur Vermischung im Kanal während eines Starkregenereignisses von einer homogenen Pathogen-Fracht ausgegangen werden (Kistemann 2004, 2009).

Die konkrete mikrobielle Zusammensetzung des Mischwassers ist naturgemäß von den Bedingungen im jeweiligen Einzugsgebiet abhängig; durch lokale Epidemien kann etwa die Belastung mit darmpathogenen Viren (Rota, Noro) zeitweilig stark erhöht sein (Schönning et al. 2007).

3.2 Mischwasser als Quelle gesundheitsrelevanter chemischer Substanzen

Mischwasser ist durch eine Vielzahl chemischer Substanzen belastet. Für eine toxikologische Bewertung ist generell eine Unterscheidung von anthropogenen Spurenstoffen, häufig auch als Mikroschadstoffe bezeichnet, und Schwermetallen sinnvoll. Durch private Haushalte gelangen unterschiedliche anthropogene Spurenstoffe ins Abwasser. Bedeutsam sind vor allem sogenannte *personal care Produkte* (Kosmetikprodukte, Haushaltschemikalien, Arzneimittel), die in den kommunalen Kläranlagen regelmäßig nachweisbar sind (Türk et al. 2013; Götz und Keil. 2007).

Auch für die Einträge von Schwermetallen (Arsen, Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Nickel, Blei, Zink) in das Gewässersystem ist die chemische Belastung des Mischwassers von erheblicher Bedeutung; dies wurde von Böhm et al. (2000) zusammenfassend dargestellt (siehe Tabelle 1). Die von den Autoren ermittelten Schwermetall-Konzentrationen liegen aber deutlich unter den Grenzwerten für das Einleiten von Abwasser aus gewerblichen und industriellen Betrieben in eine öffentliche Abwasseranlage und unterschreiten (mit Ausnahme von Quecksilber) auch die Schwellenwerte des Gesetzes über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (AbwAG). Die Schwermetall-Konzentrationen liegen für Cadmium, Chrom und Kupfer unter den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung und für Blei, Nickel und Quecksilber zumindest in der Größenordnung der jeweiligen Grenzwerte. Die Schwermetallbelastung von Mischwasser, die in Wohngebieten übrigens größtenteils auf den Dachabfluss zurückgeführt wird, liegt demnach weitgehend im Bereich dessen, was Vorflutern durch gereinigtes aufbereitetes Abwasser ohne Auflagen oder Abgabewirkung zugeführt werden darf. Gesundheitliche Risiken sind dennoch nicht grundsätzlich auszuschließen und für den konkreten Einzelfall unter Berücksichtigung von Konzentration, Expositionsweg, Aufnahmemenge und akuter sowie chronischer Toxizität zu bewerten.

Auch Pflanzenbehandlungsmittel können sowohl über das häusliche Abwasser als auch über Regenwasser in das Mischwasser gelangen. Die zu erwartende Menge ist vom Charakter des Einzugsgebiets abhängig. Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM) wurden in den Abläufen von 42 nordrhein-westfälischen kommunalen Kläranlagen in Konzentrationen von ca. 4 µg/l pro Einzelwirkstoff nachgewiesen (Landesumweltamt 1999). In

Mischwasserabschlägen bei Starkregenereignissen sind wegen der Verdünnung niedrigere Konzentrationen zu erwarten.

Tabelle 1: berechnete Schwermetallkonzentrationen im Mischwasserüberlauf (Böhm et al. 2000) im Vergleich zu Abwasser- und Trinkwasser-Grenzwerten

[mg/l]	Blei	Cad- mium	Chrom	Kupfer	Nickel	Queck- silber	Zink
berechnete Werte/ Entlastungsabfluss	0,05	0,002	0,02	0,09	0,03	0,006	0,6
ATV A 115*	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	0,1	5,0
AbwAG Schwellenwerte**	0,05	0,005	0,05	0,1	0,05	0,001	
TrinkwV	0,01	0,003	0,05	2,0	0,02	0,001	

* Einleiten von Abwasser aus gewerblichen und industriellen Betrieben in eine öffentliche Abwasseranlage.

** Schwellenwerte, die im Abwasserabgabengesetz für die Berechnung von Abwasserabgaben festgelegt sind.

Über häusliches und gewerbliches Abwasser können leichtflüchtige halogenorganische Verbindungen in das Mischwasser gelangen. Wegen ihrer hohen Flüchtigkeit gasen diese jedoch überwiegend bereits im durchströmten Kanalsystem aus. Restmengen werden über die offene Wasseroberfläche einer Einstauung in die Atmosphäre übertreten (Kistemann 1993), sodass nicht mit einer relevanten Exposition über das Mischwasser zu rechnen ist.

3.3 Risikobetrachtungen für verschiedene Expositionspfade

Eine grenzwertorientierte Bewertung des gesundheitlichen Risikos, basierend auf gesetzlichen Grundlagen oder Richtlinien, kann nur teilweise vorgenommen werden. Dies gilt vornehmlich für die Bewertung des mikrobiellen Risikos.

Es erscheint sinnvoll, für die Risikobetrachtung einerseits mikrobielle und chemische Kontaminationen, und andererseits drei potentielle Expositionspfade separat zu betrachten: direkte Exposition durch Kontakt mit Mischwasser, indirekte Exposition durch Kontakt zu Mischwasser-beaufschlagten Boden sowie -beaufschlagte Vegetation; indirekte Exposition durch potentielle Belastung und konsekutive Nutzung des Grundwassers.

3.3.1 Mikrobielle Belastung durch Mischwasser

Für die mikrobielle Risikoabschätzung steht das Risiko (hier = Wahrscheinlichkeit) einer gastro-intestinalen Infektion, d.h. an Durchfall zu erkranken, quantitativ im Vordergrund.

Grundsätzlich setzt eine Belastung des Mischwassers mit pathogenen Mikroorganismen voraus, dass sich menschliche oder (bei Zoonosen) tierische Erkrankte bzw. Ausscheider im Einzugsgebiet des Abwasser-Kanalsystems aufhalten (oder kürzlich aufgehalten haben). Mit hin ist die mikrobielle Belastung des Mischwassers entscheidend abhängig von der Durchsuehung der Bevölkerung. Sie unterliegt saisonalen und epidemischen Schwankungen. Für einige Krankheitserreger kann sie praktisch ausgeschlossen werden, weil die Erkrankungen in Deutschland derzeit nicht (mehr) nennenswert auftreten.

Allgemein bedient man sich zur Bewertung mikrobieller Risiken durch Wasser der Quantitativen Mikrobiellen Risikoabschätzung (QMRA) (Haas et al. 1999). Hierbei werden in einem ersten Schritt die möglichen mikrobiellen Gefahren (Bakterien, Viren und Parasiten im Gewässer) durch repräsentative Wasseranalysen identifiziert. Im zweiten Schritt wird eine Expositionsabschätzung vorgenommen. Es werden mögliche Szenarien der oralen (Ingestion) und/oder inhalativen Wasseraufnahme angenommen, die dann die aufgenommene Dosis des Mikroorganismus abschätzen lassen. Zur Ermittlung der Aufnahmemenge werden in der Regel anerkannte, wissenschaftlich fundierte Studien herangezogen. So kann die Ingestion von Oberflächenwasser bei verschiedenen Nutzungsszenarien aus den Studien von Dorevitch et al. (2011), Dufour et al. (2006) und Man et al. (2014) abgeleitet und zur Expositionsabschätzung herangezogen werden. Eine potentiell aufgenommene Dosis kann dann als Produkt aus der gemessenen Konzentration im Wasser und der potentiell bei verschiedenen Aktivitäten aufgenommenen Wassermenge berechnet werden (vgl. Dufour et al. 2006; Dorevitch et al. 2011; Man et al. 2014; Sales-Ortells und Medema 2015). Über bekannte Dosis-Wirkungsbeziehungen können schließlich Infektions- und auch Erkrankungswahrscheinlichkeiten für die jeweiligen Expositionen berechnet werden. Hierbei finden in der Regel Monte Carlo-Simulationen Anwendung (Haas et al. 1999).

Diese Methode zur Risikobewertung gilt als etabliert und sollte auch für die verschiedenen Expositionspfade im Szenario des Notüberlaufs Wiesenweg Anwendung finden. Die Risikobewertung für belasteten Boden kann ebenfalls mittels QMRA gewährleistet werden. Unsere Literaturrecherche berücksichtigt Studien, die QMRA anwenden. Es konnten allerdings nur wenige Studien gefunden werden, die eine Risikobewertung hinsichtlich der Exposition mit Mischwasser vorgenommen haben. Eine Wasseraufnahme durch Verschlucken wurde in diesen Studien jeweils vorausgesetzt und kann als bedeutendster Eintragspfad in den menschlichen Körper angenommen werden.

3.3.1.1 Mikrobielle Exposition durch direkten Wasserkontakt

Sales-Ortells und Medema (2015) haben einen Wasserplatz in Rotterdam untersucht, auf den bei Starkregenereignissen nach einem mehrstufigen gezielten Fluten auch Mischwasser aus einem Rückhaltebecken geleitet wird. Dort wurde das Vorkommen von *Campylobacter*, *Cryptosporidium* und *Legionella pneumophila* analysiert und eine Risikobewertung vorgenommen. Als Nutzungsszenario wurden im Wasser spielende Kinder mit einer Wasseraufnahme von 1,7 ml/Ereignis angenommen. Durch QMRA konnte das Risiko für eine Campylobacteriosis mit 0,045%/Ereignis für eine human-fäkale Verunreinigung und 0,0025%/Ereignis für eine tierisch-fäkale Verunreinigung kalkuliert werden (siehe Tabelle 2).

Der Parasit *Cryptosporidium parvum* konnte nicht nachgewiesen werden. Ein relevantes Risiko für eine inhalativ erworbene Legionellose wurde nicht ermittelt. Dieselben Autoren haben im eingedeichten Amsterdamer Stadtteil „Watergraafsmeer“, der durch viele Kanäle geprägt ist und in dem die Wasserwege vielseitig genutzt werden, für verschiedene Nutzungsszenarien Erkrankungswahrscheinlichkeiten/Ereignis berechnet. Hier wurde auch eine Gesamtwahrscheinlichkeit, durch *Campylobacter*, *Cryptosporidium* oder Norovirus eine Durchfall-Erkrankung zu erleiden, berechnet (Sales-Ortells und Medema 2014). Man et al. (2013) und ten Veldhuis (2010) haben am Beispiel von Hochwasser-bedingten Überflutungen ebenfalls für verschiedene Expositionsszenarien Risiken bewertet (siehe Tabelle 2).

3.3.1.2 Mikrobielle Exposition durch Bodenkontakt

Es konnten nur sehr wenige Studien gefunden werden, die eine Bewertung gesundheitlicher Risiken durch Mischwasser-beaufschlagte Böden vorgenommen haben. Somit gestaltet sich die Risikobewertung für den Belastungspfad Boden auf Basis der Literatur schwierig.

Auch eine rechtliche Regelung, bzw. Referenzwerte, die als akzeptiertes Risiko gewertet werden können, gibt es für die mikrobielle Belastung von Boden nicht. Die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) bezieht sich diesbezüglich nur auf Altlasten. Zur Umsetzung dieser Verordnung wird vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Arbeitsblatt W 22 vorgeschlagen. Hier werden verschiedenen Nutzungsszenarien unterschiedliche Expositionsintensitäten zugeordnet und orale Aufnahmemengen bei unterschiedlichen Nutzergruppen beschrieben.

Tabelle 2: Erkrankungswahrscheinlichkeiten bei direktem Wasserkontakt und unter Annahme verschiedener Nutzungsszenarien

Szenario	Pathogen	Erkrankungswahrscheinlichkeit /Ereignis [%]	Quelle
Spielen in mit Mischwasser belastetem Wasser	Campylobacter (humane Herkunft)	0,045 %	Sales-Ortells und Medema 2015
	Campylobacter (tierische Herkunft)	0,0025 %	
Spielen im Ablauf eines Regenüberlaufes (Mischwasser)	Campylobacter, Cryptosporidium, Norovirus	34,0 %	Sales-Ortells und Medema 2014
Rudern auf Mischwasserbelastetem See	Campylobacter, Cryptosporidium, Norovirus	4,5 %	
Spielen auf einem Wasserspielplatz (Oberflächenwasser, Watergraafsmeer)	Campylobacter, Cryptosporidium, Norovirus	3,7 %	
Spielen und Waten im Ablauf eines Regenablaufes (Trennsystem)	Campylobacter, Cryptosporidium, Norovirus	4,7 %	
Spazieren mit dem Hund im Park	Campylobacter, Cryptosporidium, Norovirus	0,025-0,3 %	
Überqueren einer Straße (aufgewirbeltes Regenwasser)	Campylobacter, Cryptosporidium, Norovirus	0,05 %	
Exposition zu Überflutungsflächen durch Mischwasser (Verschlucken durch Befragung ermittelt)	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Cryptosporidium spp.</i> , <i>Giardia spp.</i> , <i>Norovirus</i> , <i>Enterovirus</i>	bis 89 % (Kinder) bis 28 % (Erwachsene)	
Ungewolltes Verschlucken von Überflutungswasser durch vorbeifahrende Autos für Fußgänger und spielende Kinder	<i>Cryptosporidium</i>	0,00005 % (Fußgänger) 0,0001 % (spielende Kinder)	ten Veldhuis, J A E et al. 2010
	<i>Giardia</i>	0,01 % (Fußgänger) 0,03 % (spielende Kinder)	
	<i>Campylobacter</i>	0,2 % (Fußgänger) 0,3 % (spielende Kinder)	

Von großer Bedeutung für die Risikobetrachtung ist die Frage, wie lange verschiedene pathogene Mikroorganismen im Boden und auf der Vegetation überleben und vermehrungsfähig bleiben. Den WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater (2006) sowie Schoening et al. (2007) können Angaben zu durchschnittlichen Überlebenszeiten von Pathogenen im Boden entnommen werden (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Durchschnittliche Überlebenszeiten von pathogenen Mikroorganismen im Boden

Organismus	Mittlere Überlebenszeit [Tage]	Quelle
Viren		
Enterovirus	<100, gewöhnlich <20	WHO 2006
Rotavirus	30; Standardabweichung 8	Schoening et al. 2007
Hepatitis A	75; Standardabweichung 10	Schoening et al. 2007
Bakterien		
Thermotolerante Coliforme	<70, gewöhnlich <20	WHO 2006
<i>Salmonella spp.</i>	<70, gewöhnlich <20	WHO 2006
<i>V. cholerae</i>	<20, gewöhnlich <10	WHO 2006
<i>EHEC</i>	25; Standardabweichung 6	Schoening et al. 2007
Protozoen		
<i>Entamoeba histolytica</i>	<20, gewöhnlich <10	WHO 2006
<i>Cryptosporidium</i>	<150, gewöhnlich <75	WHO 2006
<i>Giardia</i>	30; Standardabweichung 4	Schoening et al. 2007
<i>Ascaris</i>	625; Standardabweichung 150	Schoening et al. 2007

Die gesundheitliche Relevanz von mikrobiell beaufschlagten Böden wurde in einer Studie von Gertler et al. (2013) untersucht. Anlässlich des Hochwassers an der Saale im Jahr 2013 wurde in einer epidemiologischen Studie ein Cryptosporidiosis-Ausbruch auf das Hochwasserereignis zurückgeführt (Gertler et al. 2013).

In einer Studie von Schoening et al. (2007) wurden mittels QMRA Infektionswahrscheinlichkeiten bei der Freizeitnutzung von Gärten, die mit humanen Fäzes gedüngt werden, berechnet (siehe Tabelle 4). Hier wurden bei vergleichbarem Boden Ingestionen, wie sie im LANUV-

Arbeitsblatt W22 und der Bodenschutz- und Altlastenverordnung beschrieben werden, angenommen. Die Konzentration der Mikroorganismen wurde für 1 cm Tiefe und nach Einarbeitung in den Boden modelliert und in die Risikoberechnung integriert. Diese Situation ist zwar nicht direkt auf eine Mischwasser-Beaufschlagung von vegetationsbedeckter Fläche übertragbar, zeigt aber, dass eine Risikobewertung mittels bekannter Methoden (QMRA) grundsätzlich dann möglich ist, wenn alle Parameter hierfür bekannt sind. Die berechneten jährlichen Infektionswahrscheinlichkeiten variieren, abhängig von Konzentration im Fäzes, mittlerer Überlebenszeit und Infektionsdosis, je nach Pathogen erheblich und betragen 1:100 – 1:10.000.000. Die höchsten Infektionswahrscheinlichkeiten ergeben sich für Rotaviren und Cryptosporidien; sie sind, mit Ausnahme des Spulwurms, beim Gärtnern (mit intensivem Bodenkontakt) höher als bei anderen Freizeitaktivitäten im Garten.

Tabelle 4: Infektionswahrscheinlichkeiten durch verschiedene Aktivitäten in Gärten, die mit menschlichen Fäzes gedüngt wurden (Quelle: Schoening et al. 2007)

Pathogen	Infektionswahrscheinlichkeit/Jahr	
	Gärtnern	Andere Freizeitaktivitäten
Salmonellen	2×10^{-9}	7×10^{-10}
Rotavirus	4×10^{-2}	3×10^{-3}
Hepatitis A	1×10^{-6}	1×10^{-6}
Giardia	2×10^{-4}	5×10^{-5}
Cryptosporidium	1×10^{-3}	1×10^{-3}
Ascaris	8×10^{-4}	2×10^{-3}

3.3.1.3 Mikrobielle Kontamination des Grundwassers

Eine Belastung des Grundwassers ist insbesondere dann als Expositionspfad relevant, wenn dieses zur Trinkwassernutzung genutzt.

Eine mikrobielle Belastung des Grundwassers durch großflächige Beaufschlagung mit Mischwasser kann nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Sie hängt aber entscheidend von der Durchlässigkeit des Bodens und des geologischen Untergrunds einerseits sowie dem Flurabstand des Grundwassers andererseits ab, denn diese beiden Größen bestimmen die zu erwartende Filtrationsleistung der Deckschichten.

Heinz et al. (2009) konnten nachweisen, dass nach schweren Regenfällen in Karstgebieten das Grundwasser durch Mischwasserabschläge mit fäkalen Bakterien verunreinigt sein kann.

Bergmann et al. (2003) untersuchten die mikrobielle Beeinflussung des Grundwassers durch eine Bachschwinde (Große Laache im Westen von Köln). Der dort teilweise versickernde Glessener Bach dient auch als Vorfluter für Mischwasserabschläge einer im Oberstrom gelegenen abwassertechnischen Anlage. Die Versickerungsstelle liegt im Bereich der Lockersedimente des Rheintals. Die Ergebnisse der dortigen Untersuchungen zeigten, dass auch Mikroorganismen über die Versickerung von Mischwasser-beeinflusstem Oberflächenwasser das Grundwasser eines Lockersediment-Aquifers erreichen können.

Mikroorganismen, darunter auch Pathogene, können im Boden längere Zeit persistieren und nach Zusickerung von Oberflächenwasser über ungesättigte Bodenzonen in das Grundwasser gelangen (Macler und Merkle 2000). Allerdings sind Fäkalbakterien dem Biotop Grundwasser nicht angepasst. Ihre Lebensdauer wird in diesem fremden Milieu durch Temperatur, pH-Wert, Redoxpotenzial, Salzkonzentrationen, Nährstoffe, Bakteriophagen, Raubbakterien u.a.m. begrenzt. Sie werden als allochthone Mikroorganismen eliminiert. Die Überlebenszeiten von Protozoen, Bakterien und Viren im Grundwasser variieren erheblich. Protozoische Zysten können bis zu einem Jahr überleben, Viren Wochen bis Monate, Bakterien Tage bis Wochen (Pedley et al. 2002).

An der Großen Laache konnte nachgewiesen werden, dass die teilweise erhebliche Belastung des Grundwassers mit Fäkalbakterien nach relativ kurzer Fließstrecke bereits sehr stark abgenommen hat und nur noch Coliforme in sehr geringer Konzentration (2 KBE/100 ml) nachweisbar sind (Bergmann et al. 2002). Eine persistierende Kontamination des (Poren-) Grundwassers wurde nicht beobachtet. Wenige hundert Metern nach Infiltration des Oberflächenwassers war eine Belastung mit allochthonen Mikroorganismen praktisch nicht mehr nachweisbar (Bergmann et al. 2003).

Für eine genauere Abschätzung einer Grundwasserbelastung müssen die bodenhydrologische Gegebenheiten und die versickernde Menge berücksichtigt werden.

3.3.2 Chemische Belastung durch Mischwasser

Hinsichtlich der chemischen Belastung des Mischwassers werden anthropogene Spurenstoffe und Schwermetalle als besonders relevant angesehen und im Folgenden differenziert betrachtet. Vielen dieser Stoffe wird eine humantoxikologische Bedeutung zugeschrieben. Es wird zwischen akuter und (sub-)chronischer Toxizität unterschieden.

Eine akute Toxizität durch Mischwasser ist eher unwahrscheinlich, und nur dann zu besorgen, wenn ein zusätzliches Schadensereignis mit Freisetzung hoher Dosen chemischer Substanzen vorliegt (Risikokommission 2003).

Eine chronische Toxizität kann in Abhängigkeit von Expositionsdauer und -häufigkeit eintreten (Machtolf 2014). Hierbei können insbesondere kanzerogene, neurotoxische und genotoxische Wirkungen auftreten. Viele der humantoxischen Wirkungen sind noch nicht hinreichend bewiesen, werden aber vermutet.

Eine vollständige Aufklärung aller Wirkungsmechanismen und Risiken anthropogener Spurenstoffe ist praktisch nicht möglich (DWA 2010). Für die Bewertung dieser Stoffe wurden in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt Grenzwerte, Leitwerte, (gesundheitliche) Orientierungswerte bzw. Maßnahmenwerte eingeführt, die eine Grundlage für Gesetze und Verordnungen bieten (Dieter 2009).

Für eine Risikobewertung bieten sich diejenigen Verordnungen an, welche die menschliche Gesundheit als Schutzgut definieren. Die Grenzwerte der Allgemeinen Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA), die Güteanforderungen an Fließgewässern in Abhängigkeit vom spezifischen Nutzen formuliert, bieten sich für eine Risikoabschätzung zum geplanten Notüberlauf an. Die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) sieht für die Bodenbelastung durch Altlasten, insbesondere durch Schwermetalle, die Anwendung von Prüf- bzw. Maßnahmenwerten vor, die auf verschiedene Wirkungspfade (Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze, Boden-Grundwasser) und Nutzungsszenarien (z.B. Kinderspielfläche, Gewerbeflächen) anzuwenden sind (vgl. Bund 1999; LANUV 2004). Auch die Grenzwerte der Trinkwasserschutzverordnung (TrinkwV 2001) für Trinkwasser als die höchstwertige Wassernutzung können für eine orientierende Bewertung herangezogen werden.

Am 23.09.2015 wurde unter Starkniederschlagsbedingungen eine Mischwasserprobe aus dem Stauraumkanal Rodenkirchener Straße in Wesseling gewonnen und chemisch untersucht. Die Ergebnisse dieser ersten orientierenden Untersuchung wurden den Anforderungen von AGA und Trinkwasserverordnung gegenüber gestellt (siehe Tabelle 5). Beispielhaft wurden auch die Prüfwerte der BBodSchV für den Expositionspfad Boden-Mensch (insbesondere Nutzung als Kinderspielfläche) zur weiteren Bewertung herangezogen.

Tabelle 5: Ergebnisse der Beprobung des Mischwassers aus dem Stauraumkanal (Rodenkirchener Str.) mit Gegenüberstellung zu Grenzwerten von TrinkwV, AGA und BBodSchV. Messwerte oberhalb der Grenz- bzw. Prüfwerte in fett

Parameter	Mischwasserprobe Wesseling	Grenzwert bzw. Prüfwert			
		TrinkwV	AGA	AGA Beregnungswasser	BBodSchV
Einheit		mg/l			mg/kg**
Aluminium	10	0,2*		5	
Ammonium	0,7	0,5*	≤ 1		
Antimon	0,0036	0,005			
Arsen	0,0033	0,01		0,04	25
Blei	0,067	0,01	≤ 0,02	0,05	200
Chrom	0,023	0,05	≤ 0,03	0,1	200
CSB	29		≤ 20		
Eisen	9,8	0,2*	≤ 2	2	
Mangan	0,22	0,05*			
Nickel	0,017	0,02	≤ 0,03	0,1	70
Nitrat	0,65	50	8		
Nitrit	0,09	0,5			
Gesamtphosphat	0,76				
Stickstoff, gesamt	2,4				
TOC	10	*	≤ 7		
Uran	0,00039	0,1			
Vanadium	0,019				
Zink	0,450		≤ 0,3	2	

* Indikatorparameter gem. § 7 TrinkwV, die nicht gesundheitlich begründet sind ** Trockenmasse Boden

Die Ergebnisse aus der einmaligen orientierenden Beprobung zeigen, dass die chemische Qualität des Mischwassers mit Ausnahme des Wertes für Blei den gesundheitlich begründeten Grenzwerten der TrinkwV 2001 genügt. Der Grenzwert der BBodSchV für Blei, der Akkumulationsprozesse reflektiert, wird, auch unter Berücksichtigung der abweichenden Bezugsgröße, sehr deutlich (< 1:1000) unterschritten. Eine entsprechende Akkumulation ist vor

dem Hintergrund der erwarteten Beaufschlagungs-Frequenz auch langfristig nicht zu besorgen.

Die Überschreitungen der Grenzwerte für die Indikatorparameter Aluminium, Ammonium, Eisen und Mangan gem. Anlage 3 TrinkwV sind für die gesundheitliche Risikobewertung nicht relevant.

Es ist nicht überraschend, dass die für die Abwasser-Charakterisierung spezifischen Summenparameter CSB und TOC den Allgemeinen Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA) nicht genügen. Allerdings sind die Überschreitungen mäßig, und eine gesundheitliche Relevanz ist für diese Parameter nicht unmittelbar gegeben. Der Chemische Sauerstoffbedarf CSB ist ein Maß für die Konzentration chemisch oxidierbarer Stoffe im Wasser; der gesamte organische Kohlenstoff oder TOC-Wert (total organic carbon) gibt die Summe des gesamten organischen Kohlenstoffs. Er ist das Maß für die organische Verunreinigung der Probe.

4 Bewertung der Erkenntnisse hinsichtlich der Machbarkeit des geplanten abwassertechnischen Vorhabens

Auf Grundlage der Literaturrecherche konnte ein Überblick über den Kenntnisstand hinsichtlich der möglichen gesundheitlichen Risiken eines entsprechenden Vorhabens gewonnen werden. Es sind sowohl mikrobielle als auch chemische gesundheitliche Risiken durch direkten und indirekten Mischwasserkontakt zu berücksichtigen.

Es wurde eine Aufteilung in die drei möglichen Expositionspfade direkter Kontakt mit dem Mischwasser, Kontakt mit dem durch das Mischwasser belasteten Boden und Kontamination des Grundwassers durch versickerndes Mischwasser mit jeweils unabhängigen Risikobewertungen vorgenommen. Für die Risikoabschätzung hinsichtlich chemischer Belastungen können normative Grundlagen herangezogen werden (BBoSchV; AGA). Hinsichtlich der mikrobiellen Belastung von Abwasser gibt es keine normativen Vorgaben. Die diesbezüglichen Risiken müssen deshalb unter Berücksichtigung bekannter bzw. ermittelbarer Parameter (Konzentration im Mischwasser, Aufnahmemenge bei verschiedenen Szenarien, Infektionsdosis, Erkrankungswahrscheinlichkeit) für den Einzelfall modelliert und bewertet werden.

Eine differenzierte, ortsspezifische **Bewertung des mikrobiellen Risikos** ist nach jetzigem Kenntnisstand für die Expositionspfade direkter Wasserkontakt und Bodenkontakt möglich, wenn die mikrobielle Zusammensetzung des Mischwassers sowie die Bodeneigenschaften bekannt sind. Es werden hierfür noch weitere Proben sowohl des Mischwassers als auch des Bodens benötigt, um ein Risiko zu modellieren (QMRA) und zu bewerten. Sinnvoll ist die Bestimmung mikrobiologischer Referenzwerte für den Boden vor einer ersten Überflutung mit Mischwasser, um den Ausgangszustand zu erfassen.

Es ist davon auszugehen, dass sich der mit Mischwasser beaufschlagte Boden so regenerieren wird, dass der mikrobielle Ausgangszustand wieder erreicht wird. Zur Abschätzung der hierfür erforderlichen Regenerationszeit wäre ein kleinmaßstäbiger Feldversuch, bei welchem eine wasserdicht abgegrenzte Fläche von etwa 2 x 2 m Größe experimentell mit Mischwasser beaufschlagt wird, zu empfehlen, da Erfahrungswerte von vergleichbarer Situationen bislang nicht vorliegen bzw. nicht publiziert sind.

Hinsichtlich möglicher **Risiken durch chemische Substanzen** steht die chronische Toxizität von Schwermetallen im Vordergrund. Wegen der insgesamt recht niedrigen Konzentrationen der gefundenen Substanzen können gesundheitliche Risiken durch eine akute Toxizität weitestgehend ausgeschlossen werden.

Industrielle Spezialchemikalien sind im Mischwasser nicht zu erwarten, da die regionale Großindustrie über eigene Systeme der Abwasserbehandlung verfügt und nicht in Verbindung zum städtischen Abwassernetz steht. Es kann mithin von einem klassischen kommunalen Siedlungsabwasser mit geringfügigen Anteilen aus Kleingewerbe ausgegangen werden.

Leichtflüchtige halogenorganische Verbindungen werden wegen ihrer raschen Ausgasung aus oberflächlichen Wasserkörpern keine gesundheitliche Relevanz haben.

Bezüglich PBSM ist bei kleinen Mengen aufgenommenen Mischwassers und seltener Aufnahme weder mit einer akuten noch mit einer chronischen toxischen Relevanz zu rechnen.¹

Aufgrund der in der ersten orientierenden Mischwasser-Untersuchung gefundenen, insgesamt recht niedrigen Konzentrationen sowie unter der Annahme, dass der überflutete Zustand nicht von längerer Dauer sein wird (maximal wenige Tage) und die Frequenz der Überflutungsereignisse niedrig sein wird (nach Mitteilung des Auftraggebers in mehrjährigem Abstand), ist keine gesundheitlich relevante Akkumulation von Schwermetallen im Boden zu erwarten. Die erwähnten, dem Gesundheitsschutz dienenden gesetzlichen Bestimmungen (AGA, BBodSchV) können auf das Mischwasser-Überflutungsszenario übertragen und mit ihren Grenzwerten für die Risikobewertung herangezogen werden.

Hygienisch-medizinisches Fazit: Aus hygienisch-gesundheitlicher Perspektive ist die Machbarkeit des geplanten abwassertechnischen Vorhabens gegeben. Insofern wird die weitergehende Konkretisierung sowohl der Planung als auch der Risikobewertung sowie der erforderlichen Präventivmaßnahmen als sinnvoll erachtet und empfohlen.

¹ Der Grenzwert von 0,0001 mg/l für PBSM-Einzelsubstanzen in der TrinkwasserV ist nicht gesundheitlich begründet, sondern basiert auf dem Minimierungsgebot für Fremdstoffe im Trinkwasser.

5 Empfehlungen für den Realisierungsprozess des geplanten abwassertechnischen Vorhabens

5.1 Mikrobielle Belastung durch Mischwasser

Die Empfehlungen sind den verschiedenen Expositionspfaden zugeordnet. Eine Zusammenfassung der Bewertung bzgl. der mikrobiellen Belastung ist in Tabelle 6 dargestellt.

Die genaue Zusammensetzung des Mischwassers kann erheblich variieren, da durch lokale Epidemien z.B. die Belastung durch Viren (Rotavirus, Norovirus) zeitweilig stark erhöht sein kann (Schönning et al. 2007; Osuolale und Okoh 2015). Dementsprechend ist aus hygienisch-medizinischer Sicht jeweils eine differenzierte ereignisbezogene Beprobung des Bodens und des Mischwassers auf allgemeine Koloniezahlen, Fäkalindikatoren (E. coli, intestinale Enterokken), Campylobacter, Pseudomonaden, Salmonellen, Cryptosporidien und Giardien zu fordern. Da infektiöse Viren im Wasser eher schwer zu bestimmen sind, können als Surrogat-Indikator hierfür Coliphagen bestimmt werden (Selinka et al. 2011). Aufgrund aktuell geführter Diskussionen kann eine Beprobung auf Hepatitis A-Viren ebenfalls als sinnvoll angesehen werden (Osuolale und Okoh 2015).

Tabelle 6: Übersicht zur Risikoabschätzung, Schlussfolgerung und Empfehlungen bzgl. mikrobieller Belastungen

	Direkter Wasserkontakt	Bodenkontakt	Grundwasser
Belastung (Konzentration=Immission)	Messwerte	Messwerte; Verhältnis Mischwasser/Boden ca. 1:10	nicht auszuschließen, aber rasche Regeneration
Relevanter Expositions- und Aufnahmeweg	Oral; Inhalativ (eher zu vernachlässigen)	Oral, dermal, inhalativ (eher zu vernachlässigen)	oral
Aufnahmemenge bei verschiedenen Szenarien	Bis zu 10 ml/Ereignis	bis zu 0,5 g/Tag (spielende Kinder)	Nur bei Trinkwassergewinnung im Unterstrom relevant
Abschätzung der Erkrankungsrisiken (Akut/chronisch)	Bis 28% (Erwachsene) Bis 89% (Kinder)	Bis 1%/Jahr (Erwachsene) Kinder: höher!	-
Maßnahmen zur Reduktion des Erkrankungsrisikos	Vermeidung des direkten Kontaktes	Sperrung der Fläche Mähen, Reinigung Bodenproben hyg.-med. Bewertung	Versickerung durch Versiegelung des Haupteinstaubereichs reduzieren
Empfehlungen für das Projekt	Absperrung der Fläche im Überflutungsfall	Monitoring nach jedem Einstauereignis	

5.1.1 Direkter Kontakt mit Mischwasser

Die mikrobielle Fracht von Mischwasser, insbesondere mit pathogenen fäkalen Mikroorganismen, muss als sehr hoch angenommen werden. Eine genauere Abschätzung sollte auf der Grundlage mehrerer hygienisch-mikrobiologischer Untersuchungen erfolgen.

Die Erkrankungswahrscheinlichkeit für eine Durchfallerkrankung nach intensivem Wasserkontakt, wie er etwa bei spielenden Kindern im Wasser angenommen wird, ist von Man et al. (2013) mit bis zu 85 %/Ereignis berechnet worden. Aber auch bei weniger intensivem Kontakt mit dem Wasser, wie z.B. Spaziergehen am Wasser, konnten relevante Erkrankungswahrscheinlichkeiten ermittelt werden (siehe Tabelle 2). Es ist vor diesem Hintergrund aus hygienisch-medizinischer Sicht nachdrücklich zu fordern, bei der weiteren Entwicklung des Projekts einen direkten Kontakt der Öffentlichkeit mit dem eingestauten Mischwasser konsequent auszuschließen. Dies gilt auch für einen indirekten Kontakt, der z.B. durch herum-spritzendes Wasser durch Hunde verursacht werden kann. Der temporär überflutete Bereich sollte daher während der gesamten Überflutungszeit für die Öffentlichkeit mit entsprechendem Sicherheitsabstand gesperrt sein. Ebenso sollte das Zutrittsbefugte Personal über die Risiken aufgeklärt sein, da auch während notwendiger Arbeiten im Einstaubereich (z.B. Reinigungsarbeiten) ein ungeplanter Kontakt mit dem Wasser erfolgen und zu einer ungewollten Wasseraufnahme führen kann (vgl. Schets et al. 2008).

5.1.2 Kontakt mit belasteten Boden

Eine Abschätzung des Risikos durch Bodenkontakt kann auf Grundlage des Literatur-Reviews primär nicht abgeleitet werden, da bis jetzt keine Studien bekannt sind, die eine entsprechende Bewertung vorgenommen haben. Auch ist kein akzeptiertes mikrobielles Risiko aus der BBodSchV abzuleiten. Wie in Kap. 3.3.1.2 erläutert, kann jedoch eine situationspezifische QMRA bezüglich relevanter infektiöser Erkrankungswahrscheinlichkeiten durchgeführt werden. Auch die Modellierung des zeitlichen Verlaufs (Rückgangs) von Erkrankungswahrscheinlichkeiten nach einem Einstau-Ereignis ist grundsätzlich möglich, um den Wieder-Freigabezeitpunkt der mit Mischwasser beaufschlagten Flächen abschätzen zu können. Von einer spontanen mikrobiologischen Regeneration des Bodens ist auf Grund der natürlichen Abbaumechanismen von Mikroorganismen im Boden auszugehen. Eine zusätzliche Behandlung des Bodens, etwa durch Umpflügen, Mähen mit Abtransport des Mähguts oder durch Reinigung der befestigten Flächen mit Frischwasser nach einem Einstau-Ereignis kann diesen Vorgang beschleunigen (Schoening et al. 2007; WHO 2006). Da es keine Referenzwerte für mikrobielle Risiken durch Bodenkontakt gibt, ist eine Vorab-Bestimmung der mikrobiellen Beschaffenheit des Bodens zu empfehlen, um nach einem Entlastungsereignis den unbeanspruchten Zustand wieder anstreben zu können.

5.1.3 Belastungspfad Grundwasser

Das Grundwasser kann durch temporäre Flutung der Wiese mit Mischwasser und anschließende Versickerung mikrobiell belastet werden. Eine genauere Untersuchung der das Grundwasser überdeckenden bzw. schützenden Schichten sollte vorgenommen werden, da aus der Literatur unterschiedliche Bewertungen einer möglichen Grundwasserbelastung in Abhängigkeit zur Grundwasserleiter (Poren/Karst) abgeleitet werden können. Eine Vermeidung bzw. Reduzierung der Versickerung sollte angestrebt werden, um eine Grundwasserbelastung von vornherein zu verhindern.

Hierzu sollte neben dem betonierten Einlaufbereich, der auch für die Funktion eines Tos- und Absetzbeckens konzipiert sein sollte, die zuerst mit Mischwasser zu überstauende Fläche, die sowohl am häufigsten als auch jeweils am längsten überstaut wird, befestigt gestaltet werden, um Versickerung zu verhindern und das Abpumpen des Mischwassers zurück in den Stauraumkanal sowie die anschließende Reinigung zu erleichtern.

5.2 Chemische Belastung durch Mischwasser

Die Empfehlungen gliedern sich nach den verschiedenen Expositionspfaden. Eine Zusammenfassung der Bewertung bzgl. der chemischen Belastung ist in Tabelle 7 dargestellt.

5.2.1 Direkter Wasserkontakt

Eine akute Toxizität durch Schwermetalle und andere chemische Substanzen ist vor dem Hintergrund der Konzentrationen, die bei der orientierenden Untersuchung gefunden wurden, sehr unwahrscheinlich.

Dennoch sollte zur empirischen Absicherung die chemische Belastung des Mischwassers mit gesundheitsrelevanten Substanzen einschließlich der möglichen saisonalen und witterungsbedingten Variabilität durch mehrere weitere Untersuchungen im Rahmen der Projektentwicklung bestimmt werden. Außerdem sollte eine chemische Analyse zukünftig bei jedem Einstau-Ereignis durchgeführt werden.

Die Belastung des Wassers mit chemischen Substanzen ist noch nicht hinreichend bekannt. Die orientierende Untersuchung zeigte lediglich hinsichtlich des gesundheitsrelevanten Parameters Blei einen erhöhten Messwert.

Tabelle 7: Übersicht zur Risikobewertung, Schlussfolgerungen und Empfehlungen bzgl. chemischer Belastungen

	Direkter Wasserkontakt	Bodenkontakt	Grundwasser
Abschätzung der Belastung (Konzentration=Immission)	Messwerte	Messwerte	(Messwerte)
Relevanter Expositions- und Aufnahmeweg	Oral; inhalativ (eher zu vernachlässigen)	Oral, dermal, inhalativ	Oral
Abschätzung der Erkrankungsrisiken	Modellierung der möglichen Aufnahme gesundheitsrelevanter Substanzen / akute Exposition	In Analogie zu BBodSchV / akute Exposition	Modellierung der möglichen Aufnahme gesundheitsrelevanter Substanzen / chronische Exposition (nur bei Trinkwassergewinnung im Unterstrom)
Mögliche Maßnahmen zur Reduktion des Erkrankungsrisikos	Vermeidung des direkten Kontaktes	Sperrung der Fläche, Messungen, Wiederherstellung des Ausgangszustandes Einhaltung von Grenzwerten gem. AGA und BBodSchV	Versickerung durch Versiegelung des Haupteinstaubereichs reduzieren
Empfehlungen für das Projekt	Absperrung der Fläche im Überflutungsfall	Erfassung des Ist-Zustandes (Bodenproben) Erfassung der Belastung im Feldversuch Erfassung der Belastung nach Einstauerignis Freigabe nach hyg.-med. Risikobewertung	Klärung der wasserwirtschaftlichen Nutzung im Unterstrom

Ein direkter Kontakt mit dem Wasser ist zu vermeiden, da ansonsten eine akzidentielle orale, dermale und auch inhalative Wasseraufnahme nicht ausgeschlossen werden kann. Der temporär überflutete Bereich sollte daher während der gesamten Überflutungszeit für die Öffentlichkeit mit entsprechendem Sicherheitsabstand gesperrt sein. Ebenso sollte das Zutrittsbefugte Personal über die Risiken aufgeklärt sein, da auch während notwendiger Arbeiten im Einstaubereich (z.B. Reinigungsarbeiten) ein ungeplanter Kontakt mit dem Wasser erfolgen und zu einer ungewollten Wasseraufnahme führen kann.

5.2.2 Bodenkontakt

Die Einhaltung der in der AGA Anhang 1 und 2 aufgeführten Grenzwerte sollte angestrebt werden. Eine orientierende Untersuchung und Bewertung gem. Bodenschutzverordnung § 3 Abs. 3 (inklusive Bodenkundlicher Kartierung) sollte vorgenommen werden und eine orientierende Beprobung zur Erfassung von Ausgangswerten vor dem ersten Einstau-Ereignis durchgeführt werden, um einen Ausgangszustand zu definieren, auch wenn der Tatbestand eines „Eintrag[es] von Schadstoffen über einen *längeren* Zeitraum und in *erheblicher* Menge“ gem. § 3 Abs. 1 BBodSchV als nicht gegeben angesehen werden kann.

5.2.3 Belastungspfad Grundwasser

Eine mögliche chemische Belastung des Grundwassers durch Versickerung von Mischwasser ist nicht auszuschließen. Hinsichtlich der gesundheitlichen Relevanz einer derartigen Kontamination ist zu klären, inwiefern das Grundwasser im Unterstrom als Ressource zur Trinkwassergewinnung genutzt wird. Für eine Risikobewertung sind neben der Ausgangskonzentration der relevanten Substanzen im Mischwasser der Flurabstand des Grundwassers, die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers (Abstandsgeschwindigkeit) sowie der Abstand zu einer möglichen Entnahmestelle von Bedeutung. Die Schwellenwerte gem. Anlage 2 der Grundwasserverordnung sind hierbei relevant.

6 Zusammenfassung

Die Entsorgungsbetriebe Wesseling haben eine Betrachtung für die zukünftige Vermeidung von Überschwemmungen durchgeführt, aus der sich ergeben hat, dass die „Thelens Wiese“ im Bereich zwischen Wiesenweg und Rodenkirchener Straße bei außergewöhnlichen Starkregenereignissen eine Möglichkeit bieten würde, um Mischwasser über einen Notüberlauf zu speichern und damit Überschwemmungsereignisse im Stadtgebiet zu vermeiden. Die Freifläche hat aber auch eine substantielle Bedeutung für die städtebauliche Entwicklung in diesem Bereich. Vor diesem Hintergrund besteht ein erhebliches Interesse daran, die Fläche nicht exklusiv als offenen Mischwasserrückhaltebereich zu nutzen, sondern zusätzlich das Potential als attraktives Gelände für Freizeitnutzung zu erhalten und zu entwickeln.

Eine derartige Nutzungskombination ist innovativ. Zur Prüfung und Bewertung gesundheitlicher Belange wurde deshalb das Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn (IHPH) als Gutachter einbezogen. Die hygienisch-medizinische Bewertung des Vorhabens erfolgte auf der Grundlage einer umfassenden Literaturstudie sowie einer ersten orientierenden Mischwasseruntersuchung. Es wurden sowohl potenzielle chemische als auch mikrobielle Belastungen über drei unterschiedliche Belastungspfade betrachtet. Die relevanten Ergebnisse sind in Abbildung 1 zusammengefasst.

Gesundheitliche Relevanz	Direkter Kontakt mit Mischwasser	Bodenkontakt nach Mischwasserbeaufschlagung	Grundwasser (Trinkwassergewinnung)
Chemische Substanzen	+/- (Blei)	+/- (Blei)	(+)
Pathogene Mikroorganismen	+++	++	-

Abb. 1: Qualitative Zusammenfassung der Kenntnisse zu

Als Präventivmaßnahmen zum Gesundheitsschutz wird gefordert, dass

1. während eines Einstau-Ereignisses der direkte Kontakt der Bevölkerung mit Mischwasser durch geeignete Absperrmaßnahmen konsequent vermieden wird;
2. bis zur Wiedereröffnung der Fläche für die Öffentlichkeit eine Wartezeit eingehalten wird, um sicherzustellen, dass die Konzentration pathogener Mikroorganismen auf der Bodenoberfläche wieder als unkritisch angesehen werden kann;

3. der jeweils zuerst überstaute Bereich befestigt wird, um dort die Versickerung in den Boden und ins Grundwasser zu minimieren und eine Rückführung des Mischwassers in den Kanal sowie anschließende Reinigung der Flächen zu erleichtern.

Zur weiteren Vorbereitung des Projekts sollten noch mehrere hygienisch-medizinische Untersuchungen (mikrobiologisch und chemisch) von Mischwasser aus dem betroffenen Kanalsystem durchgeführt werden. Außerdem sollten hygienisch-medizinische Bodenuntersuchungen durchgeführt werden und die hydrogeologischen Gegebenheiten sowie die Nutzung des Grundwassers im Unterstrom geklärt werden. Empfohlen werden weiterhin Beaufschlagungsversuche einer Bodenfläche mit Mischwasser im technischen Maßstab, um die Kontamination des Bodens durch das aufgestaute Mischwasser sowie die mikrobielle Abbaudynamik bestimmen zu können. Die weitere hygienisch-medizinische Begleitung des Vorhabens einschließlich einer gutachterlichen Stellungnahme für die konkrete Situation und den Betrieb wird empfohlen.

Hygienisch-medizinisches Fazit: Aus hygienisch-gesundheitlicher Perspektive ist die Machbarkeit des geplanten abwassertechnischen Vorhabens gegeben. Insofern wird die weitergehende Konkretisierung sowohl der Planung als auch der Risikobewertung sowie der erforderlichen Präventivmaßnahmen als sinnvoll erachtet und empfohlen.

Köln und Bonn, den 26. Februar 2016



Prof. Dr. Thomas Kistemann
Projektleitung

Dipl.-Geogr. Christian Timm
Projektbearbeitung

7 Quellenverzeichnis

7.1 Literatur

- Bergmann, A., Fohrmann, R., Kistemann, T.; Stalleicken, I. (2003). Hygienische Bewertung: Belastetes Grundwasser durch belastetes Oberflächenwasser. *Bbr*, 54(10), 36-45.
- Böhm, E., Hillenbrand, T., Marscheider-Weidemann, F., Schempp, C., Fuchs, S., & Scherer, U. (2001). Bilanzierung des Eintrags prioritärer Schwermetalle in Gewässer. *Forschungsvorhaben*, 298(22), 243.
- Dieter, H. H. (2009): Grenzwerte, Leitwerte, Orientierungswerte, Massnahmenwerte: Definitionen und Festlegung mit Beispielen aus dem UBA. In: Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 52 (12), S. 1202–1206.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2010): DWA-Position, „Anthropogene Spurenstoffe im Gewässer“
- Dorevitch, S.; Panthi, S.; Huang, Y.; Li, H.; Michalek, A. M.; Pratap, P. Wroblewski, M.; Liu, L.; Scheff, P. A.; Li, A. (2011): Water ingestion during water recreation. In: *Water Research* 45 (5), S. 2020–2028.
- Dufour, A.P.; Evans, O.; Behymer, T. D.; Cantu, R. (2006): Water ingestion during swimming activities in a pool: a pilot study. In: *Journal of Water and Health* 4 (4), S. 425–430.
- Gertler, M.; Dürr, M.; Renner, P.; Poppert, S.; Askar, M.; Breidenbach, J. ; Frank, C.; Preußel, K.; Schielke, A.; Werber, D.; Chalmers, R.; Robinson, G.; Feuerpfeil, I.; Tannich, E.; Gröger, C.; Stark, K.; Wilking, H.(2015): Outbreak of *Cryptosporidium hominis* following river flooding in the city of Halle (Saale), Germany, August 2013. In: *BMC infectious diseases* 15, S. 88.
- Götz., K.; Keil, F. (2007): Medikamentenentsorgung in privaten Haushalten: Ein Faktor bei der Gewässerbelastung mit Arzneistoffen?- *UWSF – Z Umwelchem Ökotox*, 19n(3): 180 – 188
- Haas, C. N.; Rose, J. B.; Gerba, C.P. (1999): Quantitative microbial risk assessment. New York: Wiley.
- Heinz, B.; Birk, S.; Liedl, R.; Geyer, T.; Straub, K. L.; Andresen, J. et al. (2009): Water quality deterioration at a karst spring (Gallusquelle, Germany) due to combined sewer overflow: evidence of bacterial and micro-pollutant contamination. In: *Environ Geol* 57 (4), S. 797–808.
- Kistemann, T (1993) Leichtflüchtige halogenorganische Verbindungen im Grundwasser der rechtsrheinischen Niederterrasse zwischen der Sieg und Köln-Porz. Bonn.
- Kistemann, T., Clasen, T., Koch, C., Dangendorf, F., Fisheder, R., Gebel, J., Vacata, V. und Exner, M. (2002) Microbial Load of Drinking Water Reservoir Tributaries during Extreme Rainfall and Run-off. *App Environ Microbiol*, 68(5): S. 2188-2197
- Kistemann, T., Christoffels, E., Koch, C., Claßen, T., Rechenburg, A., Exner, M. (2004): Untersuchung der mikrobiellen Fließgewässerbelastung durch Regenentlastungen am Beispiel der Mischwasserkanalisation am Beispiel der Swist („Swist II“). Abschlussbericht, MUNLV NRW.
- Kistemann T., Koch C., Claßen T., Rechenburg A., Kramer F., Herbst S., Franke C., Rind E., Höser C., Exner M. (2009): Mikrobielle Fließgewässerbelastungen durch abwassertechnische Anlagen und

diffuse Einträge. Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (Hrsg.), Düsseldorf.

Landesumweltamt NRW (1999) Gewässergütebericht NRW `97.

Machtolf, M. (2014): Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit. Für eine wirksame Gesundheitsfolgenabschätzung in Planungsprozessen und Zulassungsverfahren. 1. Aufl. Hamm: UVP-Gesellschaft.

Macler, B.A.; Merkle, J.C. (2000) Current knowledge om groundwater microbial pathogens and their control. In: Hydrogeology Journal 8, S. 29-40.

Man, H. de; van den Berg, H. H. J. L.; Leenen, E. J. T. M.; Schijven, J. F.; Schets, F. M.; van der Vliet, J. C. et al. (2014): Quantitative assessment of infection risk from exposure to waterborne pathogens in urban floodwater. In: Water Research 48, S. 90–99.

Osuolale, O.; Okoh, A. (2015): Incidence of human adenoviruses and Hepatitis A virus in the final effluent of selected wastewater treatment plants in Eastern Cape Province, South Africa. In: Virology journal 12, S. 98.

Passerat, J.; Ouattara, N. K.; Mouchel, J-M.; Rocher, V.; Servais, P. (2011): Impact of an intense combined sewer overflow event on the microbiological water quality of the Seine River. In: Water Research 45 (2), S. 893–903.

Pedley, S.; Yates, M.; West, J.; Barrett, M.; Howard, G. (2002) Pathogens: Health relevance, transport and attenuation. In: DSchmoll, O.; Howard, G.; Chilton, J.; Chorus, I. (Hrsg.): Protecting groundwater for health: Managing the quality of drinking-water sources. WHO Monograph, Genf.

Risikokommission (2003); ad hoc-Kommission "Neuordnung der Verfahren und Strukturen zur Risikobewertung und Standardsetzung im gesundheitlichen Umweltschutz der Bundesrepublik Deutschland", Abschlussbericht der Risikokommission

Sales-Ortells, H.; Medema, G. (2014): Screening-level microbial risk assessment of urban water locations: a tool for prioritization. In: Environmental science & technology 48 (16), S. 9780–9789.

Sales-Ortells, H.; Medema, G. (2015): Microbial health risks associated with exposure to stormwater in a water plaza. In: Water Research 74, S. 34–46.

Schets, F. M.; van Wijnen, J H; Schijven, J. F.; Schoon, H.; de Roda Husman, A M (2008): Monitoring of waterborne pathogens in surface waters in amsterdam, the Netherlands, and the potential health risk associated with exposure to cryptosporidium and giardia in these waters. In: Applied and environmental microbiology 74 (7), S. 2069–2078.

Schönning, C.; Westrell, Therese; Stenström, T. A.; Arnbjerg-Nielsen, K.; Hasling, A . B.; Højbye, L.; Carlsen, A. (2007): Microbial risk assessment of local handling and use of human faeces. In: Journal of Water and Health 5 (1), S. 117.

Selinka, H-C; Botzenhart, K.; Feuerpfeil, I.; Puchert, W.; Schmoll, O.; Szewzyk, R.; Willmitzer, H. (2011): Nachweis von Viren im Rohwasser als Grundlage einer Risikoabschätzung. In: Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 54 (4), S. 496–504.

ten Veldhuis, J.A. E.; Clemens, F. H. L. R.; Sterk, G.; Berends, B. R. (2010): Microbial risks associated with exposure to pathogens in contaminated urban flood water. In: Water Research 44 (9), S. 2910–2918.

Türk, J., Dazio, M., Dinkel, F., Ebben, T., Hassani, V., Herbst, H., Hochstrat, R., Matheja, A., Montag, D., Remmler, F., Schaefer, S., Schramm, E., Vogt, M., Werbeck, N., Wermter, P., Wintgens, T. (2013): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Volkswirtschaftlicher Nutzen der Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen zur Elimination von organischen Spurenstoffen, Arzneimitteln, Industriechemikalien, bakteriologisch relevanten Keimen und Viren (TP 9)“, gerichtet an das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV), AZ IV-7-042 600 001I, Vergabenummer 08/0581.

WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. VOLUME II WASTEWATER USE IN AGRICULTURE (2006). Geneva: World Health Organization.

7.2 Rechtliche Grundlagen und Richtlinien

Abwasserabgabengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Januar 2005 (BGBl. I S. 114), das zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 2. September 2014 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist

Abwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I S. 1108, 2625), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 2. September 2014 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist

Allgemeine Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA) Entscheidungshilfe für die Wasserbehörden in wasserrechtlichen Erlaubnisverfahren RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft - IV B 7 1571/11-30707 - v. 14.5.1991

ATV-A115 Einleiten von nicht häuslichem Abwasser in eine öffentliche Abwasseranlage

Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 102 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 102 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 102 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist. BBodSchV, vom 31.08.2015.

Grundwasserverordnung vom 9. November 2010 (BGBl. I S. 1513)

LANUV (2004): Weitere Sachverhaltsermittlung bei Überschreitung von Prüfwerten nach der BBodSchV für die Weitere Sachverhaltsermittlung bei Überschreitung von Prüfwerten nach der BBodSchV für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze. LANUV Arbeitsblatt 22. Hg. v. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Recklinghausen.

Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV 2001)