



Kurzbericht im Pilot- und Modellvorhaben

**Hochauflöste Spurenstoffbilanz im Einzugsgebiet der Niers
zur Quantifizierung direkter und indirekter Eintragspfade
und Ableitung von Handlungsoptionen (NiersFluX)**

gerichtet an:

Bezirksregierung
Düsseldorf



Antragsteller

NIERS VERBAND

Kooperationspartner

FiW

**Hochauflöste Spurenstoffbilanz
im Einzugsgebiet der Niers zur Quantifizierung
direkter und indirekter Eintragspfade und Ableitung
von Handlungsoptionen (NiersFluX)**

54.07.08.01-19 (10120/2019)

gerichtet an

Bezirksregierung
Düsseldorf



Bezirksregierung Düsseldorf
Ceciliengasse 2
40474 Düsseldorf

Projektbearbeitung

Institution

Bearbeiter

Zuwendungsempfänger

Niersverband

Am Niersverband 10
41747 Viersen

Oliver Schöttler, Chemie-Ing.

Dr. Wilfried Manheller

Im Unterauftrag

Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft und

Klimazukunft an der RWTH Aachen (FiW) e. V.

Kackertstraße 15-17
52056 Aachen

Dr. Frank-Andreas Weber

Eleni Tenekezzi, M.Eng. M.Sc.

Philipp Knollmann, M.Sc.

Leon Trojan, B.Sc.

Zitierhinweis

Weber, F.-A., Tenekezzi, E., Knollmann, P., Trojan, L., Schöttler, O., Manheller, W. (2024): Hochaufgelöste Spurenstoffbilanz im Einzugsgebiet der Niers zur Quantifizierung direkter und indirekter Eintragspfade und Ableitung von Handlungsoptionen (NiersFluX). Kurzbericht im Pilot- und Modellvorhaben NiersFluX, gefördert vom Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNV) unter Förderkennzeichen 54.07.08.01-19 (10120/2019). Niersverband, Viersen.

Einleitung

In Nordrhein-Westfalen wird im Rahmen der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie der weitere Ausbau von kommunalen Kläranlagen zur Spurenstoffreduktion an abflussschwachen Gewässern mit hohem Anteil an gereinigtem Abwasser verfolgt. Die Erreichung eines guten chemischen und ökologischen Zustandes bzw. eines guten ökologischen Potenzials der Oberflächengewässer erfordert die Ermittlung und Umsetzung von wirksamen, quellenorientierten und kosteneffizienten Handlungsoptionen zur Reduktion von Spurenstoffbelastungen (MULNV & LANUV 2021a, 2021b, 2021c). Relevante Spurenstoffe sind die Stoffe, die in sehr geringen Konzentrationen nachteilige Wirkungen auf die aquatischen Ökosysteme haben können und/oder die Gewinnung von Trinkwasser negativ beeinflussen können (UBA 2022).

Spurenstoffe gelangen über verschiedene punktuelle und diffuse Eintragspfade in unsere Gewässer, u. a. über behandeltes Abwasser kommunaler Kläranlagen, industriell-gewerbliche Direkeinleiter, Mischwasserüberläufe, Einleitungen von belasteten Niederschlagswasser über Regenwasserkänele im Trennsystem, Oberflächenabfluss, Erosion, Drainagen, Grundwasserzustrom und atmosphärische Deposition. Monitoring-Kampagnen und Stoffeintragsmodelle zeigen, dass sich die Beiträge einzelner Eintragspfade aufgrund der komplexen Eintragssituation für viele Spurenstoffe nur unzureichend quantifizieren lassen. Aufgrund der zeitlichen und räumlichen Variabilität der Einträge spielt die Messfrequenz von Spurenstoffkonzentrationen eine essentielle Rolle. Bislang steht nach unserer Kenntnis in keinem Flusseinzugsgebiet in NRW eine Zeitreihe von werktäglichen Messungen von Spurenstoffkonzentrationen für eine geschlossene Stoffstrombilanzierung zur Verfügung.

Um mögliche Handlungsoptionen zur Verringerung von Spurenstoffeinträgen in die Gewässer hinsichtlich ihrer Effektivität bewerten zu können, werden am Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) leistungsstarke Stoffeintragsmodelle betrieben (Früh und Elbers 2018). GREAT-ER NRW wird für ausgewählte Mikroschadstoffe eingesetzt, um die Auswirkungen von Kläranlagenentzüchtigungen auf die Gewässerbelastung zu modellieren. Das Modell ist aber derzeit nicht in der Lage, die Bedeutung von diffusen Stoffeinträgen zu berücksichtigen. Während Validierungen der Modellrechnungen mit Messdaten abwasserbürtiger Arzneistoffe die gemessenen mittleren Gewässerkonzentrationen bei mittleren Abflussverhältnissen i. A. gut erklären, ergeben sich bei Spurenstoffen mit komplexen Eintragspfaden bundesweit Hinweise auf nicht identifizierte Quellen (LAWA 2016). Derzeit betriebene Modelle beziehen sich dabei auf mittlere Abflussverhältnisse und erlauben dadurch keine Aussagen zu evtl. auftretenden kurzzeitigen Konzentrationsspitzen, die für eine Bewertung der akuten Ökotoxizität aber von entscheidender Bedeutung sein können.

Zielsetzung

Im Rahmen des Pilot- und Modellvorhabens NiersFluX wurde ein hochaufgelöstes Stofffrachtbilanzierungskonzept entwickelt, um aufbauend auf einem werktäglichen Spurenstoffmonitoring die maßgeblichen Eintragsfrachten punktueller und diffuser Eintragspfade in drei Gewässerabschnitten der Niers zu quantifizieren. Anhand der Ergebnisse wurden mögliche Handlungsoptionen bewertet und das Stoffstrommodell GREAT-ER im Nierseinzugsgebiet validiert.

Dafür wurde von Januar 2021 bis Dezember 2022 ein werktägliches Spurenstoff-Monitoring ausgewählter Niers-relevanter Spurenstoffe an vier qualifizierten Probenahmestellen durchgeführt. In Verbindung mit Abfluss- und Konzentrationsmessungen an Punktquellen wurde eine belastbare Stofffrachtbilanzierung der direkten und indirekten Eintragsfrachten in drei qualifizierten Gewässerabschnitten der Niers erstellt. Der Schwerpunkt lag dabei auf der Stofffrachtbilanzierung von Niers-relevanten Arzneimittelrückständen, Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM), per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS), polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und Kationen. Während der Messkampagne von 2 Jahren wurden 2.063 jeweils 24-stündige zeitproportionale Mischproben an insgesamt 4 Messstellen genommen und insgesamt rd. 195.900 Konzentrationsmessungen durchgeführt.

Der Niersverband führte in dem zweijährigen Vorhaben die umfangreiche Probenahme und Analytik durch. Das FiW e.V. wurde mit der wissenschaftlichen Begleitung des Vorhabens beauftragt. Das Vorhaben wurde vom Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNV) gefördert und von der Bezirksregierung Düsseldorf sowie dem LANUV begleitet.

Qualifizierte Gewässerabschnitte und Eintragspfade

Die Niers ist für die Modelluntersuchung durch Vorerkundungen des Niersverbandes, umfangreiche Ergebnisse vorangegangener Vorhaben des Landes NRW und insbesondere die spezielle Eintragssituation im Nierseinzugsgebiet prädestiniert (Abbildung 1).

Die Niers ist in Bilanzraum 1 von der ursprünglichen Quellregion bis oberhalb der Kläranlage Mönchengladbach-Neuwerk (KA MG-Neuwerk) frei von Kläranlageneinleitungen. Durch die Sümpfungsmaßnahmen des Braunkohlentagebaus in Bilanzraum 1 kann der Zustrom mit anthropogenen Spurenstoffen belastetem Grundwasser in diesem Bilanzraum vernachlässigt werden. In diesem Bereich wird zur Infiltration Ökowasser verwendet, welches durch die Aufbereitung von Sümpfungswasser gewonnen wird und daher weitgehend unbelastet von anthropogenen Spurenstoffen ist. Die Siedlungsentwässerung ist überwiegend als Trennsystem ausgebaut, jedoch sind im Oberlauf einzelne Einleitstellen für Abschläge aus dem Mischsystem zu verzeichnen.

Der Bilanzraum 2 umfasst die Einleitungen der KA MG-Neuwerk (angeschlossene Einwohner ca. 410.000 E, Jahresabwassermenge rd. 34 Mio. m³/a) und den Gewässerabschnitt bis Viersen-Süchteln. Die über die Einleitungen von behandeltem Abwasser der KA MG-Neuwerk in die Niers eingetragenen Spurenstofffrachten werden über eine 24h-Mischprobenahmestelle und Abflussmessungen am KA-Ablauf Nierssee erfasst.

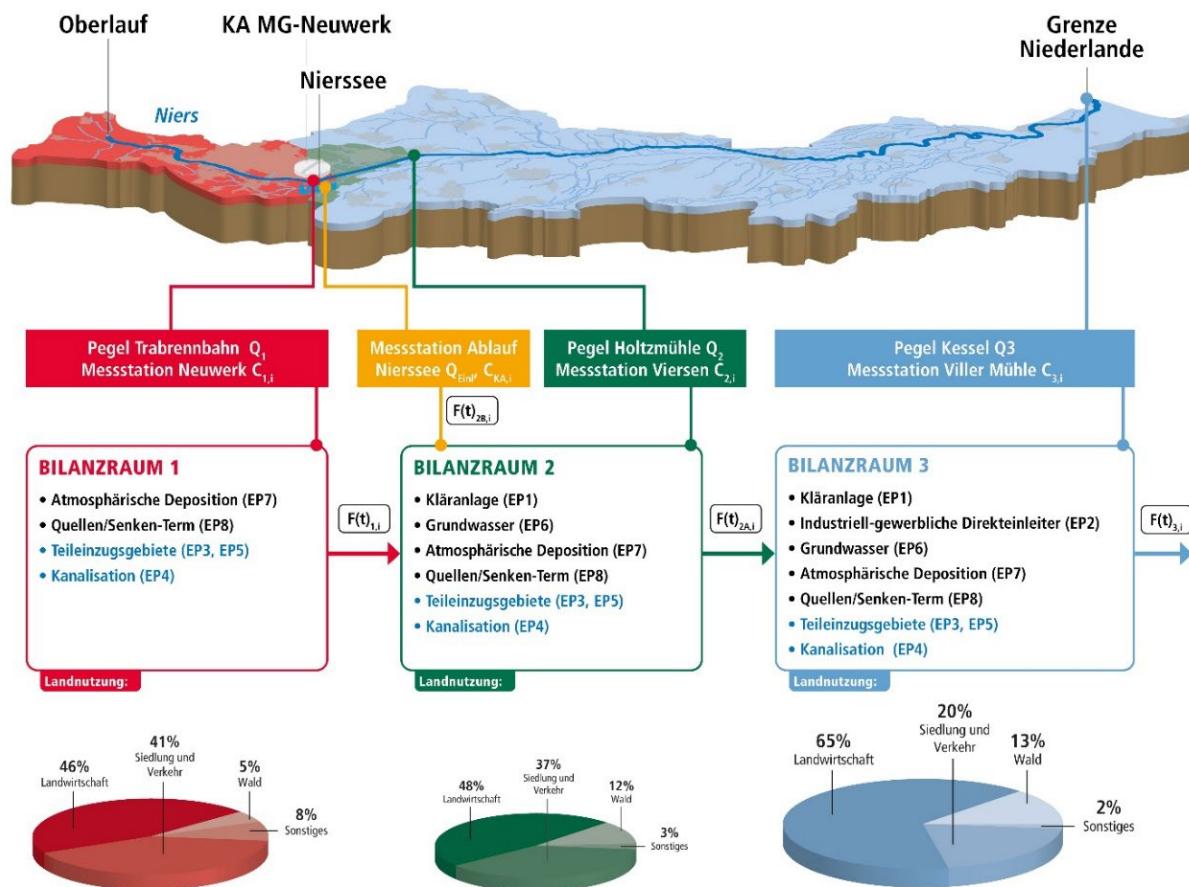


Abbildung 1: Bilanzräume mit Lage der Messstationen und vorherrschender Landnutzung. Potenziell relevante Eintragspfade (EP) in jedem Bilanzraum (EP beim Trockenwetter = Schwarze Schriftfarbe; EP bei Regenwetter = Blaue und schwarze Schriftfarbe).

Der restliche Flusslauf bis Zelderheide an der Staatsgrenze zu den Niederlanden bildet den Bilanzraum 3, in dem an der Niers und ihren Nebengewässer insgesamt weitere 13 kommunale Kläranlagen (rd. 310.000 E, rd. 24 Mio. m³/a) betrieben werden. Die Siedlungsentwässerung erfolgt überwiegend im Mischsystem, so dass bei stärkeren Niederschlagsereignissen nicht behandeltes Abwasser in die Niers und ihre Nebengewässer abgeschlagen wird. Abhängig von den Grundwasser- und Gewässerwasserständen kann hydraulisch bedingt ein Grundwasserzustrom und damit ggf. grundwasserbürtige Stoffeinträge verschiedener Quellen in die Niers erfolgen.

Neben den Einleitungen von behandeltem Abwasser der kommunalen Kläranlagen können die derzeit 75 Mischwassereinleitungen und 713 Regenwassereinleitungen in dem vorliegenden Pilot- und Modellvorhaben nicht auf Ebene von Einzelanlagen, sondern summarisch innerhalb

der drei Bilanzräumen erfasst werden. Die in ELWAS ausgewiesenen 132 Kleinkläranlagen werden ebenfalls nur summarisch über ggf. diffuse Einträge erfasst.

Unter Beachtung der speziellen Eintragssituation in die Niers und das Nierseinzugsgebiet werden insgesamt acht relevante Eintragspfade (EP) untersucht. Diese setzen sich aus den folgenden punktuellen und diffusen Einträgen sowie einem Quellen/Senken-Term zusammen:

- Punktuelle Einträge:
 - kommunale Kläranlagen (EP 1)
 - industriell-gewerbliche Direkteinleiter (EP 2)
 - Zufluss von Nebengewässern (EP 3)
 - Kanalisation im Mischsystem bzw. Trennsystem (EP 4)
- Diffuse Einträge:
 - Oberflächenabfluss, Erosion, Drainagen oder Zwischenabfluss (EP 5)
 - Grundwasserzstrom (EP 6)
 - Direkte atmosphärische Deposition (EP 7)
- Quellen/Senken-Term:
 - Abbau von Spurenstoffen, Sorption oder Mobilisierung belasteter Sedimente (EP 8)

Methodik

Auf Basis des vom Niersverband regelmäßig durchgeführten Untersuchungsprogramms wurde das Monitoringkonzept und der Parameterumfang in Abstimmung mit der Bezirksregierung Düsseldorf und dem LANUV festgelegt. Insgesamt wurden die Konzentrationen von über 83 Spurenstoffen sowie allgemeine chemisch-physikalische Parameter (ACP) im Rahmen des Vorhabens analysiert. Für die Probenahme wurden insgesamt vier qualifizierte Probenahmestellen mit Probenahmegeräte für zeitproportionale 24-Stunden-Mischprobenahmen ausgestattet. Drei Probenahmestellen liegen direkt an der Niers (Messstation Mönchengladbach-Neuwerk (MG-Neuwerk), Viersen und Viller Mühle) und eine Probenahmestelle liegt am Ablauf der Kläranlage MG-Neuwerk (Ablauf Nierssee). Die Einträge über die relevantesten Nebengewässer der Niers wurden durch monatliche Stichproben von fünf Nebengewässern analysiert. Außerdem wurden von den, nach der Kläranlage MG-Neuwerk, drei größten direkt an der Niers liegenden Kläranlagen (KA Grefrath, KA Geldern und KA Goch) monatlich die Kläranlagenabläufe beprobt und analysiert. Die Analytik der Proben erfolgte im Verbandslabor des Niersverbandes. Das Labor unterhält ein Qualitätsmanagementsystem nach DIN EN ISO/IEC 17025 und ist von der Deutschen Akkreditierungsstelle als Prüflaboratorium akkreditiert.

Mit Hilfe einer am FiW e. V. entwickelten Python-Auswertungsroutine wurden Spurenstofffrachten aus den gemessenen Konzentrationen und Abflussmessungen berechnet. Die Methodik zur Berechnung der Spurenstofffrachten, die ereignisbezogene Auswertung bei Trocken- und Regenwetter und das Stofffrachtbilanzierungskonzept wurde in Teneketzi et al. (2023) publiziert.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der zwei Monitoringjahre 2021 und 2022 aller untersuchter Spurenstoffe und ACP sind im Anhang des Langberichtes in Steckbriefen zusammengestellt. Im Langbericht werden beispielhaft jeweils ein Stoff aus jeder Kategorie vorgestellt und diskutiert. Diclofenac wurde stellvertretend für Arzneimittel, Fluoranthen für PAK, Metribuzin für Pestizide, Perfluorooctansulfonsäuren (PFOS) für PFAS und Nickel für die Kationen ausgewählt und hinsichtlich ihrer gemessenen Konzentrationen, Frachten und Eintragspfade in die Niers dargestellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass hochaufgelöste Konzentrationsmessungen und Frachtberechnungen eine spurenstoffspezifische Quantifizierung von maßgeblichen Eintragspfaden erlauben. Das vorgestellte Stoffstrombilanzierungskonzept hat sich für alle Stoffgruppen bewährt.

Die gewählte Extrapolation der Einträge für die Eintragspfade EP 3, 4, 5 aus Messungen in Bilanzraum 1 auf die Bilanzräume 2 und 3 abhängig von der relativen Gebietsgröße ist mit Unsicherheiten behaftet, die anhand der zur Verfügung stehenden Messdaten nicht abschließend bewertet werden können. Darüber hinaus wurden Frachtmessungen der KA MG-Neuwerk am Ablauf Nierssee anhand der angeschlossenen Einwohner auf kommunale Kläranlagen im Bilanzraum 3 extrapoliert. Das Vorgehen wurde anhand von monatlichen Messungen in den Abläufen der Kläranlagen Geldern, Grefrath und Goch für mehrere Spurenstoffe validiert. Für Spurenstoffe, die durch spezifische industriell-gewerbliche, nicht-häusliche Einträge im Einzugsgebiet der Kläranlage MG-Neuwerk dominiert werden, ist die Extrapolation mit Unsicherheiten und Fehlern verbunden.

Validierung von Stoffstrommodellen

Die Ergebnisse der Stofffrachtbilanzierung aus dem ersten Monitoringjahr wurden verwendet, um eine Validierung des vom LANUV betriebenen Stoffeintragsmodells GREAT-ER für ausgewählte Arzneimittellückstände durchzuführen. Im Nierseinzugsgebiet wurde festgestellt, dass die gemessenen Jahresfrachten am Ablauf der KA MG-Neuwerk geeignet sind, um den in GREAT-ER hinterlegten Pro-Kopf-Verbrauch bzw. die Emissionsfaktoren zu validieren. Darüber hinaus sind die Jahresfrachten in Viller Mühle geeignet, um die in GREAT-ER hinterlegten Parameter zu Abbau- und Verlustprozessen im Nierseinzugsgebiet zu validieren. Die GREAT-ER Berechnungen für den Spurenstoff Diclofenac werden anhand der dargestellten Ergebnisse als aussagekräftig für das Nierseinzugsgebiet bewertet, wobei einzugsgebietsspezifische Parameteroptimierungen möglich sind. Die Überprüfung der Übertragbarkeit der im Nierseinzugsgebiet ermittelten Abbau- und Verlustprozesse auf das Rheineinzugsgebiet in Nordrhein-Westfalen ergab, dass die Datenlage nicht ausreichend ist, um eine verlässliche Frachtbilanzierung für die Validierung des GREAT-ER Modells im Bilanzraum NRW Rhein-Flusseinzugsgebiet durchzuführen.

Bewertung der gemessenen Spurenstoffbelastung der Niers

Die Ergebnisse der zweijährigen werktäglichen Messkampagne sind für alle über den gesamten Messdauer untersuchten Spurenstoffe in Abbildung 2 in Bezug auf die Beurteilungswerte bewertet. Als Relevanzkriterium wurde die Überschreitung der Hälfte der jeweiligen Umweltqualitätsnorm (UQN) nach der Oberflächengewässerverordnung festgelegt. Falls keine UQN vorliegt, wurden Orientierungswerte gemäß D4-Liste (MULNV 2018) oder gemäß der vorgeschlagenen Environmental Quality Standards der Europäischen Kommission (EC EQS) (Leverett et al. 2021) für die Bewertung herangezogen.

Abbildung 2: Bewertung der in der werktäglichen Messkampagnen ermittelten Jahresmittelkonzentration für die Jahre 2021 und 2022 in den Bilanzräumen B1, B2 und B3 anhand der Beurteilungswerte und der messtechnischen Bestimmungsgrenze (BG). Legende: Jahresmittelkonzentration liegt unter dem Beurteilungswert (grün) bzw. unter dem halben Beurteilungswert (blau). Jahresmittelkonzentration ist gleich oder größer dem Beurteilungswert (rot). Für Stoffe, deren Beurteilungswert unterhalb BG liegen (BG gelb markiert), sind Jahresmittelkonzentrationen gelb bzw. gelbgrün markiert, wenn einzelne Positivbefunde bzw. nur Negativbefunde gemessen wurde. Jahresmittelkonzentrationen von Stoffen, für die kein Beurteilungswerte vorliegen, sind grau markiert. Datenlücken aufgrund der beschriebenen Blindwertproblematik erlauben für Naphthalin in 2021 keine Beurteilung (weiß).

	Beurteilungs-wert [µg/l]	Mittelwerte						Bestim-mungsgrenze [µg/l]	
		2021			2022				
		B1	B2	B3	B1	B2	B3		
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)									
Acenaphthen	0,32	blue	blue	blue	blue	blue	blue	0,005	
Acenaphthylene	0,32	blue	blue	blue	blue	blue	blue	0,005	
Anthracen	0,1	blue	blue	blue	blue	blue	blue	0,005	
Benzo(a)anthracen	0,002	red	red	yellow	red	red	yellow	0,005	
Benzo(a)pyren	0,00017	red	red	red	red	red	red	0,005	
Benzo(b)fluoranthen	0,00017	red	red	red	red	red	red	0,005	
Benzo(ghi)perylen	0,00017	red	red	red	red	red	red	0,005	
Benzo(k)fluoranthen	0,00017	red	red	red	red	red	red	0,005	
Chrysen	0,1	blue	blue	blue	blue	blue	blue	0,005	
Dibenzo(a,h)anthrace	0,1	blue	blue	blue	blue	blue	blue	0,005	
Fluoranthen	0,0063	red	red	red	red	red	red	0,005	
Fluoren	0,21	blue	blue	blue	blue	blue	blue	0,005	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,00017	red	red	red	red	red	red	0,005	
Naphthalin	2	white	white	white	blue	blue	blue	0,005	
Phenanthren	0,5	blue	blue	blue	blue	blue	blue	0,005	
Pyren	0,0023	red	red	red	red	red	yellow	0,005	
Arzneimittel									
Atenolol	0,1	blue	blue	blue	blue	blue	blue	0,02	
Azithromycin	0,019	yellow	red	yellow	yellow	red	yellow	0,05	
Benzotriazol	10	blue	green	blue	blue	green	blue	0,02	
Bezafibrat	2,3	blue	blue	blue	blue	blue	blue	0,02	
Bisoprolol	0,1	red	green	green	red	green	green	0,02	
Carbamazepin	0,5	blue	green	blue	blue	green	blue	0,02	
Ciprofloxacin	0,089	blue	blue	blue	blue	blue	blue	0,05	
Clarithromycin	0,1	blue	green	blue	blue	green	blue	0,02	

	Beurteilungs-wert	Mittelwerte						Bestim-mungs-grenze [µg/l]	
		2021			2022				
		B1	B2	B3	B1	B2	B3		
	[µg/l]								
Clofibrinsäure	5	0,02							
Diclofenac	0,04	0,02	0,02	0,02					
Erythromycin	0,2	0,02							
Ibuprofen	0,01	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02			
Iopamidol	0,1	0,02	0,02	0,02					
Iopromid	0,1	0,02	0,02	0,02					
Metoprolol	8,6	0,02							
Naproxen	0,1	0,02	0,02	0,02					
Oxazepam	0,1	0,02	0,02	0,02					
Roxithromycin	0,1	0,02							
Sotalol	0,1	0,02	0,02	0,02					
Sulfamethazin	0,1	0,02							
Sulfamethoxazol	0,6	0,02							
Trimethoprim	0,1	0,02							
Pestizide									
Atrazin	0,6	0,025							
Boscalid	0,1	0,025							
Bromacil	0,6	0,025							
Chloridazon	0,1	0,025							
Chlortoluron	0,4	0,025							
Cybutryn (Irgarol)	0,0025	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
Desethylatrazin	0,1	0,025							
Desisopropylatrazin	0,1	0,05							
Diuron	0,2	0,025							
Ethofumesat	3,1	0,05							
Imidacloprid	0,002	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
Isoproturon	0,3	0,025							
Linuron	0,1	0,05							
Metamitron	4	0,025							
Metazachlor	0,4	0,025							
Metolachlor	0,2	0,025							
Metribuzin	0,2	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
Propazin	0,25	0,025							
Simazin	1	0,025							
Terbutylazin	0,5	0,025							
Terbutryl	0,065	0,025							
Carbendazim	0,2	0,025							
Flufenacet	0,04	0,025							
Mecoprop	0,1	0,025							
Propiconazol	1	0,025							
Tebuconazol	0,578	0,025							

	Beurteilungs-wert	Mittelwerte						Bestim-mungs-grenze [µg/l]	
		2021			2022				
		B1	B2	B3	B1	B2	B3		
Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS)									
H4PFOS	0,1							0,01	
PFBA	0,1							0,01	
PFBS	0,1							0,01	
PFDA	0,1							0,01	
PFHpA	0,1							0,01	
PFHxA	0,1							0,01	
PFHxS	0,1							0,01	
PFNA	0,1							0,01	
PFOA	0,1							0,01	
PFOS	0,00065	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Yellow	0,01	
PFPeA	0,1	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	0,01	
Kationen									
Aluminium		Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	20	
Barium	60	Red	Green	Green	Red	Green	Green	1	
Blei	1,2	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	0,01	
Bor	100	Blue	Green	Green	Blue	Green	Green	20	
Cadmium	0,15	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	0,01	
Calcium		Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	400	
Eisen		Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	14	
Kupfer	1,1	Red	Red	Red	Red	Red	Red	0,1	
Mangan	35	Red	Red	Red	Green	Red	Red	5	
Nickel	4	Blue	Green	Red	Blue	Green	Green	0,06	
Selen	3	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	2 in 2021 0,3 in 2022	
Silber	0,02	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	0,006	
Thallium	0,2	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	0,007	
Zink	10,9	Red	Red	Green	Red	Green	Green	3	

Bewertung von Handlungsoptionen

Die Untersuchung und Bewertung möglicher Handlungsoptionen für das Nierseinzugsgebiet wurde anhand der Ergebnisse des Stofffrachtbilanzierungskonzepts durchgeführt. Es wurden folgende ausgewählte Handlungsoptionen untersucht.

Maßnahme	Zwischenfazit
Einträge aus der Landwirtschaft	Zielführende Handlungsoptionen stellen in erster Linie die Einhaltung von Gewässerrandstreifen, insbesondere für gering mobile Stoffe, dar. Aus den Analysen von Liess et al. (2023) lässt sich generell eine für aquatische Organismen protektive Gewässerrandstreifenbreite von mindestens 18 m ableiten. Neben einem verbesserten Zulassungsverfahren von PBSM wird deswegen empfohlen, die Anwendungsdaten zur Art und Menge der PBSM beispielsweise in einem Bundesprogramm „Digitale Spritztagebücher“ zu erfassen und behördlich zu überwachen (Liess et al. 2023), um das Monitoringprogramm auf die tatsächlich eingesetzten Pesticide ausrichten zu können.
Einträge aus der Ableitung von Niederschlagswasser	Hinsichtlich der Gewässerbelastung durch PAK stellen die Trennsysteme einleitungen den größten Anteil dar. Maßnahmen im Einzugsgebiet müssen sich auf den von bebauten oder befestigten Flächen (zum Beispiel Straßen) über das Trennsysteme gesammelt abfließende Wasser konzentrieren, z. B. Schwammstadtkonzept, insbesondere Abkopplung von versiegelten Flächen vom Kanalnetz, Entsiegelung von Flächen zur Erhöhung der Versickerungsrate, Begrünung von Dachflächen und Stärkung des lokalen Wasserhaushalts. Eine Lösung ist hier nur langfristig erreichbar und erfordert ggf. Anpassungen der Entwässerungsnetze. Es ist zu prüfen, ob stark belastete Flächen (Kategorie III nach DWA-A 102 bzw. BWK-A 3) an das Schmutzwassernetz angeschlossen werden können, um die Kläranlagen mit ihrer 3. Reinigungsstufe als effiziente Senke für diese Stoffgruppe besser zu nutzen, oder ortsspezifisch bspw. der Bau weiterer Retentionsbodenfilter die geeignetere Wahl darstellt. Ein Handlungsschwerpunkt liegt auf der Abkopplung unbelasteter Flächen. Verschiedene Maßnahmen sind beim Niersverband bereits in der Umsetzung. Der Niersverband arbeitet zusammen mit den Kommunen daran, das Schwammstadtkonzept in laufenden und zukünftigen Planungsprozessen im Nierseinzugsgebiet einzubringen und damit den lokalen Wasserhaushalt zu stärken. Abschätzungen machen jedoch deutlich, dass Maßnahmen an allen der über 700 Regenwassereinleitungsstellen im Nierseinzugsgebiet aufgrund der bautechnischen Ausführbarkeit, des Platzbedarfes, der enormen Investitionskosten und des Personalbedarfs nicht umsetzbar sind.

Verringerung der Einträge aus kommunalen Kläranlagen:	
1. Maßnahmen an der Quelle: Informationskampagne für Verhaltensänderungen im Anwendungsbereich: Spurenstoffkategorie Arzneimittel	Das Erreichen einer mittleren Jahreskonzentration unterhalb des empfohlenen Beurteilungswertes alleine durch Informationskampagne ist zum mindesten für den Wirkstoff Diclofenac nicht zu erwarten. Auf der Basis der Analyse weiterer Wirkstoffe kommen verschiedene Studien zu dem Schluss, dass Informationsmaßnahmen (z.B. zur Reduzierung von Arzneimitteln) einen wesentlichen Beitrag leisten können, aktuell allerdings nicht alleine ausreichen werden, um Gewässerziele zu erreichen.
2. Dezentrale Abwasserbehandlung von industriell-gewerblichen Indirekteinleitern: Spurenstoffkategorie PFAS	Dezentrale Maßnahmen können stoffspezifisch eine effektive Behandlung erlauben. Bei Indirekteinleitern ist eine Einzelfallbetrachtung notwendig. Hinsichtlich der Stoffgruppe PFOS/PFAS sind vor allem Maßnahmen an der Quelle bei den jeweiligen Indirekteinleitern zielführend. Der Herstellerverantwortung kommt hinsichtlich der Finanzierung von Maßnahmen zur Spurenstoffreduzierung eine besondere Rolle zu. Während des Projektzeitraums konnte für die PFOS-Fracht im Gewässer eine sinkende Tendenz festgestellt werden. Bei einem erneuten Auftreten relevanter Konzentrationen, die eine Einleiterrecherche erst ermöglichen, wird der Niersverband, auch zur Sicherung des Kläranlagenbetriebes (Klärschlammensorgung), eine derartige Recherche durchführen.
3. Bau und Betrieb einer vierten Reinigungsstufe an der Kläranlage MG-Neuwerk: Spurenstoffkategorie Arzneimittel	Eine 4. Reinigungsstufe an der Kläranlage MG-Neuwerk wird zu einer deutlichen, aber nicht für alle Stoffe ausreichenden Reduktion der über Kläranlagen eingebrachten Spurenstoffe führen. Im Maßnahmenprogramm 2022-2027 (MULNV 2023a&b) ist der Ausbau ausgewählter kommunaler Kläranlagen mit einer 4. Reinigungsstufe zur Reduzierung sonstiger Stoffeinträge vorgesehen. Der Niersverband ist in der Umsetzung einer grundlegenden Erneuerung und Erweiterung (4. Reinigungsstufe) der Kläranlage Nette. In Rahmen dieses Projektes werden die neuen innovativen Kläranlagen-technik sowie die Wirkung auf das Gewässer begleitend untersucht und bewertet werden. Die gewonnenen Erkenntnisse werden in die Strategie des Verbandes zur Einführung der „4. Reinigungsstufe“ auf anderen verbandlichen Kläranlagen (KA Dülken, KA MG Neuwerk) einfließen.

Zusammenfassung und Fazit

Im Rahmen des Vorhabens NiersFluX wurde erfolgreich über einen Zeitraum von zwei Jahren ein hochauflöstes (werk tägliches) Spurenstoff-Monitoring in drei Bilanzräumen im Nierseinzugsgebiet durchgeführt. Dies hat zu einer beeindruckenden, einzigartigen Datenbasis von 195.900 Messwerten für Spurenstoffe geführt, einschließlich der zugehörigen Abflusswerte und Daten für ausgewählte allgemeine chemisch-physikalische Parameter (ACP).

Die Identifizierung der Eintragspfade für diese Spurenstoffe wurde mithilfe eines speziell entwickelten Stoffstrombilanzierungskonzepts durchgeführt. Die Bewertung der Ergebnisse der zweijährigen Messkampagne ist (für alle über die gesamte Messdauer untersuchten Spurenstoffe) in Abbildung 2 zusammengefasst dargestellt und bezieht sich auf die Beurteilungswerte.

Die Schlussfolgerungen des NiersFluX-Projekts betonen die Notwendigkeit zuverlässiger Frachtbilanzierungen, um Handlungsoptionen hinsichtlich erzielbarer Spurenstoffkonzentrationen und deren Kosten-Nutzen-Analysen bewerten zu können. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse, dass trotz des sehr hohen Anteils an gereinigtem Abwassers nur sehr wenige Stoffe die angestrebten Konzentrationen im Gewässer überschreiten.

Die dargestellten Ergebnisse für fünf Spurenstoffgruppen zeigen deutlich, dass sowohl stoffgruppenspezifische Lösungen als auch Kombinationen unterschiedlicher Maßnahmen an der Niers erforderlich sind, um den guten chemischen und guten ökologischen Zustand der Gewässer/des Gewässers zu erreichen bzw. sich diesem anzunähern. Eine ganzheitliche Be trachtung des Fließgewässers ist für Effizienzanalysen von Handlungsoptionen notwendig, um die Maßnahmen zu priorisieren. Hinsichtlich der Stoffgruppe PFOS/PFAS sind vor allem Maßnahmen an der Quelle bei den jeweiligen Indirekteinleitern zielführend. Der Hersteller verantwortung kommt hinsichtlich der Finanzierung von Maßnahmen zur Spurenstoffreduzierung eine besondere Rolle zu. Während des Projektzeitraums konnte für die PFOS Fracht im Gewässer eine sinkende Tendenz festgestellt werden. Bei einem erneuten Auftreten relevanter Konzentrationen, die eine Einleiterrecherche erst ermöglichen, wird der Niersverband, auch zur Sicherung des Kläranlagenbetriebes (Klärschlammensorgung), eine derartige Recherche durchführen.

Im Hinblick auf die Betrachtung der Niers sind für den Niersverband neben den Spurenstoffen weitere Aspekte von wesentlicher Bedeutung, um das gute ökologische Potenzial zu erreichen. Hier ist eine gesamtheitliche Bewertung aller erforderlichen/denk baren Maßnahmen unter Berücksichtigung des jeweiligen Kosten-Nutzen-Verhältnisses notwendig.

Hierzu gehört in der Niers insbesondere die weitere Stabilisierung des Sauerstoffhaushaltes, der bei Mischwasserabschlägen nach, wenn auch seltenen, Starkregenereignissen signifikant gestört wird. Eine weitergehende Reduzierung von Nährstoffeinträgen in die Niers ist wichtig,

aber extrem aufwändig und wird im Verlauf des Gewässers durch die Zuströme aus den nährstoffbelasteten Grundwasserleitern/Nebenläufen konterkariert. Zahlreiche Maßnahmen im Bereich der Abwasserbehandlung und der Mischwasserbehandlung sind geplant (z. B. Retentionsbodenfilter Bracht-Hülst und Quellensee), einige wurden bereits umgesetzt, wie beispielsweise der Retentionsbodenfilter Dülkener Nette. Diese Retentionsbodenfilter tragen auch zur Spurenstoffreduzierung (insbesondere PAK) durch den Rückhalt von AFS bei. In Kombination mit dem Bau von Retentionsbodenfilter-Anlagen im Mischsystem sollten auch Kanalnetzsteuerungen mit geprüft werden, um das Kanalnetz u. a. optimal auszulasten, den Kläranlagenzufluss auszugleichen oder auch die Retentionsbodenfilter gezielter zu nutzen.

Hinsichtlich der Gewässerbelastung durch PAK (aus Rückständen von Verbrennungsprozessen; Heizung, Luft- und Fahrzeugverkehr sowie atmosphärischer Deposition) stellen die Trennsystemeinleitungen den größten Anteil dar. Eine Lösung ist hier nur langfristig erreichbar und erfordert ggf. Anpassungen der Entwässerungsnetze. Es ist zu prüfen, ob stark belastete Flächen (Kategorie III nach DWA-A 102 bzw. BWK-A 3) an das Schmutzwassernetz angeschlossen werden können, um die Kläranlagen mit ihrer 3. Reinigungsstufe als effiziente Senke für diese Stoffgruppe besser zu nutzen oder ortsspezifisch bspw. der Bau weiterer Retentionsbodenfilter die geeignete Wahl darstellt. Ein Handlungsschwerpunkt liegt auf der Abkopplung unbelasteter Flächen. Der Niersverband arbeitet zusammen mit den Kommunen daran, das Schwammstadtkonzept in laufenden und zukünftigen Planungsprozessen im Niersseinzugsgebiet einzubringen und damit den lokalen Wasserhaushalt zu stärken.

Die gezielte Entnahme von Spurenstoffen, Mikroplastik und Keimen erfolgt im Rahmen der Sanierung bzw. Neubaus der Kläranlage Nette mit einer 4. Reinigungsstufe. Vom Land Nordrhein-Westfalen wird der Ausbau der weitergehenden Behandlungsstufen der Kläranlage Nette sowie ein begleitendes Forschungsprojekt gefördert. Für die weitergehende Behandlung ist eine Verfahrenskombination aus granulierter Aktivkohle und einem Membranbioreaktor vorgesehen, die Spurenstoffe, multiresistente Keime und Mikroplastik aus dem Abwasser entfernen kann. Im Rahmen dieses Projektes sollen die neue innovative Kläranlagentechnik sowie die Wirkung auf das Gewässer begleitend untersucht und bewertet werden. Die gewonnenen Erkenntnisse werden in die Strategie des Verbandes zur Einführung der „4. Reinigungsstufe“ auf anderen verbandlichen Kläranlagen einfließen.

Die zahlreichen durchgeführten und laufenden Renaturierungsprojekte, wie z. B. in Viersen-Fritzbruch (Fertigstellung 2023) und im Bresgespark in Mönchengladbach (Fertigstellung Anfang 2024) mit einer Gewässerrenaturierung und -verlängerung von mehr als 3 km und entsprechender Schaffung von Auenflächen werden aufgrund ihrer Größe von rund 53 ha sehr positive Effekte auf die Beschaffenheit der Niers haben. Es konnten bislang ca. 13 % der Niers naturnah umgestaltet werden. Die dabei gezielt hergestellten großen Ersatzauen sollten durch den zusätzlich geschaffenen Lebensraum die größte Wirkung hinsichtlich der Verbesserung der biologischen Gewässergüte entfalten.

Den Erfolg aller Maßnahmen wird der Niersverband durch ein intensives chemisches und biologisches Gewässermonitoring mit Hilfe seines qualifizierten Verbandslabors regelmäßig überprüfen und daraus strategische Schlüsse im Hinblick auf die kontinuierliche Anpassung und Priorisierung der Handlungsoptionen ziehen, um die Niers Schritt für Schritt an das gute ökologische Potenzial / den guten Zustand gemäß WRRL heranzuführen.

Literatur

- Früh, D., Elbers, J. (2018): Modellierung in NRW: Überblick und Anwendung (WRRL-Symposium). Oberhausen, 2018. Online verfügbar unter https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/wrrl-symposium_2018_fruh.pdf
- Leverett, D.; Merrington, G.; Crane, M.; Ryan, J.; Wilson, I. (2021): Environmental quality standards for diclofenac derived under the European Water Framework Directive: 1. Aquatic organisms. In: Environmental Sciences Europe 33 (1), S. 133. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00574-z>
- Liess, M.; Böhme, A.; Gröning, J.; Liebmann, L.; Lück, M.; Reemtsma, T.; Römerscheid, M.; Schade, U.; Schwarz, B.; Vormeier, P.; Weisner, O. (2023): Belastung von kleinen Gewässern in der Agrarlandschaft mit Pflanzenschutzmittel-Rückständen – TV1 Datenanalyse zur Pilotstudie Kleingewässermonitoring 2018/2019. UBA-TEXTE 63/2023. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/belastung-von-kleinen-gewaessern-in-der-0>
- MULNV (2018): Monitoringleitfaden Oberflächengewässer – Anhang D4. Beurteilungswerte für das Schutzgut Aquatische Biozönose (Umweltqualitätsnormen, Orientierungswerte, Präventivwerte). Hg. v. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter <https://www.flussgebiete.nrw.de/monitoringleitfaden-oberflaechengewaesser-anhang-d4-7724>
- MULNV & LANUV (2021a): Bewirtschaftungsplan 2022-2027 für die nordrhein-westfälischen Anteile von Rhein, Weser, Ems, und Maas. Hg. v. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV NRW). Online verfügbar unter <https://www.flussgebiete.nrw.de/bewirtschaftungsplan-2022-2027-fuer-nrw-9180>
- MULNV & LANUV (2021b): Maßnahmenprogramm 2022-2027 für die nordrhein-westfälischen Anteile von Rhein, Weser, Ems, und Maas. Hg. v. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV NRW). Online verfügbar unter https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/massnahmenprogramm_nrw_2022-2027.pdf
- MULNV (2021c): Steckbriefe der Planungseinheiten in den nordrhein-westfälischen Anteilen von Rhein, Weser, Ems und Maas - Bewirtschaftungszeitraum 2022-2027. Oberflächengewässer und Grundwasser, Teileinzugsgebiet Maas/Maas Nord NRW. Hg. v. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV NRW). Online verfügbar unter https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/pe-steckbriefe_maasnordnrw_2022-2027.pdf
- OGewV (2016): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV) vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373). OGewV 2016. In: Bundesgesetzblatt 2016. Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/ogewv_2016/OGewV.pdf
- Teneketzi, E., Knollmann, P., Weber, F.-A., Schöttler, O., Manheller, W., Schitthelm, D., Brinkmann, S. (2023): Erfassung punktueller und diffuser Eintragspfade von Spurenstoffen in die Niers: Ergebnisse einer einjährigen werktäglichen Messkampagne. KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 2023 (16) Nr. 1, 28-37. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.3243/kwe2023.01.002>
- UBA (2022): Spurenstoffzentrum des Bundes. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/spurenstoffzentrum-des-bundes-ueber-uns?parent=93380>