

Erftverband, Bergheim
und
Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn

Kurzbericht zum Forschungsprojekt

Überprüfung und Bewertung von Maßnahmen zur Reduzierung der chemisch-physikalischen und hygienisch-mikrobiologischen Belastungen von Fließgewässern am Beispiel der Swist (2009-2012)

Im Auftrag vom:



Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen

Bearbeitung:

Dr. agr. Franz Michael Mertens	(Erftverband)
Dr. rer. nat. Christiane Schreiber	(IHPH)
Dipl.-Geogr. Sophie-Bo Heinkel	(IHPH)
Prof. Dr. med. Thomas Kistemann	(IHPH)
Dr. rer. nat. Ekkehard Christoffels	(Erftverband)

unter Mitarbeit von:

Osman Altunay	(Erftverband)
Kristine Arndt, B.Sc. geogr	(IHPH)
Regina Brang-Lamprecht	(IHPH)
Dipl.-Geoökol. Andrea Franziska Brunsch	(Erftverband)
Dipl.-Biol. Uta Gayer	(IHPH)
Dipl. Geogr. Sandra Jivcov	(IHPH)
Dr. rer. nat. Christoph Koch	(IHPH)
Robert Krump	(Erftverband)
Dr. rer. nat. Sebastian Völker	(IHPH)
Dipl.-Ing. Jens Wunderlich-Pfeiffer	(Erftverband)
Nicole Zacharias, B.Sc. biol.	(IHPH)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Material und Methoden	3
2.1	Untersuchungsgebiet	3
2.2	Probenahmestellen und Monitoringsysteme	3
2.3	Probenahme und Analysemethoden.....	4
3	Ergebnisse und Diskussion	5
3.1	Trenkanalsystem	5
3.2	Retentionsbodenfilter	8
3.3	Gewässerrandstreifen	11
3.4	Gebietsauslass.....	11
3.5	Viehtritte	12
3.6	Gesamtemissionsbilanz / Jahresfrachten	12
3.7	WRRL-Hygienemodul.....	14
3.8	Swist-Box	14
4	Ausblick.....	18
5	Literatur	19

1 Einleitung

Im Laufe der letzten Jahrzehnte haben sich einhergehend mit einer verbesserten chemischen Wasserqualität die Ansprüche an Fließgewässer deutlich verändert. Die Flussläufe werden immer mehr als Naherholungsgebiete wahrgenommen und von der Bevölkerung genutzt. Diese Entwicklung hat auch bedeutenden Einfluss auf die Gewässerbewirtschaftung. Während bis Mitte der 1990er Jahre fast ausschließlich die Belastung mit Stickstoff und Phosphor im Fokus von Gewässergüteuntersuchungen stand, ist heute die Bewertung und die Steuerung einer Vielzahl von Mikroschadstoffen eine zentrale Aufgabe der Gewässerbewirtschaftung. Derartige Mikroverunreinigungen umfassen sowohl anthropogene Spurenstoffe, wie Pflanzenschutzmittel und Arzneiwirkstoffe, als auch hygienisch relevante Mikroorganismen, also mit dem Wasser übertragbare Krankheitserreger (MUNLV 2010). In der im Juli 2011 in Kraft getretenen Oberflächengewässerverordnung sind erstmals Richtwerte für anthropogene Spurenstoffe in Fließgewässern genannt. Hygienisch-mikrobiologische Parameter sind in der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) nicht aufgeführt, obwohl hygienerelevante Fragestellungen als Folge des verstärkten Nutzungsdrucks auf die Gewässer immer mehr ins Blickfeld rücken (SCHREIBER und KISTEMANN 2010, SCHREIBER et al. 2011).

In den wenigen kohärent durchgeführten Monitoringprogrammen zur Erfassung der Inhaltsstoffe aus Einträgen in die Fließgewässer wurden Spurenstoffe und Mikroorganismen bislang kaum berücksichtigt. Deshalb wurden im Rahmen von mehreren durch das Land Nordrhein-Westfalen geförderten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (SWIST I 2001, SWIST II 2004, SWIST III 2007), neben anderen Substanzgruppen, Spurenstoffe und mikrobiologische Parameter für viele relevante Eintragspfade in einem Flusseinzugsgebiet untersucht.

Durch die Projekte konnte ein fast lückenloses Emissionsinventar für das komplette Modelleinzugsgebiet der Swist erstellt werden. Ein Ergebnis der Studien ist, dass ein erheblicher Teil der mikrobiellen und chemisch-physikalischen Belastungen von Fließgewässern auf die Einträge aus Mischwassereinleitungen und aus dem Landschaftswasserhaushalt zurückzuführen sind. Einen noch nicht untersuchten Eintragspfad stellt das Trennkanalsystem dar. Gerade in der modernen Stadtplanung ist diese Entwässerungsstrategie oftmals das Mittel der Wahl.

Eine in der Fachwelt diskutierte und in den letzten Jahren vermehrt angewandte Maßnahme zur Reduzierung der hydraulischen und stofflichen Belastungen aus Mischwasserentlastungen ist die Behandlung des Abwassers mit Retentionsbodenfiltern.

Bezüglich der Reinigungseffizienz hinsichtlich Spurenstoffen und Mikroorganismen ist die Datenlage bislang jedoch unzureichend.

Vor dem Hintergrund der offenen Fachfragen beauftragte das Land NRW den Erftverband, Bergheim und das Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn mit dem hier vorgestellten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. Dieses wurde in enger Abstimmung mit der Bezirksregierung Köln und dem Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) von 2009 bis 2012 durchgeführt.

In dem hier vorliegenden Kurzbericht werden die Ergebnisse dieser Arbeiten zusammengefasst. Ziel ist es, einerseits den Daten- und Wissenspool aus den Vorgängerprojekten mit in diesem Projekt gewonnenen Erkenntnissen zu vervollständigen, andererseits sollen mit den Bewertungen von Maßnahmen Behörden und Entscheidungsträgern detaillierte Informationen über die Wirksamkeit unterschiedlicher Strategien zur Reduzierung von Mikroorganismen und Spurenstoffen bereitgestellt werden. Aus allen erfassten Daten und Auswertungen soll es dann möglich sein, die potentiell hygienerelevanten Belastungen des Modellgebiets bzw. die Veränderungen durch einzelne Maßnahmen vorherzusagen.

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet

Das Einzugsgebiet der Swist erstreckt sich über 284,5 km² und liegt im Übergangsbereich der Niederrheinischen Bucht zur Eifel. Im Untersuchungsgebiet lebten im Jahr 2012 etwa 91.700 Menschen. Für rund ein Viertel der Einwohner wird durch getrennte Schmutz- und Niederschlagswasserkanäle (Trennkansystem) nur das Schmutzwasser zu einer der vier Kläranlagen im Einzugsgebiet geleitet. Eine detailliertere Betrachtung des Swisteinzugsgebiets kann den Abschlussberichten (SWIST I 2001, SWIST II 2004, SWIST III 2007, SWIST IV 2012) oder der diesbezüglich vom Umweltministerium NRW herausgegebenen Broschüre (MUNLV 2010) entnommen werden.

2.2 Probenahmestellen und Monitoringsysteme

Das in diesem Projekt untersuchte Trennkansystem entwässert das nordöstliche Stadtgebiet der Stadt Meckenheim bei Bonn. Die abflusswirksame Fläche beträgt 62,8 ha. Das Einzugsgebiet ist größtenteils durch ländliche Wohnbebauung geprägt.

Der untersuchte Retentionsbodenfilter liegt im Ortsteil Altendorf der Stadt Meckenheim. Das angeschlossene Kanalsystem entwässert die Orte Hilberath und Altendorf mit ca. 1.650 angeschlossenen Einwohnern im Mischwassersystem.

Mit der Erfahrung aus den Vorgängerprojekten wurden für die Beprobungen automatische Überwachungs- und Probenahmesysteme entwickelt und installiert. Beispielhaft ist in Abbildung 1 das Probenahmesystem am Trennkanal Meckenheim dargestellt.

Um die Wirksamkeit von Gewässerrandstreifen in Bezug auf den Rückhalt von Stoffeinträgen aus dem Landschaftswasserhaushalt zu überprüfen, wurden zwei Gewässerrandstreifen mit unterschiedlichem Bewuchs (Gras und Gehölz) für das Monitoring ausgewählt. Es wurden je zwei der im Projekt Swist III entwickelten und bewährten In situ-Passivsammler (Racks) (CHRISTOFFELS und WILLKOMM 2008) vor und nach Gewässerrandstreifen eingebaut. Mit diesen Passivsammlern können der Oberflächenwasserabfluss und der Bodenwasserabfluss unter nahezu unbeeinflussten Bedingungen getrennt aufgefangen werden.

Des Weiteren wurden zur Aktualisierung der bestehenden Daten Gewässerproben am Gebietsauslass der Swist genommen.

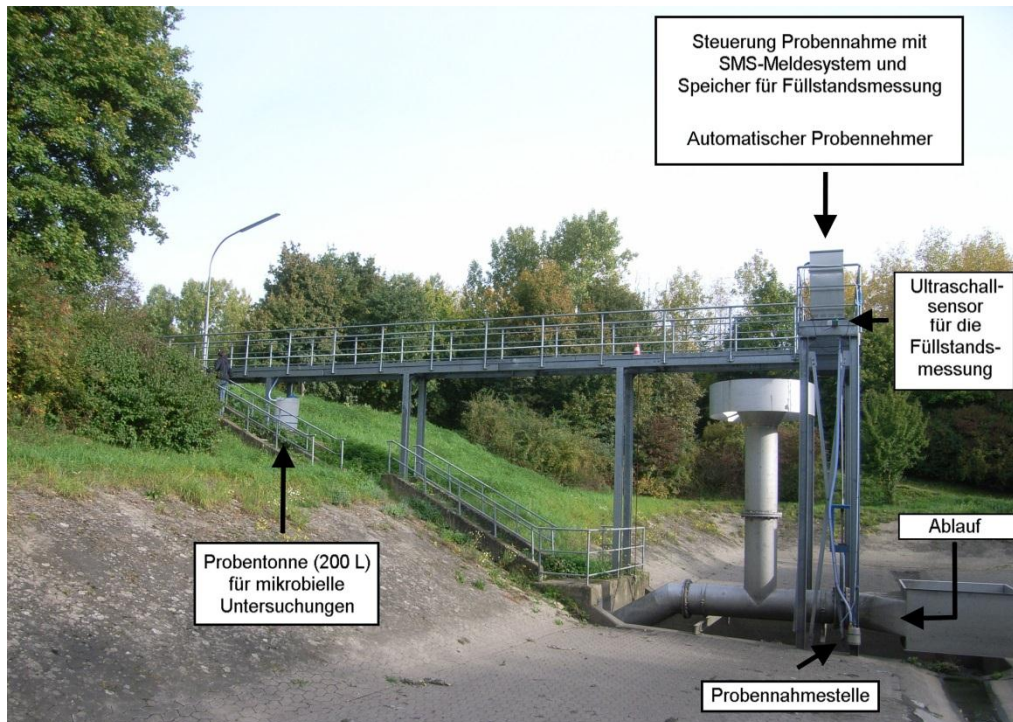


Abbildung 1: Aufbau des Probennahmesystems im Regenrückhaltebecken im Trennsystem Meckenheim.

2.3 Probenahme und Analysemethoden

Die Probenahmen wurden nach Standardarbeitsanweisungen durchgeführt. Die aufgenommenen Vor-Ort-Parameter wurden auf dem Probenahmeprotokoll dokumentiert. Mit der Bearbeitung der mikrobiologischen Proben wurde spätestens 24 Stunden nach der Probenahme begonnen. Die Analytik erfolgt im Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit nach bzw. in enger Anlehnung an genormte Standardverfahren. Die chemisch-physikalischen Parameter und die anthropogenen Spurenstoffe wurden durch das Labor des Ertftverbands analysiert. Dabei wurde nach genormten Analyseverfahren vorgegangen. Um neben dem Jahresmittel auch Aussagen über die Belastungen bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen machen zu können, wurden mithilfe von tagesgenauen Niederschlags- und Pegeldaten verschiedene Wetterszenarien definiert: Trockenwetter, Trockenwetter nach Niederschlag, Regenwetter. Die Berechnung von Belastungsfrachten erfolgte in Anlehnung an das im Projekt Swist III entwickelte Modell zur Berechnung des Gesamtwasserabflusses (SWIST III 2007), erweitert um die Einleitungen aus dem Regenwasserkanal des Trennsystems.

3 Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden wird stellvertretend für die zwölf untersuchten hygienisch-mikrobiologischen Parameter vor allem auf *Escherichia coli* (*E. coli*) als Indikator für Fäkalbakterien und Coliphagen als Indikator für Viren eingegangen. Um die chemisch-physikalische Belastung der untersuchten Proben zu beschreiben, wurde von den 30 bestimmten Parametern eine Auswahl gewässerrelevanter Parametern und Spurenstoffe dargestellt.

3.1 Trennkanalsystem

Um die chemisch-physikalische Belastung bzw. die Belastung mit Spurenstoffen der Einleitungen von Trennkanalisationen zu überprüfen, wurden die Einleitungen des Trennkanalsystem Meckenheim bei 55 Regenereignissen mit hoher zeitlich Auflösung (12 Minuten-Mischproben) beprobt. Insgesamt wurden 367 Einzelproben gewonnen und analysiert. Die medianen Werte lagen alle in der Größenordnung, die man für Abläufe von Trennkanalsystemen erwarten kann (CHRISTOFFELS 2008). Allerdings liegen die Maximalkonzentrationen meist um ein Vielfaches über den medianen Werten (Abbildung 2).

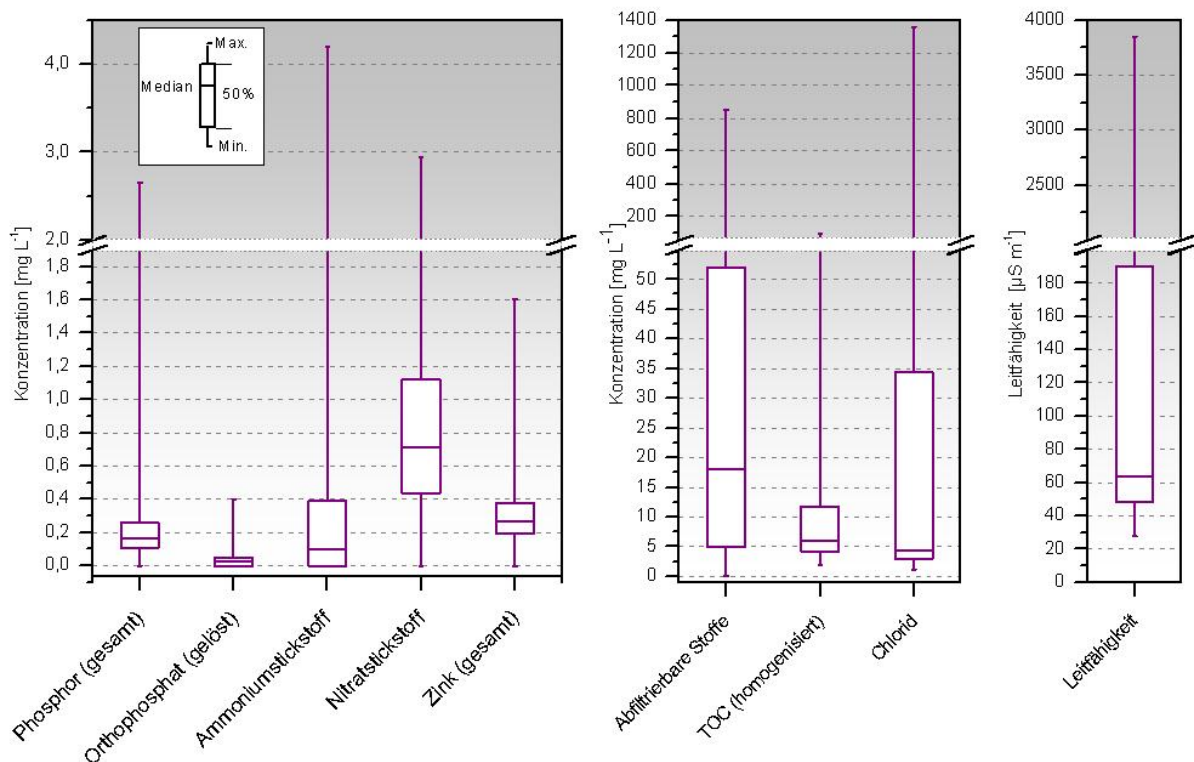


Abbildung 2: Ergebnisse der chemisch-physikalischen Untersuchungen der Niederschlagswassereinleitungen aus dem Trennkanalsystem Meckenheim.

In den Proben aus dem Regenwasserablauf des Trennkanalsystems Meckenheim konnten einige Spurenstoffe regelmäßig nachgewiesen werden (Abbildung 3). Die Maximalkonzentrationen der Pflanzenschutzmittel lagen zwischen 0,31 µg/L (Diacamba) und 5,23 µg/L (MCPA), für die Arzneimittelwirkstoffe bei 1,71 µg/L für Ibuprofen und 0,88 µg/L für Diclofenac. Die Mediane aller gefundenen Spurenstoffe lagen unterhalb der Bestimmungsgrenzen.

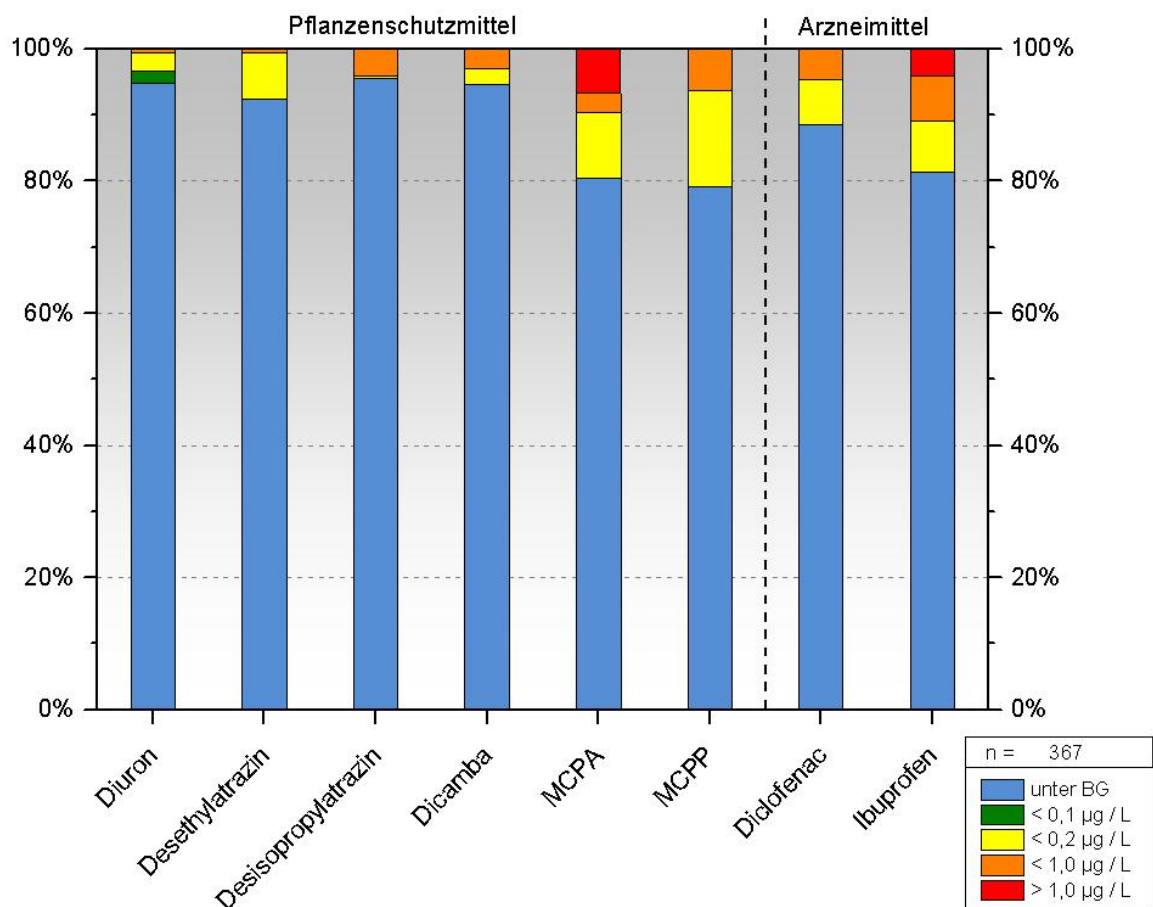


Abbildung 3: Positivbefunde der Untersuchung der Spurenstoffe im Niederschlagswasser am Trennkanalsystem Meckenheim unterteilt in Konzentrationsklassen, BG = Bestimmungsgrenze.

Tabelle 1 zeigt die Auswertung der Daten der hygienisch-mikrobiologischen Untersuchungen am Trennkanalsystem Meckenheim. Korrelationsanalysen zeigten, dass ein Zusammenhang zwischen der Konzentration der einzelnen Parameter nur in Einzelfällen und eher schwach ausgeprägt ist.

Tabelle 1: Konzentrationen mikrobiologischer Parameter in den Niederschlagswassereinleitungen des Trennkanalsystems Meckenheim.

Parameter [Einheit]		Min	Median	Max	n
<i>C. perfringens</i>	[KBE/100 mL]	20	910	8.000	23
<i>Campylobacter</i> spp.	[KBE/100 mL]	0	≥ 1.000	≥ 1.000	23
Coliforme Bakterien	[MPN/100 mL]	15.000	460.000	> 1.100.000	23
<i>E. coli</i>	[Direktansatz]	1.100	37.265	527.300	22
<i>E. coli</i>	[MPN/100 mL]	400	24.000	1.100.000	23
Coliphagen	[PBE/100 mL]	2	1.510	> 20.000	23
Enterokokken	[KBE/100 mL]	20	33.725	1.200.000	23
Koloniezahl 20 °C	[KBE/1 mL]	3.793	106.700	1.956.000	23
Koloniezahl 36 °C	[KBE/1 mL]	782	44.400	1.844.000	23
sulfitred. sporenbild. Anaerobier (Clostridien)	[KBE/100 mL]	50	1.182	27.270	23
<i>Cryptosporidium</i> spp.	[Oozysten/100 L]	< 2,1	< 17,29	< 333	26
<i>Giardia lamblia</i>	[Zysten/100 L]	< 2,1	< 17,29	3.666	26
<i>Salmonella</i> spp.	[KBE/100 mL]	19x negativ in 100 mL; 4x positiv in 100 mL			23

Die hygienisch-mikrobiologischen Analysen ergaben, dass Wasser mit erheblichen mikrobiellen Verunreinigungen eingeleitet wird. Obwohl es sich ausschließlich um von versiegelten Flächen abfließendes Niederschlagswasser handeln sollte, liegen die Konzentrationen mit im Median 24.000 MPN/100 mL *E. coli* nur rund zwei Zehnerpotenzen unter der Belastung des ungereinigten Mischwassers. Die Analysen zeigen, dass die Konzentrationen sowohl der Indikatorbakterien als auch der Krankheitserreger in ihrer Höhe nicht den Grenzwerten der Verordnungen für verschiedene Wassernutzungen, sofern definiert, entsprechen. Auch die physikalisch-chemischen Untersuchungen bestätigen die Belastung des Niederschlagswassers aus Trennkanalsystemen. Die Konzentrationen der Nährstoffe Stickstoff und Phosphor liegen zwar deutlich unterhalb der zulässigen Einleitkonzentration von Mischwasserentlastungen, überschreiten aber die von der Oberflächengewässerverordnung geforderten Mittelwerte für Oberflächenwasser. Die Untersuchungen der Spurenstoffe ergaben, dass das in Gewässer eingeleitete Wasser aus dem Regenwasserkanal im Trennkanalsystem mit Spurenstoffen belastet ist. Dabei wurden sowohl Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln als auch von Arzneimitteln gefunden.

Als Ursache der Kontaminationen des Niederschlagswassers kommen neben Verunreinigungen durch Abschwemmung von Ablagerungen auf den versiegelten Flächen (z. B. Laub, Boden, Hundekot etc.) vor allem Fehlanlüsse der Kanalisation in Betracht. Damit lassen sich insbesondere die mikrobiellen Belastungen sowie die Verunreinigungen mit Arzneimitteln erklären. Die Belastung des Wassers des Regenwasserkanals mit Pflanzenschutzmitteln stammt sehr wahrscheinlich von Hofabläufen landwirtschaftlicher Betriebe oder resultiert aus (unsachgemäßer) privater Anwendung der Pflanzenschutzmittel auf befestigten, abflusswirksamen Flächen.

Es wird gerade bei weiterem Ausbau dieser Form des Kanalisationstyps Handlungsbedarf in Form von einer weiterführenden Reinigung gesehen. Als Strategie zur Dämpfung von Gewässerbelastungen im Fließgewässer sind Trennkanalisationen ggf. mit einem nachgeschalteten Reinigungsverfahren (Retentionsbodenfilter) auszurüsten.

3.2 Retentionsbodenfilter

Bei der Untersuchung des Retentionsbodenfilters wurde sowohl der Zulauf als auch der Ablauf des Retentionsbodenfilters beprobt. Insgesamt wurden bei 35 Beschickungen des RBF Proben genommen.

Die Konzentrationen der chemisch-physikalischen Parameter des Zulaufs lagen in den Größenordnungen, die für Mischwasserentlastungen zu erwarten sind (CHRISTOFFELS 2008, SWIST II 2004). Im Ablauf waren die Konzentrationen der meisten Parameter reduziert. Bei den abfiltrierbaren Stoffen konnte eine Reduktion um 98 % festgestellt werden. Dies ist vor allem auf die mechanische Filterung beim Durchströmen der Sandschicht zurückzuführen (UHL et al. 2008). Mit den abfiltrierbaren Stoffen werden auch feststoffgebundene Schadstoffe zurückgehalten. Die Reinigungsleistung bei Phosphor beträgt 72 %. Dies liegt in etwa in der Größenordnung anderer Untersuchungen (HMULRV 2008). Die eher mäßige Reduktion von gelöstem Ortho-Phosphat um nur 25 % zeigt, dass offensichtlich vor allem die gelösten Phosphoranteile nicht zurückgehalten werden konnten. Der toxische Ammoniumstickstoff wurde bei den Untersuchungen im Vergleich der Mediankonzentrationen zu 100 % zurückgehalten. Die Reinigung basiert auf der Denitrifikation des Ammoniums zu Nitrat während Trockenphasen des Filters (MUNLV 2003). Metalle können von Retentionsbodenfiltern sehr gut zurückgehalten werden. Dies bestätigen auch die zusammengefassten Erfahrungsberichte des Retentionsbodenfilterhandbuchs des Landes NRW (MUNLV 2003). Sowohl bei der Leitfähigkeit als auch bei der medianen Konzentration von Chlorid wurde bei den Untersuchungen des Retentionsbodenfilters Altendorf eine Erhöhung der Werte im Ablauf festgestellt. Dies ist wahrscheinlich durch die Auswaschungen von Salzen aus dem Filtermaterial zu erklären (UHL et al. 2008).

Bei der Untersuchung der Spurenstoffe wurden Pflanzenschutzmittel und Arzneimittel sowohl im Zulauf als auch im Ablauf nachgewiesen (Abbildung 4). Bei fast allen Spurenstoffen ist eine deutliche Abnahme der Befunde zu beobachten. Konzentrationen über 1 µg/L konnten im Ablauf nur noch für MCPA (23 %), Ibuprofen (2 %) und Dichlorprop (0,5 %) nachgewiesen werden. Die meisten Spurenstoffe treten sporadisch und in sehr geringen Konzentrationen auf. Allerdings können selbst kleinste Konzentrationen von Spurenstoffen schon schädliche Wirkungen auf Umwelt und Gewässernutzer haben, wenn sie chronisch auftreten. Bei den meisten untersuchten Stoffen ist ein deutlicher Rückgang der Konzentrationen zu erkennen. Die große Schwankungsbreite (von 28 bis 96 %) zeigt aber, dass der Rückhalt der einzelnen Stoffe maßgeblich von den Stoffeigenschaften abhängt. Bei Isoproturon ist eine leichte Zunahme, bei Carbamazepin sogar eine Vervielfachung der Positivbefunde zu erkennen. Allerdings nehmen die Durchschnittskonzentrationen der Positivbefunde bei Carbamazepin um 44 %, bei Isoproturon um 64 % ab. Bei Isoproturon gleicht die Abnahme der Konzentrationen die höhere Anzahl der Befunde wieder aus. Bei Carbamazepin ist nicht mit einem Abbau im Retentionsbodenfilter zu rechnen.

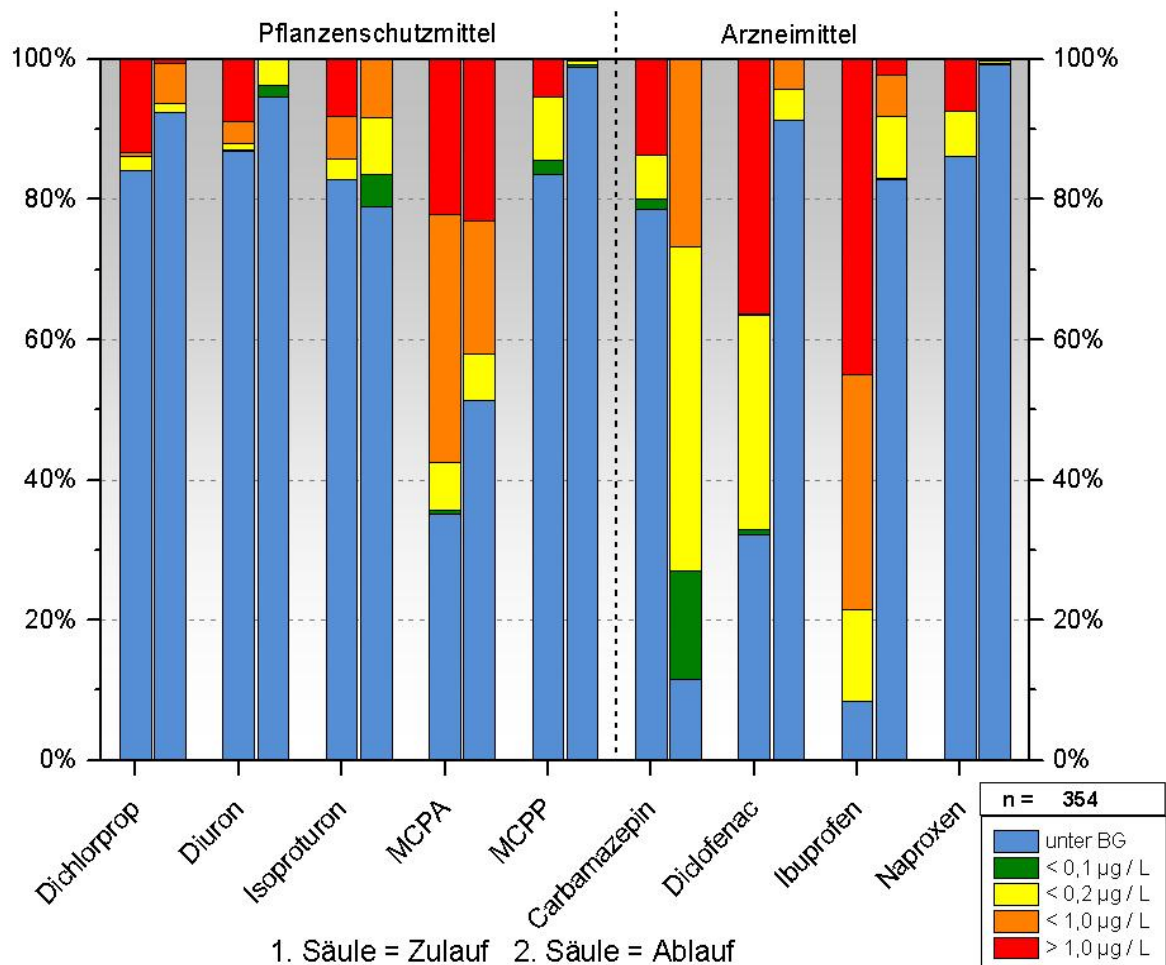


Abbildung 4: Positivbefunde der Untersuchungen der Spurenstoffe am Retentionsbodenfilter Altendorf (Zu- und Ablauf) unterteilt in Konzentrationsklassen, BG = Bestimmungsgrenze.

Die Spannbreiten der Mikroorganismen-Konzentrationen am Retentionsbodenfilter Altendorf sind in Tabelle 2 dargestellt. Die Daten zeigen eine deutliche Reduktion aller Parameter bei der Passage durch den Retentionsbodenfilter. Die Reduktion der hygienisch-mikrobiologischen Belastung im Mischwasser liegt für die auswertbaren Probenpaare von Zu- und Ablauf (d. h. ohne Werte unter- oder oberhalb der Bestimmungsgrenzen) im Bereich von 1,3 bis 4,7 log-Stufen für *E. coli* (MPN) und von 1,5 bis 4,7 log-Stufen für Coliphagen. Im Median beträgt die Reduktion der Spezies 3,1 log-Stufen für *E. coli* (MPN) und 3,2 log-Stufen für Coliphagen. Der hier untersuchte Retentionsbodenfilter zeigte mit einer Reduktion von im Median 2,0 bis 4,0 log-Stufen je nach mikrobiologischem Parameter eine ähnlich gute Reduktion wie die im Swist I -Projekt untersuchten Kläranlagen im Swisteinzugsgebiet. Die weiterführende Behandlung von Mischwasser mit Retentionsbodenfiltern ist somit eine effektive Maßnahme, um die mikrobielle Belastung von Mischwasserentlastungen zu reduzieren.

Tabelle 2: Konzentrationen der mikrobiologischen Parameter des Zu- und Ablaufs am Retentionsbodenfilter Altendorf.

Parameter [Einheit]	Abflussart	Min	Median	Max	n
<i>C. perfringens</i> [KBE / 100 mL]	Zulauf	100	23.600	370.000	25
	Ablauf	0	< 10	200	25
<i>Campylobacter</i> spp. [KBE / 100 mL]	Zulauf	≥ 10	≥ 100.000	10.000.000	26
	Ablauf	1	≤ 10	≥ 1.000	26
Coliforme Bakterien [MPN / 100 mL]	Zulauf	< 3.000	2.350.000	110.000.000	26
	Ablauf	< 30	3.350	460.000	26
<i>E. coli</i> [Direktansatz]	Zulauf	< 1.000	1.325.000	5.450.000	26
	Ablauf	< 10	557	24.000	26
<i>E. coli</i> [MPN / 100 mL]	Zulauf	< 3.000	1.100.000	> 110.000.000	26
	Ablauf	< 30	930	43.000	26
Coliphagen [PBE / 100 mL]	Zulauf	< 100	41.800	242.100	25
	Ablauf	0	25	2.410	26
Enterokokken [KBE / 100 mL]	Zulauf	< 1.000	200.000	1.560.000	26
	Ablauf	0	217	5.700	26
Koloniezahl 20 °C [KBE / 1 mL]	Zulauf	100	1.175.000	8.605.000	26
	Ablauf	0	1.474	197.000	26
Koloniezahl 36 °C [KBE / 1 mL]	Zulauf	6.036	926.000	6.123.000	26
	Ablauf	11	1.270	153.000	25
sulfitred. sporenbild. Anaerobier (Clostridien) [KBE / 100 mL]	Zulauf	100	31.400	370.000	25
	Ablauf	0	10	218	25
<i>Cryptosporidium</i> spp. [Oozysten / 100 L]	Zulauf	< 5,95	< 40	< 500	29
	Ablauf	< 0,95	< 1,84	< 10,9	29
<i>Giardia lamblia</i> [Zysten / 100 L]	Zulauf	38	400	10.303	29
	Ablauf	1	< 2,7	30	29
<i>Salmonella</i> spp. [KBE / 100 mL]	Zulauf	10 negativ in 100 mL, 16 positiv in 100 mL			26
	Ablauf	25 negativ in 100 mL, 1 positiv in 100 mL			26

In der Literatur wird von einer durchschnittlichen Elimination wichtiger Indikatororganismen und Krankheitserreger in einstufigen Anlagen im Bereich von 1,5 bis 2,5 log-Stufen berichtet (HAGENDORF et al. 2002). Anders als bei HAGENDORF et al. (2002) konnte auch bei geringen Zulaufkonzentrationen (unter 10^3 MPN/100 mL) eine Elimination nachgewiesen werden. Für die untersuchte einstufige Anlage in Altendorf lässt sich für den Ablauf trotz der guten Reduktionsleistung nur selten die Einhaltung wichtiger hygienisch-mikrobiologischer Grenzwerte (z.B. Badegewässer, Beregnungswasser) feststellen.

3.3 Gewässerrandstreifen

Aufgrund der sehr trockenen Witterung während des gesamten Untersuchungszeitraumes konnten an den Probenahmestellen der Gewässerrandstreifen nur wenige Proben gewonnen werden. Diese wurden in erster Linie für die hygienisch-mikrobiologischen Untersuchungen verwendet, sodass sich die Probenanzahl für die chemisch-physikalischen Parameter und die Spurenstoffe nochmals reduzierte. So standen bei den vier mal zwei Probenahmestellen nur zwischen einem und maximal acht Analyseergebnisse zur Verfügung. Im Falle der Mikrobiologie konnten zwar bis zu 15 Proben für den Oberflächenwasserabfluss analysiert werden, jedoch nur maximal drei des Bodenwasserabflusses. Eine aussagekräftige Auswertung zur Wirkung der Gewässerrandstreifen auf Grundlage der Daten war damit leider nicht möglich.

3.4 Gebietsauslass

Insgesamt wurden am Gebietsauslass des Einzugsgebiets der Swist (Pegel Weilerswist) zwischen Juli 2011 und Mai 2012 zwölf Wasserproben für hygienisch-mikrobiologische Untersuchungen genommen, um die vorliegenden Daten der Vorgängerprojekte bezüglich der Belastung des Gewässers am Gebietsauslass zu ergänzen. Dies war notwendig, da sich die Struktur der Siedlungsentwässerung in den letzten Jahren z. B. durch Stilllegung kleinerer Klärwerke oder den Bau von Retentionsbodenfiltern verändert hat. Von den zwölf Proben wurden jeweils sechs als Trockenwetterproben und sechs nach stärkeren Niederschlägen gezogen. *E. coli* wurde in Konzentrationen zwischen 90 und 4.300 MPN/100mL (Median 930 MPN/100mL) bei Trockenwetter und 750 und 43.000 MPN/100mL (Median 3.100 MPN/100mL) bei Regenwetter nachgewiesen. Coliphagen waren bei Trockenwetter und Regenwetter mit 191 bis 2.100 PBE/100mL (Median 679 bzw. 620 PBE/100mL) in ähnlicher Höhe nachweisbar.

3.5 Viehtritte

Es wurden die Daten der vom Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit durchgeführten Kartierung von (potenziellen) Kontaminationsquellen einiger Teileinzugsgebiete mit Daten der Flächennutzung aus dem amtlichen topographisch-kartographischen Informationssystem (ATKIS) kombiniert. Die geostatistische Auswertung der Daten ergab, dass Viehtritte ausschließlich dort zu finden sind, wo sowohl im direkten Anschluss an das Gewässer (0 – 10 m neben dem Gewässer) als auch im Gewässerumfeld (10 – 100 m neben dem Gewässer) eine Grünlandnutzung vorzufinden ist. Im Mittel ist mit 1,3 Viehritten pro km Uferlänge zu rechnen. Für das Swist-Einzugsgebiet ergab die Hochrechnung insgesamt 93 Viehtritte. Dabei ist zu beachten, dass die Dichte der Viehtritte in Teileinzugsgebieten in Abhängigkeit vom jeweiligen Grünlandanteil stark variiert.

Weidevieh kann über 50 kg Kot und Harn pro Tag und Tier (laktierende Milchkühe) ausscheiden (JONES 2001). Die Ausscheidungen von Weidevieh enthalten hohe Mengen von Nährstoffen (Ammoniumstickstoff 2,2 g / L (LK NRW 2012)). Es ist auch bekannt, dass mit dem Urin und dem Kot von Weidevieh teilweise krankheitserregende Mikroorganismen ausgeschieden werden (z. B. *Campylobacter jejuni* $5 * 10^5$ Zellen/g (INGLIS et al. 2004)). Auch Spurenstoffe, allen voran Veterinärpharmaka, können im Kot oder Harn enthalten sein (Sulfadiazin <0,05 – 4 mg/kg (LFL 2006)).

3.6 Gesamtemissionsbilanz / Jahresfrachten

Die Gesamtemissionsbilanz einzelner Schadstoffe für das Modelleinzugsgebiet wurde in Anlehnung an die Berechnung des Vorgängerprojektes (SWIST III 2007) durchgeführt. Es wurden Mediankonzentrationen verwendet und angenommen, dass der Basisabfluss keine mikrobielle Belastung enthält. Der Frachtanteil „Mischwasser“ beinhaltet hier alle Mischwasserentlastungen nach derzeitigem Ausbaustand des Abwassernetzes inklusive des durch den RBF Altendorf gereinigten Mischwassers.

Die Abbildung 5 zeigt die Jahresfracht der beiden Nährstoffe sowie die prozentuale Aufteilung der einzelnen Eintragspfade für das Einzugsgebiet der Swist. Die Berechnung von Jahresfrachten für Spurenstoffe nach dem oben beschriebenen Verfahren brachte keine plausiblen Ergebnisse. Spurenstoffe treten vor allem bei den diffusen Einträgen sehr periodisch auf.

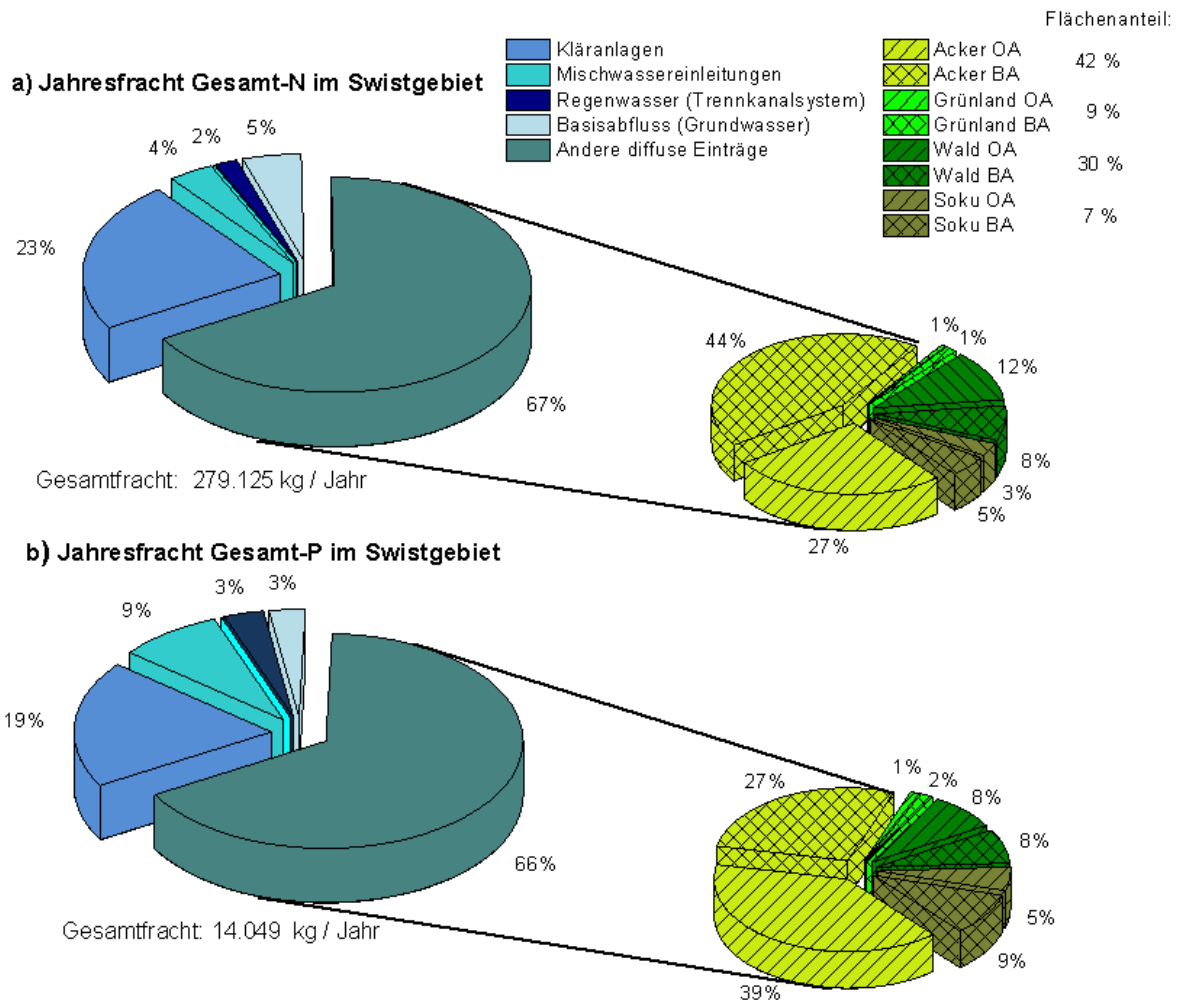


Abbildung 5: Aufteilung der Jahresfracht von Gesamtstickstoff (a) und Gesamtphosphor (b) des Swist-Einzugsgebietes auf die Eintragspfade, Soku = Sonderkultur (Obstbau), OA = Oberflächenwasserabfluss, BA = Bodenwasserabfluss.

Bezüglich der hygienisch-mikrobiologischen Parameter werden die berechneten Jahresfrachten *E. coli* und Coliphagen dargestellt (Abbildung 6). Bezüglich der Jahresfrachten im Gewässernetz der Swist zeigt sich der Eintragspfad Mischwasser hier als bedeutendste Emissionsquelle, obwohl der Volumenanteil an den Eintragspfaden mit 6 % an letzter Stelle steht.

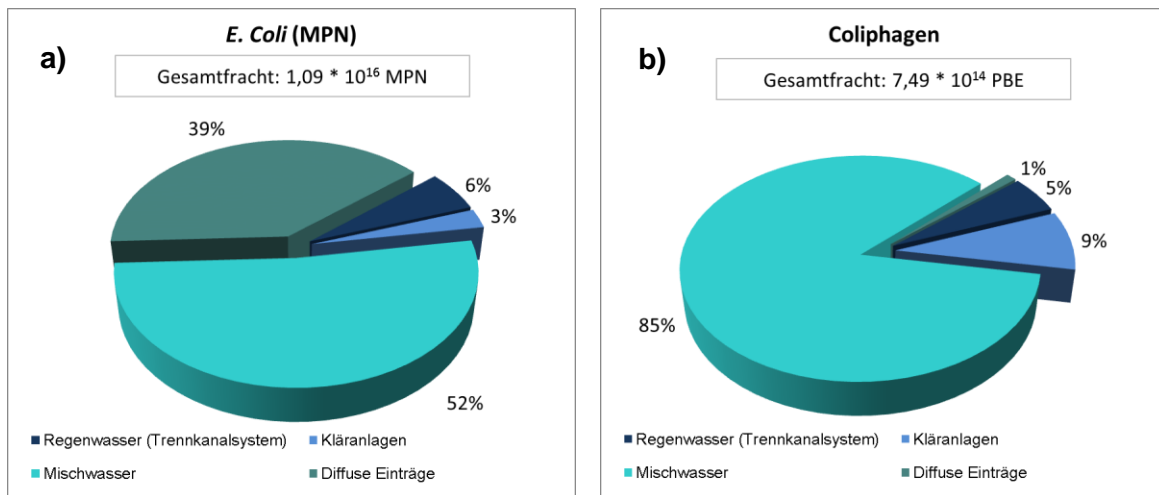


Abbildung 6: Aufteilung der Jahresfrachten von *E. coli* (MPN) (a) und Coliphagen (b) der Swist auf die Eintragspfade. MPN = Most probable number; PBE = Plauebildende Einheit.

3.7 WRRL-Hygienemodul

In der aktuellen Version der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) spielen hygienische Gesichtspunkte keine Rolle, obwohl diese immer mehr in den Fokus der Wasserwirtschaft rücken. Deswegen soll die hygienische Wirksamkeit der untersuchten EG-WRRL-Maßnahmen in einem WRRL-Hygienemodul gebündelt zusammengefasst werden. Dies kann als Grundlage genutzt werden, um auch hygienische Gesichtspunkte bei der Umsetzung der EG-WRRL zu berücksichtigen. Die Konzeption der Bewertung des Reduktionspotenzials und Gestaltung in Form von Fact Sheets bzw. Gewässersteckbriefen sowie die Ausarbeitung für die im Projekt untersuchten Maßnahmen sind dem Abschlussbericht zu entnehmen.

3.8 Swist-Box

Im vorliegenden Projekt wurden die Grundlagen für ein Abschätzungssystem Swist-Box auf Basis von (Teil-)Einzugsgebieten am Beispiel des Einzugsgebiets der Swist entwickelt. Das Programm wird in der Lage sein, Jahresfrachten bzw. szenarioabhängige Konzentrationen von einem (Teil-) Einzugsgebiet vor und nach einer Maßnahme zu modellieren. Die notwendigen Eingangsparameter sind frei wählbar, sodass eine Anpassung auf andere Einzugsgebiete möglich wird. Um die Funktionsweise und Leistungsfähigkeit der Software zu demonstrieren, werden im Abschlussbericht die notwendigen Parameter sowie Rechenschritte beschrieben. Es werden beispielhaft die Ergebnisse einiger Berechnungen dargestellt. Die Berechnungen erfolgten sowohl für das gesamte Einzugsgebiet der Swist als auch für das Teileinzugsgebiet, das die Swist bis zur Ortschaft Morenhoven (Pegel

Morenhoven) entwässert. Mit Hilfe der Swist-Box kann die Effektivität geplanter Maßnahmen durch die Modellierung der Frachten einzelner Parameter abgeschätzt werden. Abbildung 7 zeigt die Jahresfrachten von *E. coli* vor und nach der Installation von Retentionsbodenfiltern an den drei im Masterplan Abwasser 2025 (ERFTVERBAND 2012) vorgesehenen Mischwasserentlastungen. Dargestellt ist die Aufteilung der Jahresfracht auf die einzelnen Eintragspfade für das Teileinzugsgebiet Morenhoven sowie für das Gesamteinzugsgebiet. Es ist deutlich erkennbar, dass die geplanten Maßnahmen zu einer deutlichen Reduktion der Jahresfracht an *E. coli* führen (bis minus 10 % im Teileinzugsgebiet Morenhoven). Die Unterschiede machen deutlich, dass gerade bei großen Einzugsgebieten die Betrachtung von Teileinzugsgebieten sinnvoll ist.

Zur Prüfung der Plausibilität wurden die errechneten Frachten mit den am Gebietsauslass über Konzentrations- und Abflussmessungen bestimmten Frachten verglichen. Für Stickstoff, der am Gebietsauslass über die Gewässergütemessstation des Erftverbands (CHRISTOFFELS 2008) kontinuierlich gemessen wird, wurde bei der Modellierung der Jahresfracht eine Abweichung von lediglich 8 % festgestellt (CHRISTOFFELS 2011). Die gute Übereinstimmung von gemessenen und modellierten Daten bei Stickstoff zeigt die grundsätzliche Plausibilität des in der Swist-Box verwendeten Modells.

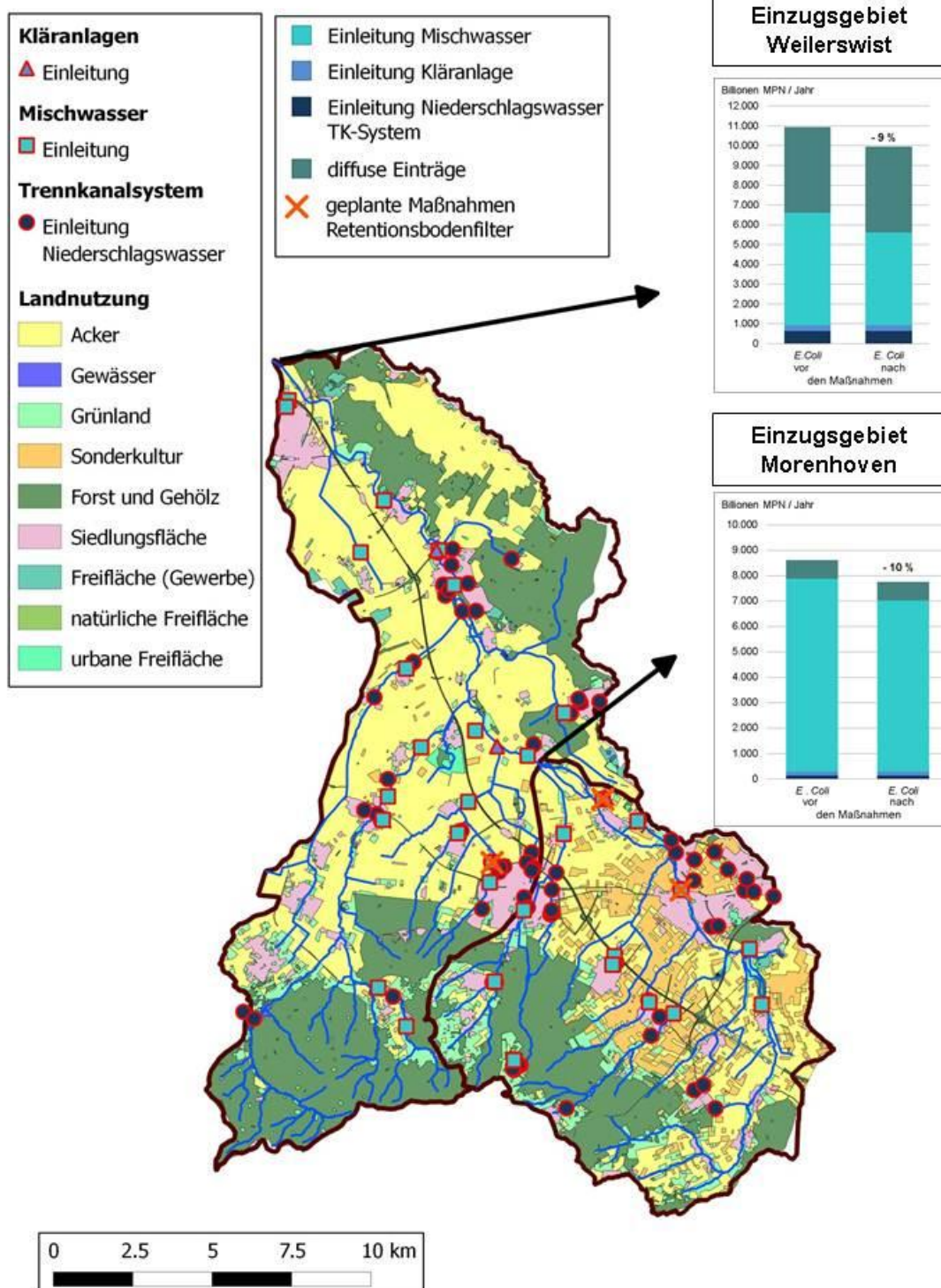


Abbildung 7: Das Einzugsgebiet der Swist bzw. das Teileinzugsgebiet bis Morenhoven mit der Landnutzung, den Einleitstellen der Punktquellen sowie der Jahresfrachten *E. coli* für die Einzugsgebiete vor und nach dem Bau von drei Retentionsbodenfiltern an Mischwasserentlastungen (markiert).

Die berechneten Jahresfrachten der hygiene relevanten Parameter und der Spurenstoffe sind allerdings für eine Risikoabschätzung nur bedingt aussagekräftig, da diese die unterschiedlichen Belastungen zu verschiedenen Witterungsbedingungen nicht darstellen können. Aus diesem Grund ist eine witterungsspezifische Berechnung und Bewertung von Frachten sinnvoll.

Bei Trockenwetter ist der Gesamtabfluss geprägt durch den Basisabfluss (permanent schüttende Quelle) und durch die Einleitungen der Kläranlagen (Szenario 1). Mit steigenden Niederschlagssummen nimmt das Tagesabflussvolumen im Gewässernetz der Swist zu, wodurch Verdünnungseffekte eintreten. Andererseits gewinnen mit zunehmendem Niederschlag die nicht permanent schüttenden Eintragspfade, wie Einleitungen von Misch- und Niederschlagswasser sowie diffuse Einträge in Bezug auf den Gesamtabfluss an Bedeutung (Szenario 2 und 3). Mit den vorhandenen Daten können Tagesfrachten für die einzelnen Szenarien sowie die Tagesfracht bei Szenario 3 nach Bau der im Masterplan Abwasser 2025 (ERFTVERBAND 2012) vorgesehenen Retentionsbodenfilter berechnet werden (Abbildung 8). Aus den Tagesfrachten wiederum lassen sich Durchschnittskonzentrationen am Gebietsauslass (Pegel Weilerswist) berechnen und mit Vorgaben für Wassernutzungen vergleichen. Durch die weiterführende Behandlung von Mischwasser mit Retentionsbodenfiltern können die Konzentrationen aller betrachteten hygienisch-mikrobiologischen Indikatorparameter um über 99 % gesenkt werden (siehe Kap. 3.2). Bei Trockenwetter (Szenario 1 und 2) hat die Maßnahme hingegen keine Wirkung, da die Einleitung von Mischwasser in diesen Zeitfenstern nicht stattfindet.

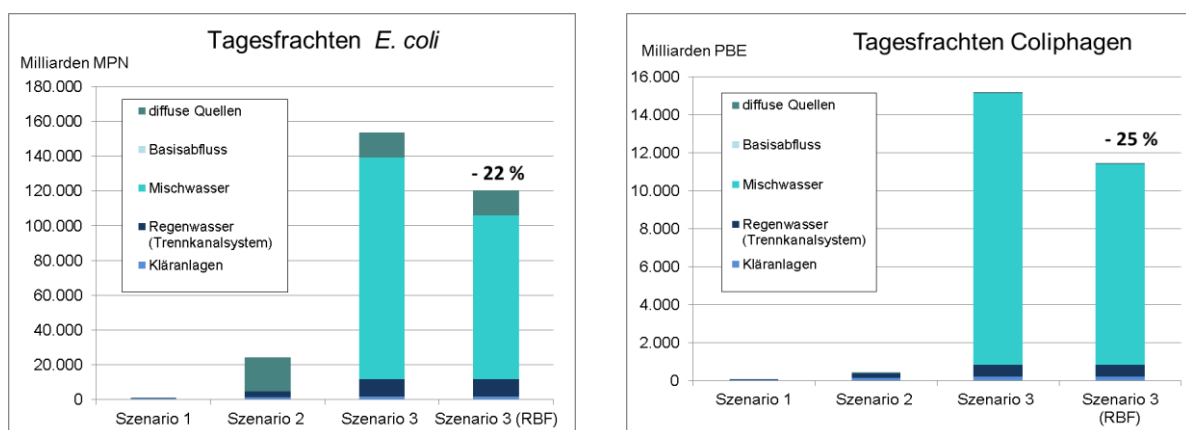


Abbildung 8: Aufteilung der Tagesfrachten von *E. coli* und Coliphagen, Szenario 1 = Trockenwetter, Szenario 2 = Trockenwetter nach Niederschlag, Szenario 3 = Regenwetter, Szenario 3 (RBF) = Regenwetter nach Bau von drei im Masterplan Abwasser 2025 (ERFTVERBAND 2012) geplanten Retentionsbodenfiltern.

4 Ausblick

Durch das in diesem Bericht vorgestellte Forschungs- und Entwicklungsvorhaben können wichtige Daten- und Wissenslücken bezüglich der Emission von mikrobiellen und chemisch-physikalischen Schadstoffen in Fließgewässer geschlossen werden. Zusammen mit den Ergebnissen der Vorgängerprojekte wurde nun eine fast vollständige Emissionsbilanz für viele wasserwirtschaftlich bedeutende Substanzen erstellt. Allerdings machte die Aufstellung dieser Bilanzen auch deutlich, dass im Bereich der diffusen Einträge noch mit relativ groben Annahmen gerechnet werden muss. Eine Fortführung des Monitorings wäre deshalb von sehr großem Wert, da so eine belastbare Stichprobengröße erreicht und die große natürliche Variabilität repräsentativer erfasst werden kann. Dies gilt insbesondere für Eintragspfade wie zum Beispiel Drainagen, die bis jetzt nicht kontinuierlich beprobt werden konnten. Intensivierte Probenahmekampagnen im Bereich der diffusen Einträge könnten die Vorhersage der Emissionen verbessern.

Neben der Untersuchung der Emissionen wurden im vorgestellten Projekt Maßnahmen zur Reduzierung des Eintrags von Schadstoffen bewertet. Mit dem WRRL-Hygiene-Modul wird ein Konzept für eine umfassende Beschreibung am Beispiel einiger Maßnahmen bereitgestellt. Unter anderem zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie werden neue Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerqualität vorgeschlagen. Kenntnisse über die Wirksamkeit dieser Maßnahmen in den Bereichen Mikrobiologie und Spurenstoffe sind oftmals nicht ausreichend. Beispiele für hierfür sind Retentionsbodenfilter in Trennkansystemen oder Filtersysteme für Drainagen in landwirtschaftlichen Flächen.

Die aktuellen politischen Diskussionen machen deutlich, dass die wasserwirtschaftliche Relevanz der Mikroorganismen und Spurenstoffe in Zukunft zunimmt. Außerdem ist eine Übertragbarkeit von Ergebnissen auf anderen Stoffgruppen wegen der oftmals gravierenderen Unterschiede der Stoffeigenschaften nur sehr eingeschränkt möglich. Aus diesem Grund werden zukünftig weitere Untersuchungen mit angepasstem Parameterumfang zur Bestimmung der Immissionen von Eintragsquellen und zur Bewertung des Reduktionspotentials wasserwirtschaftlicher Maßnahmen von Nöten sein.

5 Literatur

- CHRISTOFFELS, E. (2011): Chemisch-physikalische Stoffeinträge in die Fließgewässer aus den Abflusskomponenten des Landschaftswasserhaushaltes- Teil 2: Technik, Ergebnisse und Plausibilitätsuntersuchungen. *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 4(10), 548 - 552.
- CHRISTOFFELS, E. (2008): Monitoring und Modellanwendung–Entwicklung eines Immissionsinventars am Beispiel der Erft. *Erftverband*, Bergheim.
- CHRISTOFFELS, E. und WILLKOMM, M. (2008): Chemisch-physikalische Stoffeinträge in die Fließgewässer aus den Abflusskomponenten des Landschaftswasserhaushaltes - Teil 1: Konzeption des Monitoringsystems und grundlegende Ergebnisse *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 1(11), 612 - 617.
- ERFTVERBAND (2012): Masterplan Abwasser 2025: Strategie für nachhaltige Abwasserreinigung. *Erftverband*, Bergheim.
- HAGENDORF, U., DIEHL, K., FEUERPFIL, I., HUMMEL, A., SZEWZYK, R. und LOPÉZ-PILA, J. (2002): Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen bei der Abwasserbehandlung. Bewachsene Bodenfilter und ihre seuchenhygienische Bewertung. *Umweltbundesamt*, Dessau.
- HMULRV, (HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2008): Niederschlagswasserbehandlung durch Retentionsbodenfilteranlagen. Wiesbaden.
- INGLIS, G.D., KALISCHUK, L.D. und BUSZ, H.W. (2004): Chronic shedding of *Campylobacter* species in beef cattle. *Journal of Applied Microbiology* 97(2), 410 - 420.
- JONES, K. (2001): *Campylobacters* in water, sewage and the environment. *Journal of Applied Microbiology* 90(6), 68-79.
- LFL, (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT) (2006): Schweinegülle – Quelle für potentiell unerwünschte Stoffe (Boden, Wasser, Pflanze) ? Freising-Weißenstephan.
- LK NRW, (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NRW) (2012): Ratgeber Pflanzenbau und Pflanzenschutz. Münster.
- MUNLV, (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN) (2010): Mikrobielle Fließgewässerbelastungen durch abwassertechnische Anlagen und diffuse Einträge. 99 Seiten, Düsseldorf.
- MUNLV, (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN) (2003): Retentionsbodenfilter. Handbuch für Planung, Bau und Betrieb. *MUNLV*, Düsseldorf, Germany.
- SCHREIBER, C. und KISTEMANN, T. (2010): Die Berücksichtigung von Aspekten des Gesundheitsschutzes und der Gesundheitsförderung im modernen Gewässermanagement. *Hygiene und Medizin* 35(10), 352 - 360.

- SCHREIBER, C., VÖLKER, S., WIENAND, I. und KISTEMANN, T. (2011): Chancen für die Gesundheit im neuen Gewässermanagement. *Das Gesundheitswesen* 73(6), 344 - 345.
- SWIST I (2001): Untersuchungen zur mikrobiellen Fließgewässerbelastung durch Kläranlagen. *Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn*. Seiten, Bonn.
- SWIST II (2004): Untersuchungen zur mikrobiellen Fließgewässerbelastung durch Regenentlastungen der Mischkanalisation am Beispiel der Swist. *Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn / Erftverband*. 197 Seiten, Bonn / Bergheim.
- SWIST III (2007): Mikrobielle Belastung der Fließgewässer aus diffusen Eintragspfaden am Beispiel der Swist. *Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn / Erftverband*. 124 Seiten, Bonn / Bergheim.
- SWIST IV (2012): Überprüfung und Bewertung von Maßnahmen zur Reduzierung der chemisch-physikalischen und hygienisch-mikrobiologischen Belastungen von Fließgewässern am Beispiel der Swist. *Erftverband und Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn*. 113 Seiten, Bergheim / Bonn.
- UHL, M., MANG, J., MAUS, C. und GROTEHUSMANN, D. (2008): Untersuchungen zur Reinigungsleistung von Retentionsbodenfiltern. *11. Regenwassertage (DWA)*, 1/24 - 23/24.