MIKROSCHADSTOFFE AUS KOMMUNALEM ABWASSER

Stoffflussmodellierung, Situationsanalyse und Reduktionspotenziale für Nordrhein-Westfalen

(Kläranlage Lünen NRW, Bild aus RuhrNachrichten.de / Foto: Frank Bock/www.newspic.de)

Im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW

ABSCHLUSSBERICHT

8. Oktober 2012

envilab

HOLINGER

eawag aquatic research

oekotoxzentrum centre ecotox

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

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

MIKROSCHADSTOFFE AUS KOMMUNALEM ABWASSER

Stoffflussmodellierung, Situationsanalyse und Reduktionspotenziale für Nordrhein-Westfalen

Auftraggeber:

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MKULNV), D

Autoren:

Christian Götz (Datenanalyse, Modellierung und Bericht), ENVILAB AG, Mühlethalstrasse 25, Zofingen, CH, christian.goetz@envilab.ch

Robert Kase (Projektkoordination, Ökotoxikologie), Schweizerisches Zentrum für angewandte Ökotoxikologie (Oekotoxzentrum), Dübendorf, CH
robert.kase@oekotoxzentrum.ch

Christoph Ort und Heinz Singer; Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Eawag), Dübendorf, CH
christoph.ort@eawag.ch; heinz.singer@eawag.ch

Sabine Bergmann, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, D,
sabine.bergmann@lanuv.nrw.de

Fachliche Begleitung und Review:

Viktor Mertsch, MKULNV

Nadzeya Homazava, Oekotoxzentrum

Inge Werner, Oekotoxzentrum

Zitiervorschlag:

Christian Götz, Sabine Bergmann, Christoph Ort, Heinz Singer und Robert Kase, 2012, *„Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser - Stoffflussmodellierung, Situationsanalyse und Reduktionspotenziale für Nordrhein-Westfalen“.* Studie im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MKULNV), D

Informationen / Kontakt:

Der Bericht kann beim MKULNV unter poststelle@mkulnv.nrw.de angefragt werden.

Ansprechpartner MKULNV: viktor.mertsch@mkulnv.nrw.de

Ansprechpartner LANUV: sabine.bergmann@lanuv.nrw.de

Weitere Informationen und Download: http://www.masterplan-wasser.nrw.de und

http://www.oekotoxzentrum.ch/projekte/stoffluss/index

Danksagung an zahlreiche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im LANUV, insbesondere:

Probenahme und Analytik:

Klaus Selent (Koordinierung Messprogramm Abwasser, Ansprechpartner für die Organisation und Durchführung der Untersuchungen)

Hugo Hick, Jörg Glaßmacher, Christian Foltys, Engelbert Thoms für Planung und Durchführung der Probenahmen

Rolf Reupert und MitarbeiterInnen des Labors Düsseldorf für die Durchführung der Analytik

Bereitstellung, Ermittlung und Plausibilisierung der Grundlagendaten und Ergebnisse:

Martin Brinkmann, Bernd Mehlig und MitarbeiterInnen des LANUV u. der Bezirksregierungen im Bereich Hydrologie (Zusammenstellung und Prüfung der Abflussdaten, MNQ).

Michael Holland, Peter Perkons (Gewässergütedaten)

Ludger Neuhann, Denise Früh (GIS-Daten Gewässernetz NRW, Erstellung der Karten Ist-Zustand / Extrapolation der Ergebnisse auf Oberflächenwasserkörper, Plausibilisierung der Eingangs- und Ergebnisdaten)

Dr. Gerta Mentfewitz, Andrea Ellinghoven, Norbert Lerch (Abwasserdaten, Ausbaudaten Kläranlagen)

Ermittlung und Festlegung der Qualitätskriterien Gewässergüte, Plausibilisierung der Ergebnisse zur Gewässergüte in Abstimmung mit WG-E, UBA u. Ökotoxzentrum

Dr. Friederike Vietoris

Danksagung auch an zahlreiche externe Beteiligte, insbesondere:

Alle Betreiber der im Anhang 2 aufgeführten Kläranlagen für die Bereitschaft, sich am Messprogramm zu beteiligen und die Ergebnisse zu veröffentlichen

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Emschergenossenschaft / Lippeverband, Erftverband, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Ruhrverband (Bereitstellung von Abflussdaten)

Jochen Herr und Susanne Malms, RWTH Aachen (Bereitstellung von Daten aus dem Projekt MIKROMEM (TP7, Spurenstoffprojekte))

Dr. Reinhard Noll, OWL Umweltanalytik (Bereitstellung einer Auswertung der Spuren- und Mikroschadstoffuntersuchungen kommunaler Kläranlagen)

Frank Benstöm, RWTH Aachen (Bereitstellung von Daten aus dem Projekt Mikroflock)

Dr. Torsten Frehmann, Emschergenossenschaft/Lippeverband (Messdaten von Kläranlagen im Verbandsgebiet)

Ruhrverband (Messdaten von Kläranlagen / Ruhrgüteberichte 2010, 2011)

Yannick Taudien, Wupperverband (Messdaten von Kläranlagen im Verbandsgebiet)

Paul Wermter Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e.V., Aachen; Dr. Jochen Türk, IUTA, Duisburg (Bereitstellung von Informationen zur Methodik und Ergebnissen aus dem Projekt „Volkswirtschaftlicher Nutzen der Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen zur Elimination von Mikroschadstoffen Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft“)

Betreiber der Zentralkläranlage Lage, OWL Umweltanalytik, Bezirksregierung Detmold /Thomas Sürder (Bereitstellung der Messdaten zu anthropogenen Spurenstoffen an der ZKA Lage)

Andrea Kaste, MKULNV (Einholen von Daten und Informationen aus anderen Projekten und von Betreibern; Abgleich der Daten mit dem Lagebericht „Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen“)

Dieter Schudoma, Umweltbundesamt (laufender Austausch der aktuellen Informationen zu Gewässerqualitätskriterien)

Dr. Ines Roennefahrt, Umweltbundesamt (Datenrecherche zu Humanarzneistoffen)

IMS Health AG (Bereitstellung Verkaufszahlen Humanarzneistoffe in Dtl.)

Stefano Dazio (HOLINGER AG, Bern CH) für die GIS-basierten graphische Darstellungen der Einleitstellen und Karin Borkmann (HOLINGER AG, Luzern CH) für die Zusammenstellung der Tagesabflussdaten und die Umrechnungen der Konzentrationen an den 51 ausgewählten GUES-Messstellen auf Frachten.

INHALT

Zusammenfassung 7
1. Einleitung 9
1.1 Ausgangslage 9
1.2 Zielsetzung und Durchführung des Projektes 10
1.3 Vorgehen: Kurzer Überblick 10
1.3.1. Erstellen des Stoffflussmodells 11
1.3.2. Überprüfung der Inputdaten 12
1.3.3. Berechnung des IST-Zustandes 12
1.3.4. Ermittlung der MNQ-Werte 12
1.3.5. Modellüberprüfung: Vergleich mit Messdaten in den Gewässern 13
1.3.6. Szenarienanalysen und Reduktionsmassnahmen 13
1.3.7. Herleitung und Definition von Qualitätskriterien 15
1.3.8. Flächendeckende Risikoabschätzung durch Anwendung von Umweltqualitätskriterien zur Erfassung der chemischen Wasserqualität 15
2. Gewässernetz und Kläranlagen 16
2.1 Übersicht 16
2.2 Grössenverteilung der Kläranlagen 17
2.3 Abwassermengen 17
2.4 Kläranlagen mit Flockungsfiltration 19
2.5 Kläranlagen mit weitergehender Abwasserbehandlung für Mikroschadstoffe 20
2.6 Kläranlagen mit Einleitung in trinkwasserrelevante Gewässer 21
2.7 Verteilung der Abflussdaten (Mittlerer Niedrigwasserabfluss, MNQ) 22
3. Stoffdaten 23
3.1 Voraussetzungen 23
3.2 Stoffauswahl und -daten 24
3.3 Messungen von Mikroschadstoffen in Kläranlagen 26
3.4 Vergleich der berechneten Inputdaten mit Messungen an Kläranlagen 27
3.5 Schlussfolgerungen und Inputdaten für die Stoffflussmodellierung 29
3.6 Messungen von Mikroschadstoffen in Gewässern 30
3.7 Wirkungsbasierte Qualitätskriterien 33
3.7.1. Wirkungsbasierte Qualitätskriterien des Oekotoxzentrums 33
3.7.2. Trinkwasserspezifische Zielwerte 33

3.7.3. Abgleich mit dem LANUV und in dieser Arbeit verwendete Werte 34
4. Stoffflussmodell.....35
4.1 Grundsätzlicher Aufbau und Programmierung.....35
4.2 Austauschtabelle.....36
4.3 Vorbelastungen der zufliessenden Gewässer 38
4.3.1. Vorbelastung des Rheins.....38
4.3.2. Vorbelastung der übrigen Gewässer.....39
5. Berechnung des IST-Zustandes.....40
5.1 Georeferenzierte Darstellung der modellierten Konzentrationen einer Auswahl an Mikroschadstoffen 40
5.1.1. Carbamazepin 40
5.1.2. Diclofenac.....41
5.1.3. Metoprolol.....42
5.2 Überprüfung des Stoffflussmodells: Vergleich der berechneten Stoffflüsse mit Messdaten, ...43
5.2.1. Verifizierung, Validierung und Überprüfung des Modells.....43
5.2.2. GUES-Messstellen 43
5.2.3. Carbamazepin 45
5.2.4. Diclofenac.....45
5.2.5. Umrechnung der gemessenen Konzentrationen auf Stoffflüsse.....46
5.2.6. Vergleich der Stoffflüsse für ausgewählte Mikroschadstoffe 46
5.3 Beurteilung der Gewässerbelastung.....50
5.3.1. Einzelstoffbeurteilung anhand von ökotoxikologisch basierten Werten 50
5.3.2. Vergleich mit ökotoxikologischen Qualitätskriterien für Carbamazepin, Diclofenac und Metoprolol 51
5.3.3. Vergleich mit ökotoxikologischen Qualitätskriterien für sechs Mikroschadstoffe...54
5.3.4. Extrapolation der Konzentrationen unterhalb der Einleitstellen auf die Oberflächenwasserkörper 56
5.3.5. Vergleich mit trinkwasserspezifischen Zielwerten 58
5.3.6. Zusammenfassung IST-Zustand.....59
6. Szenarienanalysen.....61
6.1 Szenarienauswahl.....61
6.2 Eliminationsraten einzelner Mikroschadstoffe in weitergehenden Verfahren 61
6.3 Szenario A: Trinkwassergewinnung 62

6.4 Szenario B: Ausbau von Kläranlagen mit Flockungsfiltration 65
6.5 Szenario C: Ausbau aller Anlagen >100‘000 Einwohner 67
6.6 Szenario D: Optimierung zur Senkung ökotoxikologisch problematischer Konzentrationen in den Gewässern....68
6.6.1. Übersicht und Vorgehen 68
6.6.2. Optimierung der Wasserqualität hinsichtlich ökotoxikologischer Kriterien mit Diclofenac als Indikatorstoff 69
6.6.3. Optimierung der Wasserqualität hinsichtlich ökotoxikologischer Kriterien mit Carbamazepin als Indikatorstoff 72
7. Schlussfolgerungen und Ausblick....75
7.1 Methodische Schlussfolgerungen....75
7.2 Gewässerschutz mit Blick auf ökotoxikologische Gewässergüte 75
7.3 Frachtreduktion für Nordrhein-Westfalen gesamt 76
7.4 Optimierung zum Schutz der Trinkwasserressourcen 76
8. Empfehlungen für weitergehende Untersuchungen und Massnahmen....79
8.1 Weitere Arbeiten am Stoffflussmodell NRW 79
8.1.1. Absicherung der Modellresultate und Ausweitung auf weitere Stoffe 79
8.1.2. Zielorientierte Szenarienanalysen und Kosten-/Nutzen-Untersuchungen....79
8.1.3. Vertiefte Analyse der trinkwasserrelevanten Gewässer 80
8.2 Ausweitung der Stoffflussmodellierung und benutzerfreundliche Umsetzung des Modells 80
8.3 Verknüpfung des Stoffflussmodells mit Screening und Biotests 80
8.3.1. Verknüpfung der Stoffflussanalyse mit Screening....80
8.3.2. Biotests....81
9. Literatur....83

Anhang 1: Mittlere Abwassermengen und Abwasseranteile....86
Anhang 2: Messdaten der Konzentrationen im Abwasser 90
Anhang 3: Messdaten im Gewässer – Stofffrachten und Konzentrationen....96
Anhang 4: Festlegung der Qualitätsziele mit Blick auf dieökotoxikologische Gewässergüte ..101
Anhang 5: Modellierte Konzentrationen (IST-Zustand)....104
Anhang 6: Kurzcharakterisierung der modellierten Substanzen 113

ZUSAMMENFASSUNG

Mit 17,8 Millionen Einwohnern ist Nordrhein-Westfalen das bevölkerungsreichste Bundesland in Deutschland. Durch die hohe Besiedlungsdichte, insbesondere in industriellen Ballungsgebieten wie dem Ruhrgebiet, ist der Druck auf die Gewässer durch die Wassernutzung und Abwassereinleitung verhältnismäßig groß. Bei Niedrigwasser führen viele Gewässer einen Abwasseranteil (gereinigtes Abwasser aus kommunalen Kläranlagen) von mehr als 10%.

Mit dem gereinigten kommunalen Abwasser werden Rückstände von Arzneimitteln, Bioziden und Haushaltschemikalien, sogenannte Mikroschadstoffe, in die Oberflächengewässer eingetragen. Aufgrund der hohen Abwasserbelastung der nordrhein-westfälischen Fliessgewässer, ist auch die Problematik der Mikroschadstoffe für Nordrhein-Westfalen von besonderer Relevanz. In diesem Projekt wurde für Arzneimittel und weitere Mikroschadstoffe aus kommunalen Kläranlagen mit einem Stoffflussmodell eine flächendeckende Übersicht zur Belastungslage erstellt und der aktuelle Handlungsbedarf aufgezeigt. Es wurden dabei rund 650 Kläranlagen mit einer Größe >50 Einwohnerwerten (EW) berücksichtigt. Mit dem Stoffflussmodell wurden sowohl die Stoffflüsse als auch die Konzentrationen im Gewässer direkt unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen berechnet.

Die modellierten Stofffrachten wurden mit gemessenen Daten in Kläranlagenabläufen und Oberflächengewässern verglichen. Für Oberflächengewässer standen sehr viele Messdaten zur Verfügung. An insgesamt 51 GUES-Messstellen wurden insgesamt mehr als 10‘000 Messwerte von Mikroschadstoffen erhoben. Für die Kläranlagenausläufe wurde im Rahmen dieses Projektes vom LANUV eine umfangreiche Messkampagne an dreizehn Kläranlagen durchgeführt. Die Vergleiche der modellierten Frachten in Kläranlagen zeigen für alle untersuchten Arzneimittel eine gute Übereinstimmung. Die Vergleiche mit Messdaten in Oberflächengewässern, an insgesamt 51 verschiedenen GUES-Messstellen, zeigen für die Mikroschadstoffe ebenfalls gute Übereinstimmungen.

Als ein ökotoxikologisch besonders diskutiertes Arzneimittel, für welches die EU Kommission im Januar 2012 einen Qualitätsnormvorschlag von 0.1 µg/L veröffentlicht hat, wurde Diclofenac genauer ausgewertet. Die Modellergebnisse des IST-Zustandes weisen darauf hin, dass die Diclofenac-Konzentrationen in rund 90% aller Gewässerabschnitte direkt unterhalb von Kläranlageneinleitstellen bei Niedrigwasser höher als das wirkungsbasierte Qualitätskriterium von 0.1 µg/L sind. Auch andere Arzneimittel wie Sulfamethoxazol, Clarithromycin oder Carbamazepin überschreiten häufig die Qualitätsziele. Die Analyse des IST-Zustandes der Gewässer in Nordrhein-Westfalen zeigt somit einen sehr weitreichenden Handlungsbedarf in Bezug auf den Arzneimitteleintrag aus kommunalem Abwasser im Allgemeinen und auf Diclofenac im Speziellen auf. Wenn vorsorgliche Werte zum Schutz des Trinkwassers angewendet werden, welche für Arzneimittel generell 0.1 µg/L pro Einzelstoff betragen, wird ein noch dringenderer Handlungsbedarf in Bezug auf die Reduktion von Mikroschadstoffen aus kommunalem Abwasser in Gewässern mit Trinkwassernutzung und deren Oberlieger aufgezeigt.

Mit Hilfe von Szenarienanalysen wurden verschiedene Reduktionspotentiale ermittelt. Um überall die Qualitätsziele bei Niedrigwasser einzuhalten, müsste den Ergebnissen zu Folge ein Großteil aller Kläranlagen mit einer weitergehenden Reinigungsstufe ausgerüstet oder auf eine größere Kläranlage abgeleitet werden.

Die Gesamtfracht an Mikroverunreinigungen hingegen kann mit dem Ausbau von wenigen großen Kläranlagen erheblich reduziert werden: Mit dem Ausbau aller Kläranlagen, an die über 100‘000 Einwohner angeschlossenen sind, ist eine Reduktion der Gesamtstofffracht von mehr als 40% erreichbar. Dies sind rund 6% der Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen.

Es zeigt sich bei den Szenarioanalysen die auf den Trinkwasserschutz abzielen, dass eine deutliche Entlastung der betroffenen Fliessgewässer erreicht werden könnte, wenn die Oberlieger ebenfalls Massnahmen ergreifen. Dies gilt insbesondere für den Rhein, welcher bereits beim Eintritt in das Bundesland Nordrhein-Westfalen mit dem Abwasser von rund 32 Mio. Einwohnern vorbelastet ist. Die alleinige Planung von Massnahmen in Nordrhein-Westfalen ist für einen effektiven Schutz der Trinkwasserressourcen, insbesondere des Rheins, nicht ausreichend. Für weitere Untersuchungen müsste abgeklärt werden, mit welcher Reduktion durch Oberlieger gerechnet werden könnte.

1. EINLEITUNG

1.1 Ausgangslage

Anthropogen eingetragene organische Spurenstoffe in natürlichen Gewässern stehen der Umweltforschung, in Politik und im Umweltvollzug mehr und mehr im Zentrum des Interesses. Neben verschiedenen Messkampagnen und Studien, in welchen organische Spurenstoffe in diversen Gewässern nachgewiesen wurden, werden auch negative Effekte dieser Substanzen im niedrigen µg/L und teilweise bereits im ng/L Bereich nachgewiesen (Escher, et al., 2008; Götz, et al., 2010; Bergmann, et al., 2011; Hirsch, et al., 1999; Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), 2010; Ruhrverband, 2009; Fahlenkamp, et al., 2008). Diese organischen Spurenstoffe werden aufgrund des Konzentrationsbereiches, welcher typischerweise im ng/L bis µg/L Bereich liegt, auch Mikroschadstoffe genannt.

Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser, also Arzneimittelrückstände, Haushaltschemikalien, Biozide und weitere Stoffe mit Ursprung im Siedlungsgebiet, haben einen grossen Anteil an den in natürlichen Gewässern gefundenen organischen Spurenstoffen (Gälli, et al., 2009). Für Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser können vier Haupteintragspfade in die Gewässer unterschieden werden: (1) Eintrag mit gereinigtem Abwasser über Kläranlagen; (2) Eintrag mit ungereinigtem Abwasser über Mischwasserentlastungen bei Kapazitätsüberschreitungen der Kläranlagen und der Kanalisation; (3) Eintrag durch Leckagen in der Kanalisation oder Fehlanschlüsse; und (4) Eintrag mit verschmutztem Niederschlagswasser von Dächern oder versiegelten Flächen durch Regenkanäle. Da viele Mikroschadstoffe in konventionellen Kläranlagen nicht ausreichend abgebaut werden und mengenmässig der grösste Anteil an Abwasser durch Kläranlagen in die Gewässer eingebracht wird, stellt der Eintrag mit gereinigtem kommunalem Abwasser den wichtigsten Eintragspfad dar (Abegglen, et al., 2012).

Mit rund 17,8 Millionen Einwohnern ist Nordrhein-Westfalen das bevölkerungsreichste Bundesland in Deutschland. Durch die relativ hohe Besiedlungsdichte, insbesondere in industriellen Ballungsgebieten wie dem Ruhrgebiet, ist der Druck auf die Gewässer durch die Wassernutzung und Abwassereinleitung besonders hoch. Bei Niedrigwasser führen viele Gewässer einen Abwasseranteil (gereinigtes Abwasser aus kommunalen Kläranlagen) von mehr als 10%. Ein Abwasseranteil von 10% wurde bei konventioneller Aufbereitungstechnik in verschiedenen Studien im Rahmen des Projektes Micropoll des Schweizerischen Bundesamtes für Umwelt (BAFU) als kritisch identifiziert und wurde für die Priorisierung von Ausbaumassnahmen als ein Entscheidungskriterium vorgeschlagen (Abegglen, et al., 2012; Gälli, et al., 2009).

1.2 Zielsetzung und Durchführung des Projektes

In Nordrhein-Westfalen sind rund 650 Kläranlagen mit einer Grösse >50 Einwohnerwerte (EW) in Betrieb. Um die derzeitige Belastungssituation für Mikroschadstoffe erfassen zu können und eine flächendeckende Übersicht zu erhalten, sollte ein georeferenziertes Stoffflussmodell verwendet und angepasst werden. Für die Modellierung sollten ausgewählte Mikroschadstoffe und deren aktuelle Umweltqualitätskriterien berücksichtigt werden.

Der Schwerpunkt wird in erster Linie auf persistente Arzneimittelrückstände und einige Haushaltschemikalien gesetzt, welche einen zeitlich und räumlich homogenen Verbrauch aufweisen, in heutigen Kläranlagen und Fliessgewässern nicht schnell abgebaut werden und für die Verbrauchszahlen bekannt sind oder abgeschätzt werden können.

Ziel der Stoffflussmodellierung ist die Identifizierung von besonders problematischen Vorflutern zur Priorisierung von Messungen und genaueren Untersuchungen. Das landesweite Stoffflussmodell ist ein Übersichtsmodell und soll als Entscheidungshilfe für das weitere Vorgehen bezüglich der Problematik der Mikroschadstoffe dienen. Gleichermassen können mit dem Modell auch unkritische Gewässerabschnitte identifiziert werden und den zukünftigen Messaufwand deutlich eingrenzen.

Für die Berechnungen werden die vom LANUV vorgegebenen aktuellen wirkungsbasierten ökotoxikologischen Umweltqualitätskriterien (UQN-Vorschläge des UBA) herangezogen. Im Weiteren wurde zum Vergleich die aktuellen Überschreitungen von vorsorgliche Werten unter Berücksichtigung der Bewertungsstrategie „Reine Ruhr“ (vgl. GOW-Konzept, UBA, 2003) für sechs Mikroschadstoffe angeschaut. (Expertenkommission Programm „Reine Ruhr" und MKULNV, 2012).

Neben der Erfassung der IST-Situation sollen mit dem Modell Möglichkeiten zur Reduktion der Belastung der Gewässer mit Mikroschadstoffen aufgezeigt und verschiedene Reduktionsvarianten miteinander verglichen werden.

1.3 Vorgehen: Kurzer Überblick

In der Abbildung 1 ist das Vorgehen in sieben Schritten skizziert. Die einzelnen Schritte sind im Anschluss in den Abschnitten 1.3.1 bis 1.3.8 kurz beschrieben.

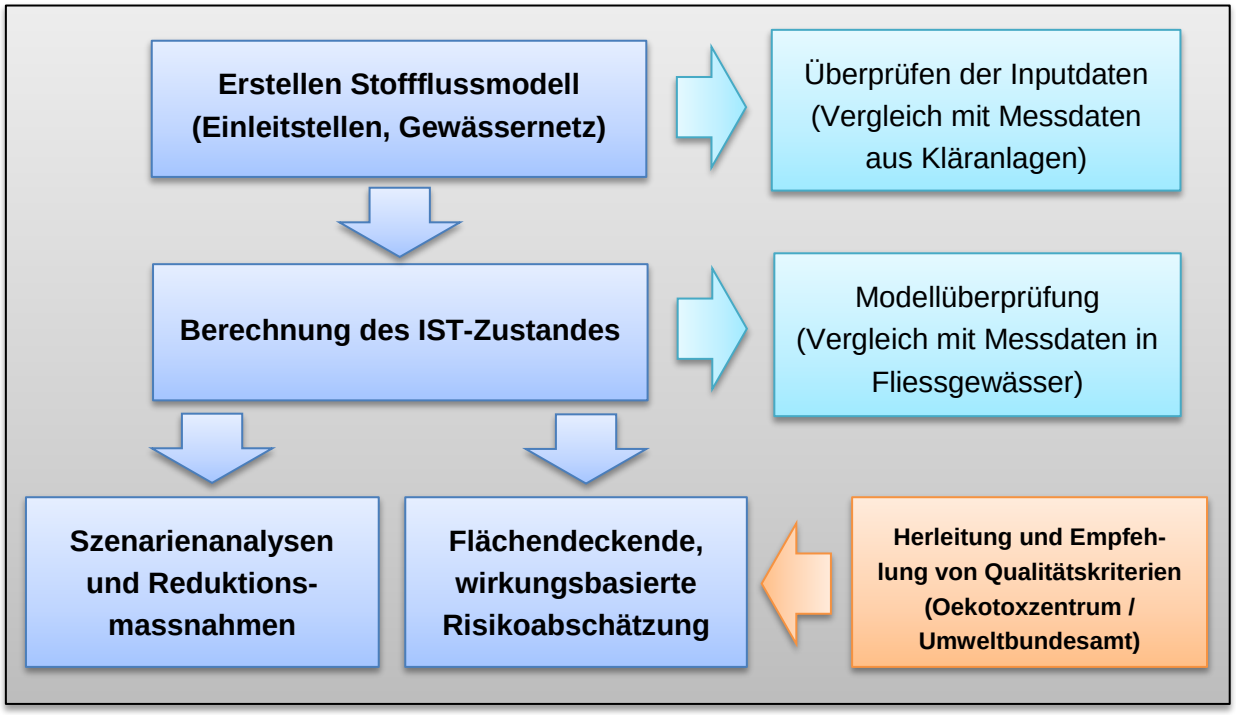

Abbildung 1: Vorgehen für die flächendeckende Situationsanalyse und Stoffflussmodellierung für Nordrhein-Westfalen.

1.3.1. Erstellen des Stoffflussmodells

Für die Modellierung eingesetzt wurde ein georeferenziertes Stoffflussmodell, welches im Rahmen des Projektes „Strategie Micropoll' im Auftrag des Schweizer Bundesamts für Umwelt als Screening Tool zur Massnahmen-Evaluation für siedlungsbürtige Mikroverunreinigungen entwickelt wurde (Ort, et al., 2007). Das Modell basiert auf der Aufsummierung von einwohnerspezifischen Stoffflüssen, welche über Kläranlagen in die Gewässer eingetragen werden. Die Stoffeinträge der Kläranlagen werden dabei entlang der Fliessstrecke der Gewässer akkumuliert. Dabei werden im verwendeten Stoffflussmodell keine Abbau- und Sorptionsprozesse in der Umwelt berücksichtigt. Berücksichtigt wurden lediglich die stoffspezifischen Eliminationsleistungen der vorhandenen Kläranlagen. Die Modellierung muss daher auf näherungsweise persistente, gewässergängige Stoffe fokussiert bleiben. Diese Stoffe zählen in der Regel jedoch auch gerade aufgrund ihrer Persistenz zu den problematischen Mikroschadstoffen aus dem kommunalen Abwasser. Der konzeptionelle Aufbau, die notwendigen Eingangsgrössen, die Vorhersagekraft und die implementierten Rechenszenarien des Modells sind in den Veröffentlichungen Ort et al. (2007) und Ort, et al. (2009) detailliert beschrieben. Im Weiteren wurde dieses Modell für das Bodenseegebiet angepasst und eingesetzt und ebenfalls für eine schweizweite Situationsanalyse für 6 Mikroschadstoffe angewendet (Longrée, et al., 2011; Götz, et al., 2010). Dieses Modell wurde nun auch für NRW entwickelt und flächendeckend eingesetzt.

1.3.2. Überprüfung der Inputdaten

Zur Überprüfung der Emissionsdaten von Stoffen in die Gewässer wurden die aus den Verbrauchszahlen, Metabolisierungsraten im Körper und Abbau- und Sorptionsprozessen in Kläranlagen abgeleiteten Einträge mit Messdaten in Kläranlagen verglichen. Dazu wurden verschiedene Messdaten des LANUV, sowie Daten von Kläranlagenbetreibern in NRW und aus Forschungsprojekten verwendet (Herbst, et al., 2011; Türk, et al., 2011; Jargemann, 2011). Das Projekt wurde durch das LANUV fachlich begleitet, daher war ein kontinuierlicher Informationseinbezug zu aktuellen NRW relevanten Messergebnissen möglich.

Aktuelle bundesweite Verbrauchszahlen wurden vom UBA bezw. mittels Literaturrecherche seitens des LANUV zur Verfügung gestellt. Die fehlenden stoffspezifischen Daten und Verbrauchszahlen wurden für die wichtigsten Stoffe aus Messwerten in Kläranlagenausläufen abgeschätzt und durch die Bewertung aus dem Bodenseeprojekt oder den Verbrauchsdaten für die Schweiz von 2009 ergänzt. Im Weiteren wurden die aus den Verbrauchszahlen abgeschätzten Emissionen mit aktuellen repräsentativen Messungen des LANUV in Kläranlagenausläufen Nordrhein-Westfalens verglichen (siehe Abschnitt 3.4).

1.3.3. Berechnung des IST-Zustandes

Die Konzentrationen und Frachten für ausgewählte Mikroverunreinigungen wurden unterhalb jedes Kläranlagenauslaufs berechnet. Dazu wurden mit dem oben beschriebenen Stoffflussmodell die Stofffrachten mit den mittleren Niedrigwasserabflüssen (MNQ) in Konzentrationen umgerechnet. Folgende Stoffe wurden berücksichtigt: Benzotriazol, Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac, Metoprolol, Sotalol und Sulfamethoxazol. Die Verdünnung des Abwassers ist im Falle von MNQ kleiner, als im Jahresmittel. Über das ganze Jahr gesehen kann dieser Fall aber mehrmals auftreten bzw. in Trockenperioden auch über längere Zeit anhalten.

1.3.4. Ermittlung der MNQ-Werte

Der mittlere Niedrigwasserabfluss in den Gewässern unterhalb der Kläranlagen wurde auf Basis der mittleren niedrigsten Abflussspenden in L/(s*km²) (MNQ) ermittelt. Einige Angaben konnten durch den Abgleich mit Pegeln bzw. anderen Einleitungsstellen im Umkreis generiert werden. Andere Angaben wurden durch Expertenurteil (LANUV) ergänzt. In wenigen Einzelfällen (bei Einleitungsstellen kurz oberhalb der Mündung) beziehen sich die MNQ-Werte auf das nächstgrössere Gewässer. Für diese Stellen wurden die Konzentrationen im entsprechenden nächstgrösseren Gewässer bestimmt und angegeben. Direkt unterhalb der Einleitstelle wurde nur der Stofffluss modelliert, aber keine Konzentrationen.

Um zu verhindern, dass durch zu tief geschätzte MNQ-Werte unrealistisch hohe Konzentrationen berechnet werden, wurden alle MNQ-Werte mit der kumulierten Abwassermenge an der

entsprechenden Einleitstelle verglichen. Falls die kumulierte Abwassermenge grösser als der abgeschätzte MNQ war, wurde der MNQ durch die kumulierte Abwassermenge an der entsprechenden Einleitstelle ersetzt, d.h. es wurde für diese Einleitstellen ein Abwasseranteil von 100% angenommen. Um die kumulierten Abwassermengen zu berechnen, wurden die gemessenen Mengen (Durchschnittswerte 2010, vom LANUV zur Verfügung gestellt) verwendet.

1.3.5. Modellüberprüfung: Vergleich mit Messdaten in den Gewässern

Durch einen Vergleich der gemessenen und der modellierten Daten in den Gewässern wurde das Stoffflussmodell für Nordrhein-Westfalen validiert. Dazu wurden Messstellen aus dem Gewässergüte-Messnetz NRW (GUES-Messstellen) ausgewählt, wobei folgende Kriterien erfüllt sein mussten:

- Ausreichende Anzahl Untersuchungen auf Indikatorstoffe im Zeitraum 2008-2010 (2011) vorhanden (mindestens 12 Proben).
- Tagesabflusswerte zu den korrespondierenden Probenahmeterminen vorhanden.

Die angegebenen Kriterien wurden bei 51 GUES-Messstellen (von insgesamt 837 auf die betreffenden Stoffe untersuchten GUES-Messstellen) erfüllt. Enthalten sind 43 besonders intensiv beprobte Überblicksmessstellen (Überblicksmessnetz gemäß EU-WRRL). Diese Messstellen befinden sich systematisch an allen Haupt- und größeren Nebengewässern sowie an wasserwirtschaftlich besonders bedeutsamen Stellen im Gewässernetz.

Die an den ausgewählten GUES-Messstellen gemessenen Konzentrationen wurden über die verfügbaren Tagesabflusswerte von Bezugspegeln auf Stofffrachten umgerechnet, wobei nur Werte oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenzen (BG) für die mittleren Frachtberechnungen berücksichtigt wurden. Die Auswahl der Stoffe für die Modellierung und Modellvalidierung beschränkte sich auf regelmässig oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenze in den Gewässern nachweisbare Substanzen. Die so errechneten Stofffrachten wurden dann mit den modellierten Frachten verglichen. Die Modellanalysen wurden für 7 Substanzen (Benzotriazol, Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac, Metoprolol, Sotalol, Sulfamethoxazol) durchgeführt. Die Auswahl der Substanzen wird im Abschnitt 3.2 im Detail aufgezeigt. In diesem Bericht wird auf die Substanzen fokussiert, zu denen ausreichende Daten (Messdaten >BG) für die Modellüberprüfung vorhanden sind und welche eine gute Übereinstimmung zwischen Stoffflussmodellierung und Messwerten im Gewässer erwartet wird.

1.3.6. Szenarienanalysen und Reduktionsmassnahmen

In der Regel werden für siedlungsrelevante, organische Substanzen dann hohe Frachten in einem Vorfluter erreicht, wenn die Substanzen in grossen Mengen im Siedlungsgebiet eingesetzt und diese ungenügend in der Kläranlage eliminiert werden.

Zurzeit werden in verschiedenen EU-Ländern als mögliche Massnahmen zur Reduktion von Mikroverunreinigungen in Oberflächengewässern ein Ausbau der Kläranlagen mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe (Ozonung oder Aktivkohle) diskutiert. Einige Anlagen sind bereits in Betrieb (Kläranlagen in NRW mit weitergehender Spurenstoffelimination, s. Kapitel 2). Um zu überprüfen, welche Auswirkungen verschiedene Kläranlagen-Ausbaustrategien auf die Fracht und die Konzentration der als Indikatoren ausgewählten Substanzen haben, wurden unterschiedliche Szenarien mit dem Modell berechnet. Grundsätzlich kann zwischen zwei Hauptzielen unterschieden werden: 1) Reduktion hoher Konzentrationen (meist in vielen kleinen/schwachen Gewässern) und 2) Reduktion der Stofffracht (typischerweise bei grossen Kläranlagen). Die berechneten Szenarien dienen als Informationsgrundlage, mit welcher die Wirksamkeit eines gezielten Ausbaus, bzw. der Ertüchtigung von Kläranlagen an Belastungsschwerpunkten beurteilt werden und eine grobe Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt werden kann (Ort, et al., 2009).

Spezifische Reduktionsmassnahmenszenarien, die verglichen werden:

A) (1) Ertüchtigung/Ausbau von Kläranlagen im Einzugsgebiet von Oberflächenwasserkörpern, aus denen täglich mehr als 100 m^3 Trinkwasser gewonnen wird (OFWK gemäß Art.7 der EU-WRRL) und sich im Fließverlauf oberhalb der Trinkwassergewinnungsanlage befinden; sowie
(2) spezielle Betrachtung von Kläranlagen, die sich im Fließverlauf in 2 km oberhalb einer Trinkwassergewinnungsanlage befinden.

B) Ertüchtigung/Ausbau von 100 Kläranlagen mit Flockungsfiltration, welche mit Aktivkohlefilter ersetzt würden.

C) (1) Ausbau von 37 Kläranlagen >100‘000 angeschlossenen Einwohnern mit zusätzlicher Ozonung oder zusätzlicher Aktivkohlebehandlung.
(2) Ausbau von 67 Kläranlagen >100‘000 Plangrösse mit zusätzlicher Ozonung oder zusätzlicher Aktivkohlebehandlung.

D) Ausbau der Kläranlagen, welche im Gewässer ökotoxikologisch problematische Konzentrationen von organischen Mikroschadstoffen verursachen:
(1) Kläranlagen >10‘000 EW kommen für Ausbau in Frage.
(2) Alle Kläranlagen kommen für den Ausbau in Frage.

In diesem Projekt werden die Ausbauszenarien nur übersichtsmässig erfasst, d.h. es erfolgte keine Beurteilung der Infrastruktur der einzelnen Abwasserreinigungsanlage. Die Kläranlagen, die jedoch bereits über eine großtechnische Eliminationsstufe (Ozonung, Aktivkohle) verfügen, wurden in allen Szenarien berücksichtigt (vgl. Abschnitt 2.5). Eine detaillierte Betrachtung könnte als Folgeprojekt durchgeführt werden.

1.3.7. Herleitung und Definition von Qualitätskriterien

Für verschiedene Mikroschadstoffe wurden vom Oekotoxzentrum, teilweise auch in Zusammenarbeit mit internationalen Expertengremien, effektbasierte Qualitätskriterien, basierend auf aktuellen Effektdatensätzen erarbeitet und extern begutachtet. Diese wurden für die hier getätigte Risikoanalyse zur Verfügung gestellt und im Zusammenhang mit den Vorschlägen des Umweltbundesamtes diskutiert und ausgewählt.

Die wirkungsbasierten Kriterien können zur Klassierung der chemischen Wasserqualität verwendet werden, wie beispielsweise im Beurteilungskonzept des Projektes Micropoll (Gälli et al., 2009; Götz et al., 2010). Geltende Umweltqualitätsnormen gemäss der Umweltqualitätsnorm-Richtlinie werden, soweit vorhanden, verwendet.

Die ökotoxikologisch abgeleiteten Qualitätskriterien, welche in dieser Studie zur Anwendung kamen, wurden vom LANUV unter fachlicher Beratung durch das Umweltbundesamt in Deutschland und das Oekotoxzentrum festgelegt. Die verwendeten Werte sind in Abschnitt 3.7 wiedergegeben. Neben dem Vergleich mit ökotoxikologischen Qualitätskriterien wurde der IST-Zustand der Oberflächengewässer unterhalb der Einleitstellen auch bezüglich trinkwasserspezifischen Zielwerten gemäss Bewertungskonzept Reine Ruhr (Expertenkommission Programm „Reine Ruhr" und MKULNV, 2012) analysiert, sofern diese einen niedrigeren Wert ergeben als die ökotoxikologische Herleitung (siehe Abschnitt 5.3.5).

In einem aktuellen Dokument des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKULNV) des Landes Nordrhein-Westfalen ist die Strategie betreffend Mikroschadstoffe und auch die Ableitung von justitiablen Qualitätsnormen für Gewässer und Abwasser beschrieben (Expertenkommission Programm „Reine Ruhr" MKULNV, 2012). Anzustrebende Vorsorgewerte sind in diesem Bericht in der Tabelle 1, S. 72 wiedergegeben.

1.3.8. Flächendeckende Risikoabschätzung durch Anwendung von Umweltqualitätskriterien zur Erfassung der chemischen Wasserqualität

Die mit dem Stoffflussmodell berechneten Konzentrationen beim mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) werden mit den vom LANUV definierten Qualitätskriterien verglichen. Dies erfolgt mit dem klassischen Ansatz der Risikobeurteilung über Risikoquotienten (Risikoquotient = Umweltkonzentration/Qualitätskriterium). Wenn der Risikoquotient grösser als 1 ist, wird das Qualitätskriterium unter den definierten Bedingungen, hier bei MNQ, überschritten. Ein Risiko für aquatische Organismen kann dann nicht mehr ausgeschlossen werden, sofern die Organismen für einen längeren Zeitraum dieser Belastung ausgesetzt sind.

2. GEWÄSSERNETZ UND KLÄRANLAGEN

2.1 Übersicht

Für die durchgeführte georeferenzierte Modellierung in Nordrhein-Westfalen wurden total 641 Kläranlagen (Stand Oktober 2011) berücksichtigt. Für den Vergleich mit Messdaten wurden insgesamt 51 GUES-Messstellen (GUES, Gewässerüberwachungssystem) berücksichtigt. Zusätzlich wurde die durch die Oberlieger verursachte stoffliche Vorbelastung der Gewässer an total 25 Gewässerstellen mitberücksichtigt. Die grösste Stofffracht durch Oberlieger wird im Rhein geführt, welcher rund. 33 Mio. Einwohner als Oberlieger hat (detailliertere Informationen siehe Abschnitt 4.3.1). Eine Übersicht über die Standorte der verschiedenen Kläranlagen und Messstellen ist in Abbildung 2 abgebildet. Die belasteten Stellen durch Oberlieger sind ebenfalls in der Graphik abgebildet (siehe Legende von Abbildung 2).

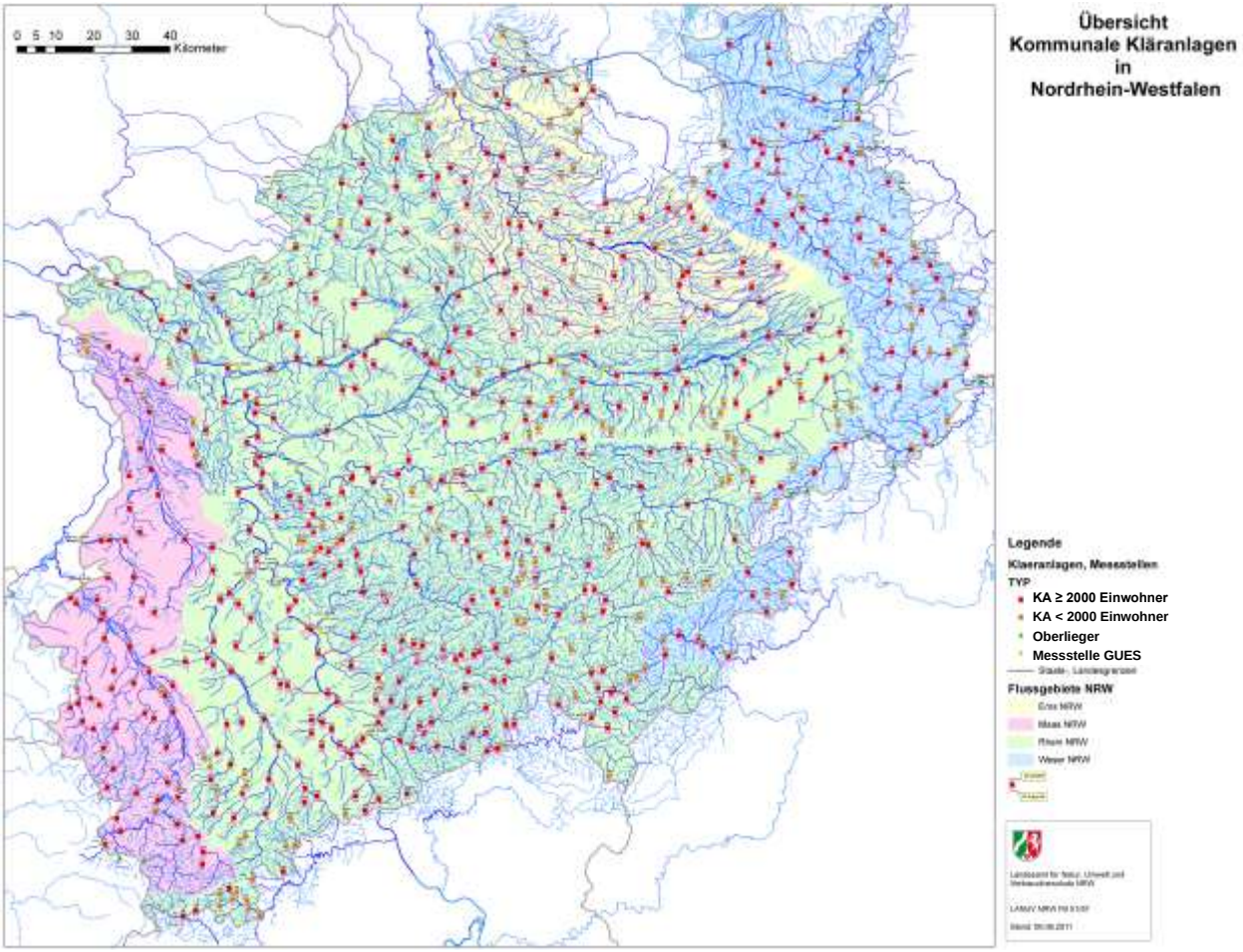

Abbildung 2: Übersicht kommunale Kläranlagen und zur Modellüberprüfung verwendete GUES-Messstellen in Nordrhein-Westfalen

2.2 Grössenverteilung der Kläranlagen

Die Grösse bezgl. angeschlossener Einwohner der 641 Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen unterscheidet sich um einige Grössenordnungen. Insgesamt weisen 32 Kläranlagen mehr als 100‘000 angeschlossene Einwohner auf, wobei an drei Kläranlagen mehr als 500‘000 Einwohner angeschlossen sind. Bei 47 Kläranlagen liegen die Einwohnerzahlen zwischen 50‘000 und 100‘000, für die übrigen 562 Kläranlagen sind unter 50‘000 Einwohner angeschlossen. Die Grössenverteilung ist in der Abbildung 3 angegeben.

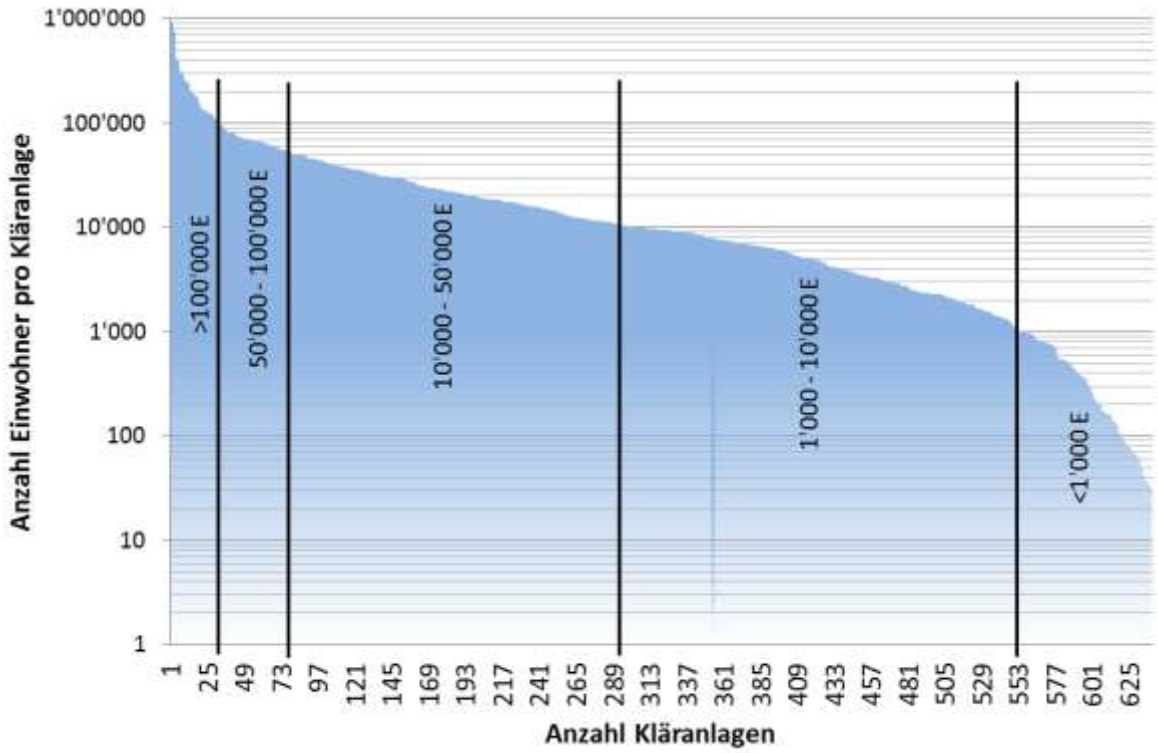

Abbildung 3: Grössenverteilung der Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen

2.3 Abwassermengen

In kommunalen Kläranlagen fallen Abwässer aus (i) häuslichem Abwasser, (ii) Niederschlagswasser (in Mischkanalisationen) und (iii) Abwasser von Industrie und Gewerbe (industrielle und gewerbliche Indirekteinleiter) an. In der Abbildung 4 sind die Abwasserströme des Jahres 2010 in Nordrhein-Westfalen angegeben.

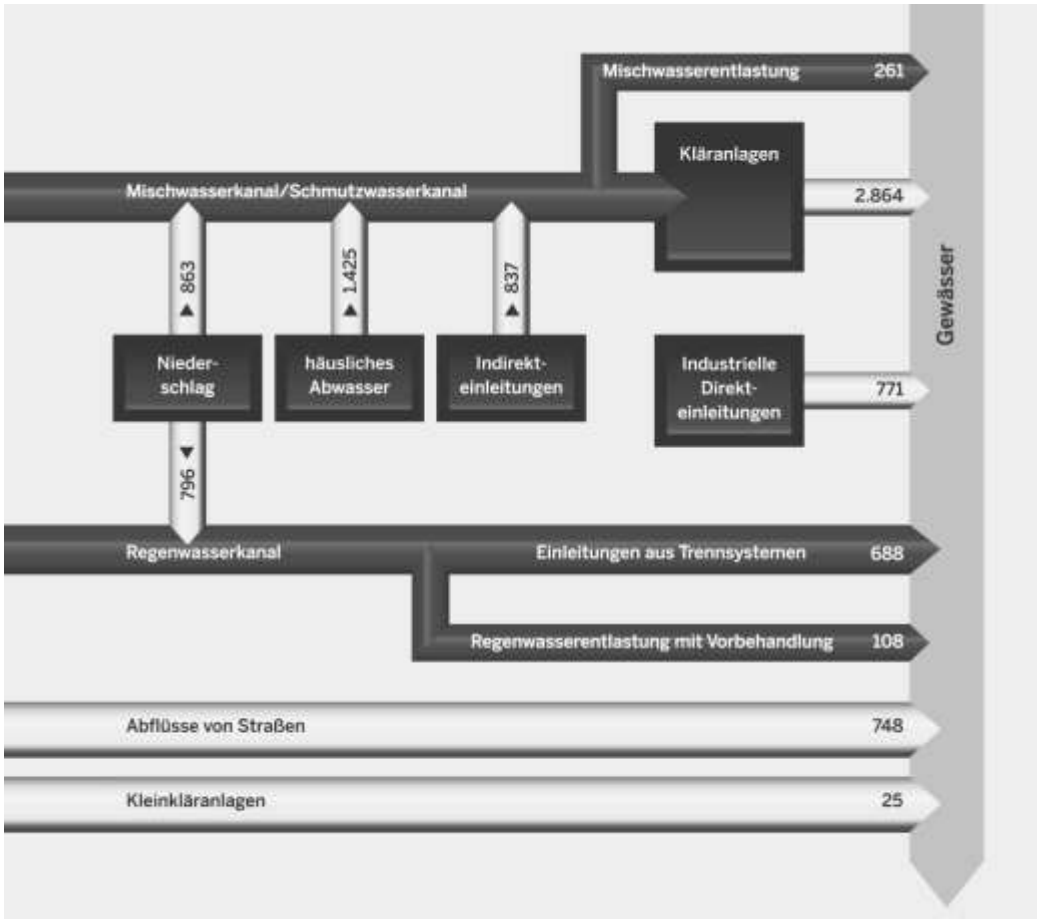

Abbildung 4: Herkunft und Menge des Abwassers im Jahr 2010 in Nordrhein-Westfalen. Auswertung 2010 (Quelle: ID-Kommunikation, Mannheim).

In Tabelle 1 sind die jährlichen Abwassermengen umgerechnet auf die Einwohnerzahlen als Abwassermenge pro Tag und Einwohner angegeben.

Tabelle 1: Jährlich anfallendes Abwasser im Bundesland Nordrhein-Westfalen. Quelle Abwasserdaten: Ministerium für Klimaschutz, Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKUNLV), 2009.

	Mio. m^3/Jahr	L/Jahr	Einwohner (E)	L/Jahr/E	L/Tag/E
Gesamtwasser über Kläranlagen (inkl. industrielle Indirekteinleiter und Niederschlagswasser)	2'768	$2.768 \cdot 10^{12}$	17'800'000	155'506	426
häusliches Abwasser	1'386	$1.386 \cdot 10^{12}$	17'800'000	77'865	213
häusliches Abwasser & Niederschlag	2'273	$2.273 \cdot 10^{12}$	17'800'000	127'697	350

2.4 Kläranlagen mit Flockungsfiltration

Kläranlagen mit bestehender Flockungsfiltration können durch geringeren Aufwand mit einer weitergehenden Reinigungsstufe nachgerüstet werden, um Mikroschadstoffe zu eliminieren. Mit dem Umbau auf Aktivkohlefiltration kann das Filtermaterial der Flockungsfiltration ausgetauscht und somit können die Investitionskosten im Wesentlichen gering gehalten werden (MKULNV - Expertenkommission Programm „Reine Ruhr" und Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz, 2012). In der Tabelle 2 sind die 100 Kläranlagen mit einer bestehenden Flockungsfiltration aufgelistet.

Tabelle 2: Kläranlagen mit Flockungsfiltration in Nordrhein-Westfalen. Insgesamt sind 100 Anlagen mit einem Flockungsfilter ausgerüstet.

KLA Nr.	Name	Ausbau EW	KLA Nr	Name	Ausbau EW
1	Aachen-Soers	458000	608	Wuppertal-Buchenhofen	700000
2	Eilendorf	87000	609	Wuppertal-Kohlfurth	190000
6	Aachen-Süd	36335	621	Monheim	166000
7	Alsdorf-Broichtal	30000	631	Velbert-Hespertal	19'000
8	Bettendorf	50000	1203	Dortmund-Scharnhorst	190'000
13	Herzogenrath-Worm	50'000	1509	Bocholt-Mussum	225000
14	Steinbusch	32000	1512	Borken	130100
18	Monschau	19000	1801	Bonn Bad Godesberg	110000
19	Kalterherberg	5000	1802	Bonn Duisdorf	30000
21	Roetgen	7050	1804	Bonn-Salierweg	285'000
26	Simmerath	14000	1805	Köln Stammheim	1450000
28	Steinfurt	86000	1806	Köln Rodenkirchen	88000
31	Würselen-Euchen	40000	1807	Köln Langel	110000
33	Aldenhoven	18000	1808	Köln Weiden	80000
35	Düren	461500	1809	Köln Wahn	92000
45	Jülich	90000	1810	Bedburg Kaster	50500
54	Langerwehe	15000	1817	Bergheim Kenten	120000
63	Schmidt	6000	1820	Elsdorf	20400
66	Hambach	12'000	1836	Hückeswagen	48000
70	Noervenich	15500	1838	Lindlar	12600
79	Bad Muenstereifel-Kirspen.Mia	20000	1857	Waldbröl Brenzingen	10'200
96	Blankenheim	4500	1861	Bergisch-Gladbach	166'000
108	Kessenich	132000	1873	Wermelskirchen	18000
112	Kall	11500	1878	Bornheim	24000
119	Mechernich	24000	1879	Bornheim Sechtem	24150
121	Floisdorf	1500	1904	Rheinbach	27000
123	Marmagen	4500	1909	Rheinbach Flerzheim	50000
127	Schleiden-Gemünd	23000	1913	St.Augustin Menden	210000
128	Schleiden	32000	2102	Krefeld	1200000
129	Weilerswist,Auf der Hochfahrt	25000	2112	Goch	121000
137	Erkelenz-Mitte	48000	2138	Neuss-Ost	280000
144	Flahstrass	70000	2142	Brüggen	16500
146	Kirchhoven	40000	2145	Nette	86000
149	Hückelhoven-Ratheim	95'000	2727	Vlotho-Zentral	22000
153	Frelenberg	53000	2730	Bad Salzuflen	96000
154	Haaren	17'370	2742	Detmold-Zentral	135000
155	Wassenberg	25'000	2759	Lemgo-Grevenmarsch	97'800
156	Wegberg-Mitte	46'790	2775	Bad Oeynhausen	78500
159	Arsbeck	30000	2781	Lübbecke	130000
161	Obergartzem-Enzen	20000	2782	Minden, Leteln	260000
165	Urft-Nettersheim	14650	2797	Herford, ZKA	250000
301	Bielefeld, Heepen	235000	3013	Coesfeld	120000
302	Bielefeld, Brake	260000	3014	Dülmen	55000
315	Gütersloh, Putzhagen	150600	3033	Emsdetten-Austum	150000
316	Abwasserverband Obere Lutter	380000	3058	Ochtrup	49000
324	Harsewinkel	57500	3333	Freudenberg	26500
333	Rietberg	39'000	3334	Hilchenbach Ferndorftal	40000
404	Paderborn, Sande	536000	3336	Kreuztal	170000
601	Düsseldorf-Süd	1'090'000	3347	Siegen	175000
605	Solingen-Burg	123100	3348	Siegen-Weidenau	75000

2.5 Kläranlagen mit weitergehender Abwasserbehandlung für Mikroschadstoffe

In Nordrhein-Westfalen wurden bereits erste Kläranlagen mit einer weitergehenden Reinigungsstufe für Mikroschadstoffe ausgerüstet oder sind in Planung. In der Tabelle 3 sind diese Kläranlagen angegeben.

Tabelle 3: Kläranlagen in NRW mit einer weitergehenden Behandlungsstufe. Tabelle aus: (MKULNV - Expertenkommission Programm „Reine Ruhr" und Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz, 2012)

Kläranlage	Betreiber	Verfahren	EW-Ausbau	Art der Anlage	Betrieb
Buchenhofen	Wupperverband	Aktivkohle	700.000	Versuchsanlage	aktiv
Düren-Merken	Wasserverband Eifel-Rur	Aktivkohle	461.500	Versuchsanlage	aktiv
Aachen-Soers	Wasserverband Eifel-Rur	Membrananlage	458.000	Versuchsanlage	aktiv
Obere Lutter	Abwasserverb. Obere Lutter	Aktivkohle	380.000	Versuchsanlage	aktiv
Moers-Gerdt	LINEG	Membrananlage/PAK	250.000	Versuchsanlage	aktiv
Lage ZKW	Städt. Abwasserbetr. Lage	Aktivkohle	155.000	Vorplanung	nicht aktiv
Essen-Süd	Ruhrverband	Ozonierung	135.000	Vorplanung	nicht aktiv
Detmold	Stadt Detmold	Aktivkohle	115.000	Vorplanung	nicht aktiv
Kaarst-Nordkanal	Erftverband	Membranbelebungsanlage/ (PAK)	80.000	Versuchsanlage (in Bezug auf PAK)	aktiv
Bad Oeynhausen	Stadt Bad Oeynhausen	Aktivkohle	78.500	Vorplanung	nicht aktiv
Schwerte	Ruhrverband	Ozonierung/Aktivkohle	50.000	großtechn. Versuchsanlage	aktiv
Ochtrup	Stadtwerke Ochtrup	Ozonierung/Aktivkohle	49.000	Behandlungsanlage	aktiv
Eitorf	Stadt Eitorf	Membrananlage	46.500	Teilstrombehandlung	aktiv
Rietberg	Stadt Rietberg	Aktivkohle	39.000	Vorplanung	nicht aktiv
Duisburg Vierlinden	Stadt Duisburg	Ozonierung/Aktivkohle	34.000	großtechn. Versuchsanlage	aktiv
Büchel (Ruppicherroth-)	Aggerverband	Membranbelebungsanlage	25.000	Versuchsanlage	aktiv
Hünxe	Lippeverband	Membranbelebungsanlage	15.000	Teilstrombehandlung	aktiv
Simmerath	Wasserverband Eifel-Rur	Membranbelebungsanlage	14.000	Versuchsanlage	aktiv
Bad Sassendorf	Lippeverband	Ozonierung	13.000	großtechn. Versuchsanlage	aktiv
Seelscheid	Aggerverband	Membranbelebungsanlage/ (PAK)	11.000	Versuchsanlage (in Bezug auf PAK)	aktiv
Konzen	Wasserverband Eifel-Rur	Membranbelebungsanl., UV	9.700	Behandlungsanlage	aktiv
Bergheim-Glessen	Erftverband	Membranbelebungsanlage	9.000	Behandlungsanlage	aktiv
Monschau	Wasserverband Eifel-Rur	UV-Verfahren	7.000	Behandlungsanlage	aktiv
Woffelsbach	Wasserverband Eifel-Rur	Membranbelebungsanlage	6.200	Behandlungsanlage	aktiv
Monschau-Kalterherberg	Wasserverband Eifel-Rur	UV-Verfahren	5.000	Behandlungsanlage	aktiv
Xanten-Vynen	LINEG	Membrananlage/MBR	5.000	Versuchsanlage	aktiv
Rödingen	Erftverband	Membranbelebungsanlage	3.000	Behandlungsanlage	aktiv
Einruhr	Wasserverband Eifel-Rur	UV-Verfahren	2.800	Behandlungsanlage	aktiv
Hösel-Dickelsbach	BRW	Membrananlage	2.800	Vorplanung	nicht aktiv

Es wurde für die Stoffflussmodellierung eine höhere Entfernungsrate für die Anlagen angenommen, welche ein Aktivkohle- oder Ozonungs-Verfahren und eine grosstechnische Versuchsanlage oder eine Behandlungsanlage mit aktivem Status haben. Dies sind die Kläranlagen: **Schwerte, Ochtrup, Bad Sassendorf** und **Duisburg-Vierlinden. Kaarst-Nordkanal** hat eine Membrananlage. Teilstrombehandlungen und kleine Versuchsanlagen wurden im Modell nicht berücksichtigt.

2.6 Kläranlagen mit Einleitung in trinkwasserrelevante Gewässer

In der Tabelle 4 sind die Kläranlagen aufgelistet, welche in trinkwasserrelevante Gewässer einleiten. Als solche Kläranlagen wurden diejenigen definiert, welche weniger als 10 km flussaufwärts einer Trinkwassergewinnung einleiten. Bei insgesamt 13 Kläranlagen ist die Entfernung von der Einleitstelle bis zur nächsten Trinkwassergewinnung kleiner als zwei Kilometer.

Tabelle 4: Kläranlagen, die in ein trinkwasserrelevantes Gewässer einleiten.

KLA_ID	KA-Name	Einstufung Entfernung nächste Trinkwasser- Anlage uh KLA	Anzahl mit TW versorgte EW
1882	Hennef	kleiner 2 km	≤100.000
2801	Kalletal, ZKA Kalldorf (neu)	kleiner 2 km	≤100.000
1807	Köln Langel	kleiner 2 km	> 100.000
1932	Leverkusen-Bürrig	kleiner 2 km	> 100.000
910	Moers-Gerdt	kleiner 2 km	> 100.000
3055	Neuenkirchen/Wettringen	kleiner 2 km	≤100.000
1855	Reichshof Ufersmühle	kleiner 2 km	≤ 10.000
1527	Rhede	kleiner 2 km	≤100.000
926	Rheinberg	kleiner 2 km	≤100.000
2519	Schwerte	kleiner 2 km	≤100.000
1913	St.Augustin Menden	kleiner 2 km	> 100.000
1916	Troisdorf	kleiner 2 km	≤100.000
2513	Wickede	kleiner 2 km	≤100.000
1226	Altena	2-10 km	≤100.000
2410	Arnsberg-Neheim	2-10 km	≤100.000
2730	Bad Salzuflen	2-10 km	≤100.000
2413	Bestwig-Velmede	2-10 km	≤100.000
1803	Bonn Beuel	2-10 km	≤100.000
1802	Bonn Duisdorf	2-10 km	≤100.000
1804	Bonn Salierweg	2-10 km	> 100.000
1880	Bornheim Hersel	2-10 km	≤ 10.000
2418	Brilon-Madfeld	2-10 km	≤ 10.000
2742	Detmold-Zentral	2-10 km	> 100.000
2132	Dormagen-Rheinfeld	2-10 km	≤100.000
1256	Dortmund-Klusenberg	2-10 km	≤ 10.000
909	Duisburg-Rheinhausen	2-10 km	> 100.000
2101	Düsseldorf-Nord	2-10 km	> 100.000
911	Essen-Burgaltendorf	2-10 km	≤100.000
917	Essen-Kettwig	2-10 km	≤100.000
3308	Finnentrop	2-10 km	≤100.000
1206	Hagen Vorhalle	2-10 km	> 100.000
1218	Hattingen	2-10 km	≤100.000
1886	Hennef Greuelsiefen	2-10 km	≤ 10.000
326	Herzebrock	2-10 km	≤100.000
2753	Kalletal,Varenholz-Stemmen	2-10 km	≤ 10.000
108	Kessenich	2-10 km	> 100.000
1806	Köln Rodenkirchen	2-10 km	≤100.000
1805	Köln Stammheim	2-10 km	> 100.000
1809	Köln Wahn	2-10 km	≤100.000
2102	Krefeld	2-10 km	> 100.000
1247	Menden	2-10 km	> 100.000
621	Monheim	2-10 km	> 100.000
3341	Netphen-Deuz	2-10 km	≤100.000
1903	Niederkassel	2-10 km	≤100.000
404	Paderborn, Sande	2-10 km	> 100.000
2449	Schmallenberg	2-10 km	≤100.000
2448	Schmallenberg-Westfeld	2-10 km	≤ 10.000
3095	Telgte	2-10 km	≤100.000
2727	Vlotho-Zentral	2-10 km	≤100.000
1826	Wesseling	2-10 km	≤100.000
1827	Wesseling Urfeld	2-10 km	≤ 10.000
1224	Witten-Herbede	2-10 km	≤100.000
25	Woffelsbach	2-10 km	≤ 10.000

2.7 Verteilung der Abflussdaten (Mittlerer Niedrigwasserabfluss, MNQ)

Die Grössen der Vorfluter an den 641 berücksichtigten Einleitstellen der Kläranlagen unterscheiden sich bis zu sechs Grössenordnungen. Während die grössten Vorfluter MNQ von rund 1.000.000 L/s aufweisen, haben die kleinsten berücksichtigten Vorfluter MNQ von weniger als 1 L/s. In der Abbildung 5 sind die MNQ-Werte in Liter pro Sekunde in einer logarithmischen Darstellung abgebildet.

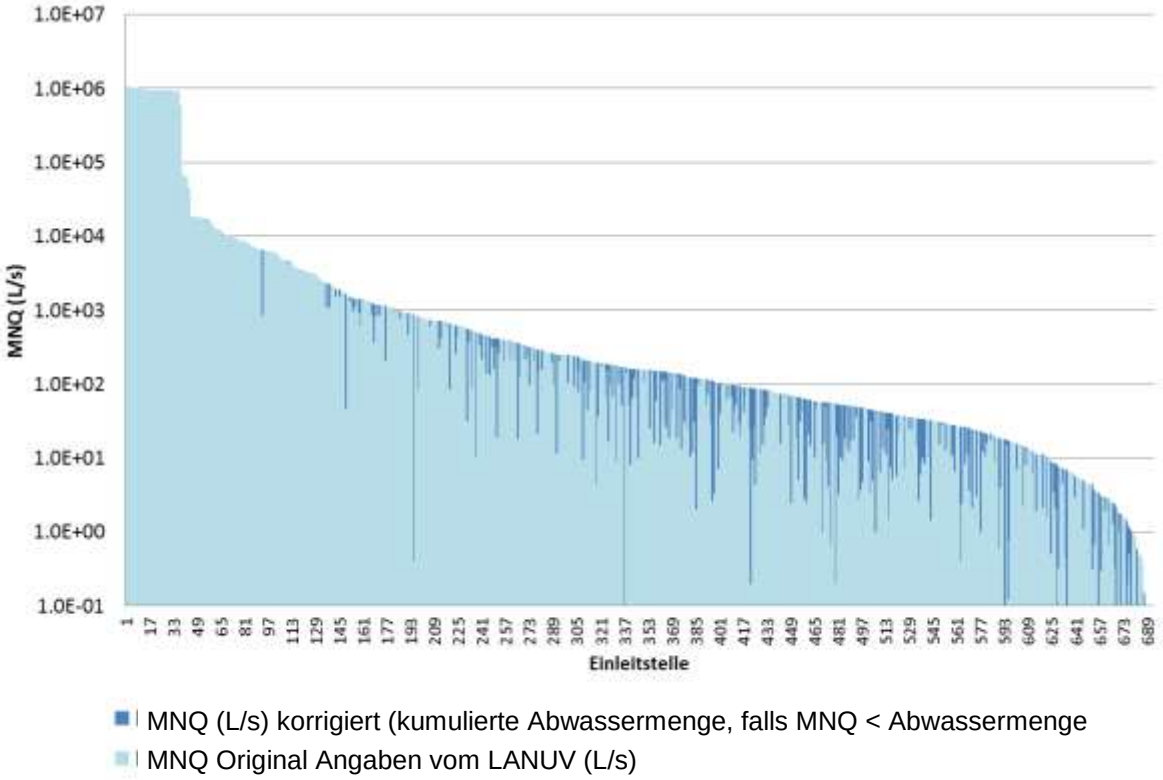

Abbildung 5: Verteilung der MNQ Werte der Vorfluter an den berücksichtigten Einleitstellen. Der dunkelblaue Teil wird zum originalen MNQ dazugezählt um auf dem Abfluss zu kommen.

Die MNQ in kleineren Gewässern sind teilweise mit Hilfe von Einzugsgebietsgrössen und deren Abflussspenden ermittelt worden und beruhen nicht direkt auf Pegelmessungen. Dies kann, insbesondere in Gewässern mit hohem Abwasseranteil, zu einer deutlichen Unterschätzung des MNQ führen. Um zu verhindern, dass aus diesem Grund teilweise zu tief geschätzte MNQ-Werte, unrealistisch hohe Konzentrationen berechnet werden, wurden alle MNQ-Werte mit der kumulierten Abwassermenge an der entsprechenden Einleitstelle verglichen. Falls die kumulierte Abwassermenge grösser als der abgeschätzte MNQ war, wurde der MNQ durch die kumulierte Abwassermenge an der entsprechenden Einleitstelle ersetzt, d.h. es wurde für diese Einleitstellen ein Abwasseranteil von 100% angenommen. Um die kumulierten Abwassermengen zu berechnen wurden die gemessenen Mengen (Durchschnittswerte 2010, vom LANUV zur Verfügung gestellt) verwendet.

3. STOFFDATEN

3.1 Voraussetzungen

Eine entscheidende Grösse für die Modellierung des Stoffflusses einer einzelnen Substanz ist deren Stoffeintrag, welcher über die Kläranlage ins Gewässer eingeleitet wird. Die Stoffe müssen die folgenden Voraussetzungen erfüllen, damit die Rahmenbedingungen für die Berechnung mit dem hier angewendeten Stoffflussmodell erfüllt sind:

- Räumlich und zeitlich homogener und konstanter Verbrauch.
- Eliminationsraten in konventionellen Kläranlagen bekannt (oder Ablaufdaten vorhanden).
- Kein oder nur unwesentlicher biologischer Abbau innerhalb der Fliesszeit der betrachteten Gewässer.
- Ausschliesslicher oder mindestens dominanter Eintrag über kommunales Abwasser (keine relevanten diffusen Quellen).

Wenn die jährlichen Verbrauchszahlen eines bestimmten Stoffes bekannt sind, kann mit Hilfe verschiedener Annahmen die Emission ins Gewässer abgeschätzt werden. Folgende stoffspezifischen Informationen müssen dazu vorhanden sein:

- Gesamter jährlicher landesspezifischer Vertrieb (z.B. Verkaufsmenge in kg/Jahr)
- Stoffmenge welche unverändert in die Kanalisation gelangt (bei Arzneimittel müssen dabei beispielsweise die Metabolisierung- und Ausscheideraten bekannt sein)
- Entfernung aus dem Abwasser in heutigen Kläranlagen (insbesondere Sorption an Feststoffe resp. Klärschlamm und Abbau in der biologischen Reinigungsstufe)

Bei der Stoffflussmodellierung für die Schweiz hat sich gezeigt, dass mit den oben genannten Annahmen für viele Stoffe eine gute Übereinstimmung zwischen modellierten Stofffrachten und aus Messungen über den Abfluss hochgerechneten Stofffrachten erreicht werden kann (Ort, et al., 2007). Gute Übereinstimmungen wurden unter anderem für folgende Stoffe gefunden:

- Benzotriazol
- Carbamazepin
- Clarithromycin
- Diclofenac
- Sulfamethoxazol

Die Zuverlässigkeit der Resultate des Stoffflussmodells hängt entscheidend von der Genauigkeit der Eingangsgrössen ab. Im Projekt „Organische Mikroverunreinigungen im Bodensee“

wurden deshalb mehrere Zu- und Ausläufe von Kläranlagen auf die im Modell verwendeten Substanzen analysiert und so die Modellannahmen überprüft (Longrée, et al., 2011). Bei gewissen Substanzen waren keine Verbrauchszahlen verfügbar. Diese wurden mit Hilfe von Messungen des Kläranlagenzulaufs abgeschätzt. Analog wurde die Überprüfung der Eingangsgrössen in diesem Projekt für Nordrhein-Westfalen durchgeführt.

3.2 Stoffauswahl und -daten

Basierend auf den verfügbaren Stoffdaten für Nordrhein-Westfalen und den Erfahrungen mit dem Stoffflussmodell aus der Schweiz wurden verschiedene Mikroschadstoffe ausgewählt und in zwei Prioritätsgruppen eingeteilt:

- **Priorität A**: Stoffe, welche in einer ersten Phase modelliert werden sollen und zur Modellüberprüfung herangezogen werden können (Verbrauchszahlen, Informationen zur Metabolisierung und Resorption, Abbaudaten in Kläranlagen und ausreichende Messdaten oberhalb der Bestimmungsgrenze in Oberflächengewässern vorhanden).
- **Priorität B**: Stoffe, die in einem Folgeprojekt modelliert werden könnten, für welche aber aufgrund der aktuellen Datenlage nur eine eingeschränkte Überprüfung möglich ist. Für diese Stoffe werden alle Inputdaten und Vergleiche der Inputgrössen mit Messungen in Kläranlagen in diesem Bericht zusammengefasst und angegeben. Die Stoffflüsse und Konzentrationen wurden für die Stoffe der Priorität B hier nicht berechnet.

In der Tabelle 5 ist die Stoffauswahl für dieses Projekt, aufgeteilt nach den oben angegebenen Prioritätsgruppen, wiedergegeben.

Tabelle 5: Vorschläge für Substanzen, welche mit dem Stoffflussmodell berechnet werden können und in repräsentativen Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen vom LANUV gemessen wurden.

Priorität A	Priorität B (In dieser Arbeit nicht ausgewertet)
Benzotriazol	Acesulfam
Carbamazepin	Amidotrizoesäure
Clarithromycin	Atenolol
Diclofenac	Iopromid
Metoprolol	Iomeprol
Sotalol	Iopamidol
Sulfamethoxazol	Naproxen
	Sucralose
	Trimethoprim

Für alle Mikroschadstoffe mit Priorität A und B, sind die Verkaufsmengen, der Anteil der Substanzen welcher in die Kanalisation gelangt (nicht metabolisiert resp. unverändert wieder ausgeschieden wird) und der Abbau in Kläranlagen in Tabelle 6 wiedergegeben. Zwischen den verschiedenen Ausbaustandards (Nitrifikation, Denitrifikation, Schlammalter etc.) wird in einer ersten Näherung kein Unterschied betreffend dem Abbau der Spurenstoffe berücksichtigt.

Tabelle 6: Stoffspezifische Inputdaten des Stoffflussmodells: Verbrauchszahlen, Metabolisierung im Körper und Eliminationsraten in der Kläranlage. Die sieben Substanzen, welche mit dem Stoffflussmodell berechnet werden sind fettgedruckt dargestellt.

Substanz	Verkaufs-mengen (kg/a)	Anteil in Kanal unverändert (nicht metabolisiert im Körper)	Mittlerer Abbau in bestehenden Kläranlagen	Mittlere Eliminations-/ Abbauleistung von weitergehenden Verfahren (ø PAK und Ozonung)
Arzneimittel				
(Amidotrizoesäure*)	13‘960	1	0	0.1
Atenolol	1‘659	0.6	0.71	0.9
Carbamazepin	14‘039	0.1	0.11	0.9
Clarithromycin	3‘345	0.28	0.22	0.95
Diclofenac	19‘873	0.16	0.34	0.9
(Iopamidol*)	4‘340	1	0	0.45
(Iopromid*)	10‘180	1	0.54	0.55
(Iomeprol*)	38‘340	1	0	k.A.
Metoprolol	33‘970	0.2	0.4	0.9
Naproxen	3‘232	0.95	0.7	0.85
Sotalol	1‘706	1	0.27	0.95
Sulfamethoxazol	7‘746	0.45	0.57	0.8
Trimethoprim	1‘657	0.15	0.32	0.9
Korrosionsschutzmittel und künstliche Süssstoffe				
Benzotriazol	37‘000**	1	0.3	0.85
Acesulfam	49‘000***	1	0.1***	k.A.
Sucralose	3‘560***	0.98	0.1***	k.A.

Datenquellen:
Verkaufsmengen: Die Verkaufsmengen der Arzneimittel basieren auf Erhebungen für Deutschland für das Jahr 2009 (IMS Health, 2009) unter der Annahme, dass in Nordrhein-Westfalen pro Kopf der gleiche Verbrauch herrscht wie über ganz Deutschland.
Anteil in Kanalisation: Basierend auf Metabolisierung- und Resorptionsdaten aus dem Arzneimittel-Kompendium der Schweiz (Documed AG, 2011).
Durchschnittliche Elimination in bestehenden Kläranlagen und Elimination weitergehendes Verfahren: (Götz, et al., 2010).

*Kontrastmittel werden nicht flächendeckend konsumiert. Es ist anzunehmen, dass abhängig von der Kläranlage (Spitalanschluss oder nicht, Grösse des Spitals ans Anteil am Abwasser) starke Unterschiede auftreten werden. Das Stoffflussmodell ist nur eingeschränkt (nur für grössere Gewässer) geeignet für die Modellierung des Stoffflusses von Kontrastmitteln.
**Wert aus (Hollender, et al., 2007) basierend auf Verkaufszahlen von Henkel, hochgerechnet für Nordrhein-Westfalen.
*** kg pro Jahr in der Schweiz aus Kläranlagen Abläufen geschätzt (Moschet, 2010), hochgerechnet für Nordrhein-Westfalen. Eliminationsraten wurden in diesem Projekt ebenfalls bestimmt.

3.3 Messungen von Mikroschadstoffen in Kläranlagen

Zur Überprüfung der über die Verkaufszahlen berechneten Stoffflüsse (Abschnitt 3.2) wurden Messungen in verschiedenen Kläranlagenabwässern in Nordrhein-Westfalen durchgeführt.

In Abbildung 6 ist der Stofffluss von Mikroschadstoffen aus dem häuslichen Abwasser über kommunale Kläranlagen in die Gewässer dargestellt. Mit der Messung der Substanzen beim Zu- und Ablauf können verschiedene Parameter, welche für die Stoffflussmodellierung nötig sind, erhoben werden, resp. vorhandene Parameter überprüft werden.

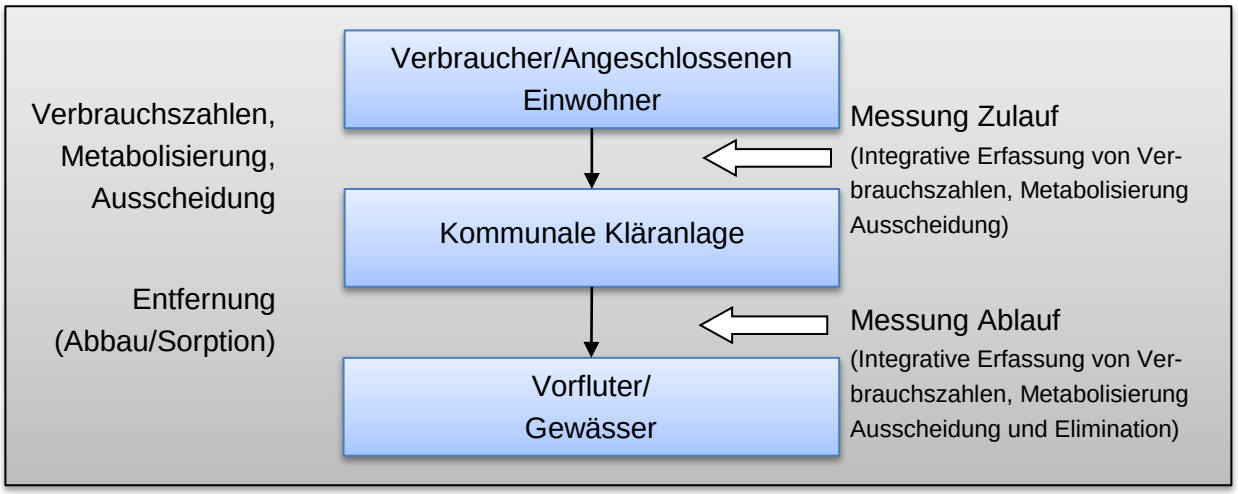

Abbildung 6: Stofffluss in der Kläranlage und entsprechende Informationen aus den Messungen.

Aus den Messungen des Zulaufs und des Ablaufs kann die Abbaurate für die betrachteten Substanzen bestimmt werden. Um eine zuverlässige Schätzung der Elimination zu erhalten müssen mindestens 24h-Sammelproben verwendet werden oder, je nach Wasseraufenthaltszeit in der Kläranlage, Sammelproben über einen grösseren Zeitraum. Durchschnittliche Eliminationsraten gemittelt über verschiedenen Kläranlagen sind unter anderem in Götz et al. (2010), Mikroverunreinigungen - Beurteilung weitergehender Abwasserreinigungsverfahren anhand Indikatorsubstanzen, zu finden. Ebenfalls gibt es verschiedene Untersuchungen im Bundesland Nordrhein-Westfalen, beispielsweise gibt es Daten aus Untersuchungen auf der Kläranlage Schwerte, auf welcher eine Ozonierung und eine Pulveraktivkohlereinigungsstufe getestet wurden (Ruhrverband, 2010), Untersuchungen zu Elimination von Arzneimittelrückständen auf verschiedenen Anlagen (Grünebaum, 2011) und diverse Studien auf andern einzelnen Anlagen in NRW (Merten, 2011; Pinnekamp, 2012; Herbst, et al., 2012).

3.4 Vergleich der berechneten Inputdaten mit Messungen an Kläranlagen

Das LANUV hat unter anderem zur Überprüfung der Eingangsgrössen für die Stoffflussmodellierung eine umfangreiche Messkampagne in Kläranlagenausläufen im Frühling 2012 durchgeführt. In der Messkampagne wurden 72h-Sammelproben verwendet. Es wurden dabei 13 grosse und mittelgrosse Kläranlagen mit insgesamt über 3‘000‘000 angeschlossenen Einwohnern zu drei unterschiedlichen Zeitpunkten untersucht.

Die in den Kläranlagen gemessenen Konzentrationen sind im Anhang 2:
Messdaten der Konzentrationen im Abwasser wiedergegeben. Die Konzentrationen wurden mit der in der Messperiode gemessenen Abwassermenge und den angeschlossenen Einwohnern in einwohnerspezifische Stofffrachten für die einzelnen Kläranlagen umgerechnet. Die einwohnerspezifischen Stofffrachten wurden über alle Kläranlagen gemittelt. Die Ergebnisse sind zusammen mit den aus den Verbrauchszahlen abgeschätzten Werten und Werten aus zwei anderen Messkampagnen (LANUV 2012 und Bodensee-Projekt) in der Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Einwohnerspezifische Stofffrachten in die Gewässer. Die aus den Verbrauchszahlen abgeschätzten Werte beinhalten mittlere Abbauraten in der biologischen Stufe von Kläranlagen und die Metabolisierung von Arzneimitteln im Körper. Die sieben Substanzen, welche mit dem Stoffflussmodell berechnet werden sind fettgedruckt dargestellt.

Substanz	Aus Verbrauchs-zahlen/ Modelldaten (mg/d/Einw.)	Aus LANUV Messkampagne 2012 (mg/d/Einw.)	Aus LANUV Messkampagne 2010 (mg/d/Einw.)	Aus Bodensee Messkampagne 2010 (mg/d/Einw.)
Arzneimittel				
(Amidotrizoesäure)	2.2	1.2		
Atenolol	0.04	0.11		
Carbamazepin	**0.27**	**0.26**	**0.30**	**0.25**
Clarithromycin	**0.11**	**0.13**	0.04	
Diclofenac	**0.32**	**0.49**	**0.25**	**0.39**
(Iopamidol)	0.67	1.1		
(Iopromid)	0.72	0.28		
(Iomeprol)	5.9	2.8		
Metoprolol	**0.62**	**0.58**	**0.73**	
Naproxen	0.14	0.09		
Sotalol	0.19	0.18	0.38	
Sulfamethoxazol	**0.23**	**0.20**	**0.30**	**0.18**
Trimethoprim	0.03	0.07		
Korrosionsschutzmittel und künstliche Süssstoffe				
Benzotriazol	**3.9**	**1.8**		1.1
Acesulfam		8.4		11
Sucralose		0.38		0.61

Datenquellen:
LANUV Messkampagne 2012 auf 13 grossen und mittelgrossen Kläranlagen, LANUV 2012
Datenzusammenstellung aus Messungen im Jahr 2010, LANUV 2012
Messungen in Kläranlagenausläufen im Bodenseeeinzugsgebiet in Baden-Württemberg, der Schweiz und Österreich (Moschet, 2010)

Die Daten aus der neuen LANUV Messkampagne vom Frühling 2012 sind am umfangreichsten und werden daher für den Vergleich mit den aus den Verbrauchszahlen abgeschätzten Werten und ggf. für deren Korrektur verwendet. Die Werte aus der älteren Messkampagne des LANUV und dem Bodenseeprojekt zeigen die Werte in der gleichen Grössenordnung wie die neuen Messdaten der Kampagne 2012 des LANUV.

3.5 Schlussfolgerungen und Inputdaten für die Stoffflussmodellierung

Für die folgenden organischen Spurenstoffe wurde eine gute Übereinstimmung zwischen den Messdaten in Kläranlagen und den theoretisch aus Verbrauchszahlen berechneten Konzentrationen im gereinigten Abwasser gefunden:

- Carbamazepin
- Clarithromycin
- Diclofenac
- Metoprolol
- Sotalol
- Sulfamethoxazol

Für Benzotriazol ist der aus den Verbrauchszahlen abgeschätzte Wert rund doppelt so hoch wie die Werte, welche in der neusten LANUV Messkampagne von 2012 eruiert wurden. Die Verbrauchszahlen von Benzotriazol wurden aufgrund der Herstellerangaben von Henkel aus dem Jahr 2006 berechnet (Hollender, et al., 2007). Benzotriazol wird zu einem Grossteil in Geschirrspülmittel eingesetzt. Möglicherweise ist der Einsatz von Benzotriazol in Geschirrspülmitteln über die letzten 6 Jahre signifikant zurückgegangen, was den Unterschied zwischen den aktuellen Messwerten und den älteren Verbrauchszahlen erklären könnte.

Als Inputdaten für die Stoffflussmodellierung von **Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac, Metoprolol, Sotalol und Sulfamethoxazol** wurden die aus den **Verbrauchszahlen** resultierenden Einträge verwendet.

Für **Benzotriazol** wurde der aus der **Messkampagne in Kläranlagen-Abläufen** resultierende Wert als Eingangsgrösse für das Stoffflussmodell verwendet.

3.6 Messungen von Mikroschadstoffen in Gewässern

Im Bundesland Nordrhein-Westfalen wurden in den letzten Jahren zur Bestimmung des IST-Zustands sehr viele Messungen von Mikroschadstoffen in Oberflächengewässern durchgeführt. In der Tabelle 8 sind die statistischen Verteilungen der Messungen für ausgewählte Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser wiedergegeben.

Tabelle 8: Statistische Messwertverteilung (gemessene Konzentrationen) in den Gewässern NRW's 2008-2010, teilw. 2011 zu den vom LANUV ausgewählten Substanzen an 51 verschiedenen GUES-Messstellen.

	Messungen in Nordrhein-Westfalen 2008-2011 (LANUV, 2011)					
	Mittelwert (ng/L)	Werte >BG	10% Perzentil (ng/L)	90% Perzentil (ng/L)	Min. (ng/L)	Max. (ng/L)
Arzneimittel						
Amidotrizoesäure	577	94%	115	1'100	51	5'700
Carbamazepin	226	55%	49	510	13	3'600
Clarithromycin	61	45%	26	118	25	410
Diclofenac	177	89%	41	360	25	2'120
Iopamidol	718	92%	130	1'500	51	9'600
Metoprolol	261	93%	49	570	20	3'100
Sotalol	119	79%	32	220	13	1'300
Sulfamethoxazol	108	69%	31	215	12	730
Korrosionsschutzmittel						
Benzotriazol	1'041	100%	171	1'740	46	8'000

Für Süssstoffe liegen für NRW bislang keine Gewässerdaten vor.

Zur Überprüfung des Modells anhand von Messwerten im Gewässer, wurden vom LANUV für insgesamt 51 GUES-Messstellen Daten von verschiedenen Mikroschadstoffen zur Verfügung gestellt. Es wurden nur Messstellen berücksichtigt, für die auch Abflussdaten vorhanden waren, da diese benötigt werden um die gemessenen Konzentrationen in Stoffflüsse umzurechnen.

In der Tabelle 9 ist die Anzahl der erhobenen Messwerte pro GUES-Messstelle und Substanz angegeben. Die Anzahl Messwerte variiert zwischen insgesamt 35 Messungen an 20 Messstellen (Benzotriazol und Methylbenzotriazol) und insgesamt rund 1'600 Messwerten verteilt auf alle 51 berücksichtigten GUES-Messstellen (Carbamazepin). Für die meisten Stoffe stehen rund 500 Messwerte zur Verfügung.

Tabelle 9: Anzahl Messwerte an den berücksichtigten GUES-Messstellen. Angabe der Anzahl Messwerte im Zeitraum 2008-2010, teilw. 2011 pro Substanz und Messstelle. Die Anzahl Positivbefunde (Werte über der Bestimmungsgrenze), die mittleren Konzentrationen und Frachten sind in Anhang 3 wiedergegeben.

	Amidotrizoesäure	Atenolol	Benzotriazol	Bezafibrat	Carbamazepin	Clarithromycin	Diclofenac	Erythromycin	Ibuprofen	Iomeprol	Iopamidol	Iopromid	Metoprolol	Naproxen	Sotalol	Sulfamethoxazol	Methylbenzotriazol	Trimethoprim	Messwerte pro GUES Messstelle
(A 50) vor Mdg. in die Lippe					36														36
(L 14) in Lippborg	21	25	1	25	42	23	24	23	25	21	21	21	25	25	25	24	1	25	407
(M 75) vor Mdg. in die Ruhr			1		36												1		39
AM PEGEL HASPE		4		4	20	3	4	3	4				4	4	4	4		4	62
AN DER LANDESGRENZE	10	28		28	116	23	28	24	28	10	10	10	28	28	28	27		28	462
Bad Godesberg	13	14		14	19		9		14	13	13	13	14	9	14	14		14	187
BEI KLEIN-VERNICH					23														23
Düsseldorf-Flehe	22	24	2	24	50	7	20	8	24	22	22	22	24	17	24	24	2	24	364
E 17a bei Einen - EU	2	14	2	14	46	11	14	11	14	2	2	2	14	14	14	14	2	14	212
E 1a uh KA Rheine-Nord - EU	1	13	2	13	35	9	13	10	13	1	1	1	13	13	13	13	2	13	183
Emscher-Mündung	30	24	2	24	46	9	19	9	23	30	30	30	24	18	24	24	2	24	394
Eppinghoven	31	25	2	25	46	8	20	9	25	31	31	31	25	19	25	25	2	25	407
Fröndenberg	42	34	2	34	59	16	30	19	34	42	42	42	34	27	34	34	2	34	563
Hattingen	14	14	2	14	15	1	9	1	14	14	14	14	14	8	14	14	2	14	194
in Schötmar	8	8		8	42	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	161
in Troisdorf; Str-Br	7	11		11	20	8	11	10	11	7	7	7	11	11	11	10		11	164
Kohlfurther Brücke		8		8	17	6	8	6	8				8	7	8	8		8	100
Lobith	13	16		16	25	2	11	1	16	13	13	13	16	10	16	16		16	213
M2 uh Wöstebach		1		1	20	1	1	1	1				1	1	1	1		1	32
Menden	29	24	2	24	36	8	19	9	24	29	29	29	24	20	24	24	2	24	382
Mülheim-Kahlenberg	43	36	2	36	61	16	31	19	36	43	43	43	36	29	36	36	2	36	586
Opladen	29	25	2	25	39	8	20	9	25	29	29	29	25	19	25	25	2	25	392
PEGEL HOHENLIMBURG	18	20	1	20	42	17	20	18	20	18	18	18	20	20	20	20	1	20	339
Pegel Porta	10	11	2	11	20	8	11	10	11	10	10	10	11	10	11	10	2	11	181
Pegel Weilerswist					21														21
R.Arm uh Amelunxen	1	1		1	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	30
Sf1 vor Vechte/ mün1010 - EU	1	13		13	44	11	13	11	13	1	1	1	13	13	13	11		13	189
Str-Br in Au	9	11		12	25	7	12	9	12	9	9	9	12	12	12	11		12	183
Stuerzelberg	13	14		14	16		9		14	13	13	13	14	9	14	14		14	184
UH HARKORTSEE	5	1		1	9	1	1	1	1	5	5	5	1	1	1	1		1	40
UH HATTINGEN	4	6		6	16	5	6	6	6	4	4	4	6	6	6	6		6	99
uh KA Bad Oeynhausen	10	9	2	8	34	7	9	7	9	10	10	10	9	8	9	9	2	9	173
uh KA Kirchlengern	7	7		7	40	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		7	144
uh KA Warburg	1	1		1	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	27
uh MdgRotbach					22														22
uh Mutzbach oh. Mdg in Wupper	7	11		11	33	8	11	10	11	7	7	7	11	11	11	11		11	178
uh. Freibad (NL)	12	14		14	35	11	14	12	14	12	12	12	14	14	14	13		14	231
V MDG I D RUHR	21	25	2	25	72	21	25	22	25	21	21	21	25	24	25	25	2	25	436
v Mdg in Werre (hf)	6	7		7	30	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	6		7	132
V2, vor Mdg i d Steinfurter Aa	1	12		12	34	10	12	10	12	1	1	1	12	12	12	12		12	170
Vlodrop(=Z 3)	15	24	1	24	46	22	24	22	24	15	15	15	24	23	24	24	1	24	378
vor Mdg der Wörmke	2	2		2	12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	42
vor Mdg in die Lippe	1	1		1	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	28
vor Mdg in Ems	6	6		6	31	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5		6	120
W2 uh Havichhorster Mühle/uh		9		9	42	6	9	7	9				9	9	9	8		9	138
Wesel	42	25	1	25	51	9	20	9	25	42	42	42	25	18	25	25	1	25	453
WkSt Rhein-Nord Kleve-Bimmen	42	36	2	36	62	18	31	19	36	42	42	42	36	30	36	36	2	36	586
WkSt Süd/Bad Honnef	30	25	2	25	49	7	20	8	25	30	30	30	25	19	25	25	2	25	404
Messwerte pro Stoff	579	639	35	639	1'675	358	571	386	639	580	579	580	640	551	640	629	35	640	10'491

Die 51 berücksichtigten GUES-Messstellen sind in grösseren und kleineren Gewässern in NRW über das ganze Bundesland verteilt. In der Abbildung 7 ist die Verteilung der GUES-Messstellen in NRW dargestellt.

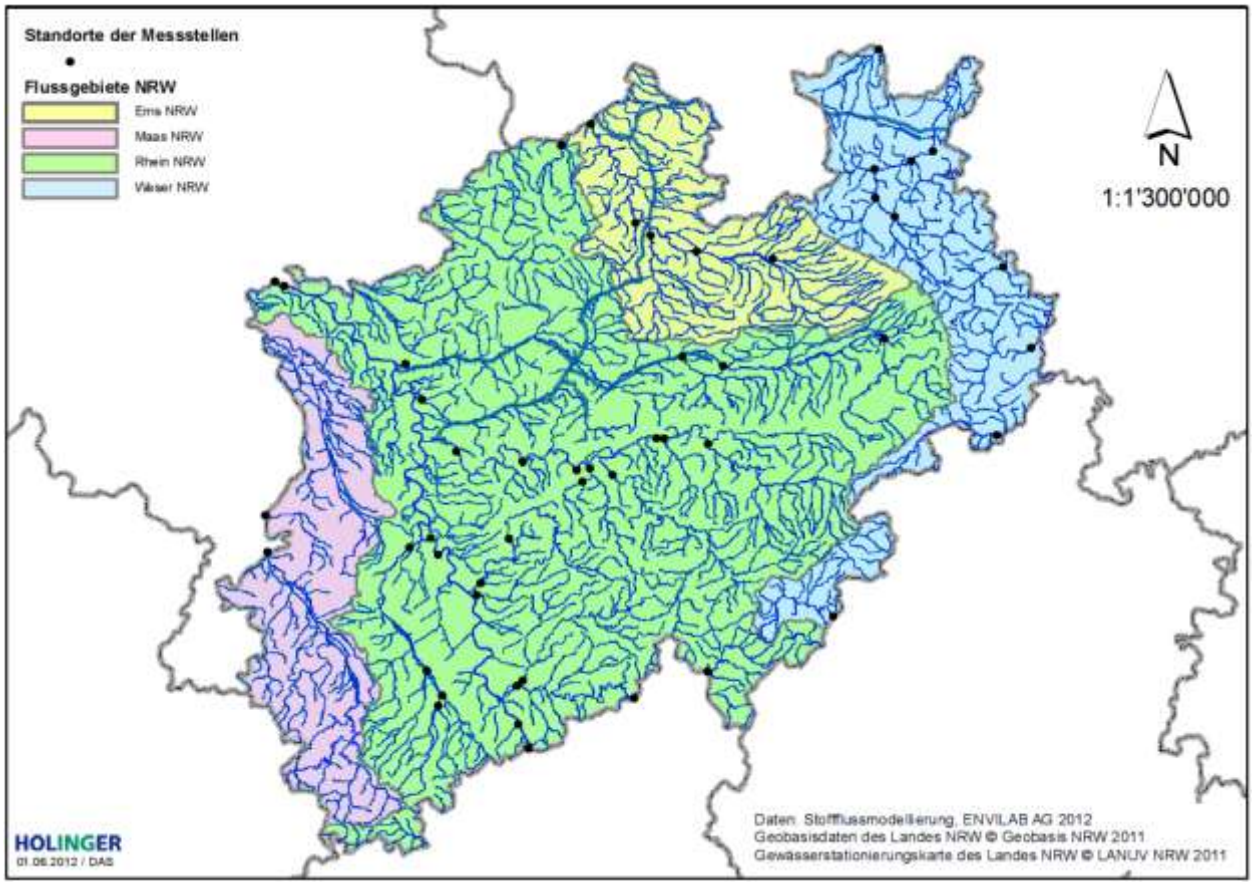

Abbildung 7: Verteilung der für die Modellüberprüfung berücksichtigten Gewässergütemessstellen (GUES) in NRW.

3.7 Wirkungsbasierte Qualitätskriterien

3.7.1. Wirkungsbasierte Qualitätskriterien des Oekotoxzentrums

Das Schweizerische Zentrum für angewandte Ökotoxikologie (Oekotoxzentrum) hat, ebenso wie das Umweltbundesamt in Berlin und die EU-Kommission, Qualitätskriterien für zahlreiche Mikroschadstoffe hergeleitet. Zur Ableitung wird dabei das Technical Guidance Document der Europäischen Union (EU) angewandt. Die dazu verwendeten ökotoxikologischen Effektdaten und die resultierenden Qualitätskriterien werden in Zusammenarbeit mit externen Experten und unabhängigen Gutachtern beurteilt und auf ihre Validität überprüft (Oekotoxzentrum, 2012).

Für ökotoxikologische Risikobewertungen werden Umweltkonzentrationen mit den dazugehörigen Qualitätskriterien verglichen. Ist die Umweltkonzentration grösser als das Qualitätskriterium, so kann ein Risiko für Wasserorganismen angenommen werden. Ein Vergleich der Umweltkonzentration mit dem akuten Qualitätskriterium (MAC-EQS = maximal zulässige Akutkonzentration) kann helfen, um abzuschätzen, ob eine Schädigung der Organismen innerhalb der nächsten 24-96 h zu erwarten ist. Mit den chronischen Qualitätskriterien (AA-EQS = zulässige durchschnittliche Jahreskonzentration), die für ein Monitoring der Gewässerqualität empfohlen werden, können Belastungen über einen längeren Zeitraum abgeschätzt werden. Für kontinuierliche Einträge von Mikroschadstoffen durch gereinigtes Abwasser ist besonders das chronische Qualitätskriterium relevant. So können die Organismen vor den Folgen von Langzeitbelastungen geschützt werden (Oekotoxzentrum, 2012). Aktuelle Vorschläge des Oekotoxzentrums und das Herleitungsverfahren sind auf der Homepage http://www.oekotoxzentrum.ch/qualitaetskriterien publiziert.

3.7.2. Trinkwasserspezifische Zielwerte

Die Wasser-Rahmenrichtlinie der EU (WRRL) kennt keine Umweltqualitätsnormen (UQN) zum Schutz der Gewässer vor ökologisch relativ untoxischen, jedoch rohwasserrelevanten Stoffen. Zu diesen gehören auch viele Humanarzneimittel, wie beispielsweise Metoprolol. Rohwasser aus durch Abwasser beeinflusstem Oberflächenwasser ist vor solchen Stoffen unterhalb gesundheitlich begründbarer Werte nur insoweit durch die Vorgaben der WRRL geschützt, wie sich solche Werte als ökologische UQN begründen lassen. Gemäss Artikel 7 der WRRL kann jeder Mitgliedsstaat eigene flussgebietsspezifische Höchstwerte so festlegen, dass der Aufwand zur Aufbereitung von Trinkwasser „möglichst verringert“ wird. In diesem Kontext ist der allgemeine Vorsorgewert VW_a = 0,1 µg/l des Umweltbundesamtes von Bedeutung. Seine Einhaltung bereits im Rohwasser, einschließlich vorübergehend akzeptabler Überschreitungen, stellt sicher, dass die Trinkwasserversorger auch hinsichtlich Humanarzneimittel den Umfang der Trinkwasseraufbereitung weiterhin gering halten oder ganz auf Aufbereitungsmaßnahmen zur Entfernung von Humanarzneimitteln verzichten können (http://www.umweltdaten.de/wasser/themen/trinkwasserkommission/massnahmeempfehlung_hamr.pdf, Umweltbundesamt, 2011).

3.7.3. Abgleich mit dem LANUV und in dieser Arbeit verwendete Werte

In Zusammenarbeit mit dem LANUV und unter Miteinbezug von verschiedenen Qualitätskriterien, welche vom UBA, der LAWA oder der Working-Group E der EU-Kommission empfohlen werden, wurden für dieses Projekt die hier zu verwendenden Qualitätskriterien vom LANUV festgelegt. Neben den wirkungsbasierten ökotoxikologischen Kriterien wurde auch die Situation bezgl. trinkwasserspezifischen Zielwerten in einem Kapitel angeschaut.

Für alle in dieser Arbeit berechneten Beurteilungen wurden die in der Tabelle 10 aufgeführten Qualitätskriterien des LANUV verwendet.

Tabelle 10: Auswahl von Qualitätskriterien und Zielwerten für Mikroschadstoffe des LANUV in Anlehnung an Arbeiten der LAWA, des Umweltbundesamtes und des Oekotoxzentrums sowie der Expertenkommission Programm „Reine Ruhr" und MKULNV, 2012; Umweltbundesamt, 2003; Umweltbundesamt, 2011, http://www.oekotoxzentrum.ch/qualitaetskriterien. Für die Beurteilung mit dem Stoffflussmodell wurden die fettgedruckten Werte verwendet.

Substanz	Stoffkategorie	Ökotoxikolgisches, wirkungsbasiertes Qualitätskriterien **[µg/L]**	Ökol./ökotoxikol. Präventivwert **[µg/L]**	trinkwasserspezifischer Zielwert **[µg/L]**
Benzotriazol	Industriechemikalie	30	**10**	4.5 (GOW_{QSAR})*
Carbamazepin	Arzneimittel	**0.5**		0.1 (VW_a)**
Clarithromycin	Arzneimittel	**0.06**		(0.1 (VW_a))***
Diclofenac	Arzneimittel	**0.1** (auch als EU-Kommissionsvorschlag 2012)		0.1 (VW_a)
Metoprolol	Arzneimittel	**7.3**		0.1 (VW_a)
Sotalol	Arzneimittel	unzureichende Daten	**0.1**	0.1 (VW_a)
Sulfamethoxazol	Arzneimittel	**0.15**		0.1 (VW_a)

*GOW_{QSAR}: Gesundheitlicher Orientierungswert, Abkürzungen gemäss Bewertungskonzept „Reine Ruhr" (MKULNV, 2012)

**VW_a: Vorsorgewert, Abkürzungen gemäss Bewertungskonzept „Reine Ruhr" (MKULNV, 2012)

***Wenn der vorsorgliche Wert höher ist als der ökotoxikologisch basierte, wird für die trinkwasserspezifische Beurteilung der tiefere der beiden Werte verwendet.

4. STOFFFLUSSMODELL

4.1 Grundsätzlicher Aufbau und Programmierung

Das Stoffflussmodell ist in R programmiert. R ist eine freie Programmiersprache für statistisches Rechnen und statistische Grafiken. Sie ist in Anlehnung an die Programmiersprache S entstanden und weitgehend mit dieser kompatibel. Der Funktionsumfang von R kann durch eine Vielzahl von Paketen erweitert und an spezifische statistische Problemstellungen angepasst werden. Viele Pakete können dabei direkt aus einer über die R-Console abrufbaren Liste ausgewählt und automatisch installiert werden. Zentrales Archiv für diese Pakete ist das Comprehensive R Archive Network (CRAN).

Das in dieser Arbeit verwendete Stoffflussmodell basiert auf dem von Christoph Ort im Rahmen des Projektes „Strategie Micropoll“ an der Eawag entwickelten Modells(Ort et al., 2009). Das Stoffflussmodell berücksichtigt keine Umweltprozesse und ist daher nur auf Substanzen anwendbar, welche in der Umwelt näherungsweise persistent sind. Der R-Code des Modells beinhaltet keine GIS basierten Elemente, er beruht auf der Verknüpfung von Kläranlagen, welche in einem Inputfile, der sogenannten „Austauschtabelle“ eingelesen werden.

Die Berechnung des Stoffflusses basiert auf **Frachtenberechnungen**. In erster Linie spielen die Wasserbilanzen, d.h. die hydraulischen Belastungen der Kläranlagen sowie die Abflussdaten der Fliessgewässer keine Rolle. Die Frachten werden entlang der definierten Fliessstrecke addiert. Die Konzentrationen werden dann in einem zweiten Schritt berechnet, indem die an einem bestimmten Punkt berechneten Frachten durch den Abfluss, beispielsweise den mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) dividiert werden.

Die Stofffracht pro Kläranlage (F_{Stoff}) und die Konzentration im Vorfluter ($\mathbf{C}_{\text{Stoff}}$), werden wie folgt berechnet (Formeln 1 und 2):

$$F_{\text{Stoff}}\left[\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{Tag}}\right] = SE_{\text{Stoff}}\left[\frac{\text{g}}{\text{Einwohner}\cdot\text{Tag}}\right]\cdot E\,[\text{Einwohner}] \qquad (1)$$

$$C_{\text{Stoff}}\left[\frac{\mu\mathbf{g}}{\mathbf{Liter}}\right] = \frac{F_{\text{Stoff}}\left[\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{Tag}}\right]}{MNQ\left[\frac{\text{Liter}}{\text{Tag}}\right]}\cdot\mathbf{10}^{6}$$

$$C_{Stoff}\left[\frac{\mu\text{g}}{\text{Liter}}\right] = \frac{F_{\text{Stoff}}\left[\frac{\text{g}}{\text{Tag}}\right]}{MNQ\left[\frac{\text{Liter}}{\text{Tag}}\right]}\cdot 10^{6} \qquad (2)$$

Wobei SE_{Stoff} die Stoffmenge pro Einwohner ist, welche die Kläranlage mit dem gereinigten Abwasser verlässt und E die Einwohner pro Kläranlage.

Für die Berechnung müssen die folgenden Informationen verfügbar sein (Ort et al., 2007):

- Verbrauchsmengen der zu untersuchenden Substanz.
- Standort, Einleitstelle ins Gewässer und Anzahl angeschlossene Einwohner für jede berücksichtigte Kläranlage.
- Anteil der Substanz, die nach der Anwendung unverändert in die Kanalisation gelangt.
- Substanzspezifische Eliminationsleistung der Kläranlagen (konventionelle Stufen).
- Topologisches Netzwerk aller Oberflächengewässer.
- Informationen über die Abflüsse direkt unterhalb der Einleitstellen (beispielsweise mittlerer Niedrigwasserabfluss MNQ oder mittlerer Abfluss über das ganze Jahr, MQ).

Um die oben aufgezählten Daten einzulesen benötigt das in R programmierte Stoffflussmodell folgende zwei Dateien:

- Austauschtabelle: Diese Tabelle enthält alle Informationen über die Kläranlagen, die angeschlossenen Einwohner und deren Verknüpfung über das Gewässernetz.
- Input Stoffdaten: Diese Tabelle enthält alle stoffspezifischen Informationen, wie Verkaufsmengen, Metabolisierungsraten, Abbauraten.

Diese 2 Dateien müssen als Text-Files abgelegt werden. Die Erstellung der Tabellen kann aber beispielsweise in Excel erfolgen.

4.2 Austauschtabelle

Die Austauschtabelle enthält alle benötigten Kläranlagen-Informationen und deren Verknüpfung. Im Folgenden sind die wichtigsten Parameter kurz beschrieben.

Kläranlagen

Es wurden insgesamt 641 Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen für die Berechnungen berücksichtigt. Zur eindeutigen Identifikation wurde jeder Kläranlage eine ID-Nummer zugeteilt.

Angeschlossene Einwohner

Für den Stofffluss der Mikroschadstoffe werden die tatsächlich an die Kläranlagen angeschlossenen Einwohner als Berechnungsgrundlage genommen. Für die im Rahmen dieses Projektes berücksichtigten Mikroschadstoffe, u.a. Arzneimittel und Haushaltschemikalien, kann angenommen werden, dass die in die Kläranlage transportierte Stofffracht direkt mit den

angeschlossenen Einwohnern korreliert. Die Dimensionierung der Kläranlagen (Ausbaugrösse), Fremdwasser und Regenwasser, und etwaige industrielle Indirekteinleiter können für solche Stoffe hinsichtlich der eingetragenen Frachten in der Regel vernachlässigt werden.

Gewässernetz

Die Verknüpfung der Kläranlagen über das Gewässernetz, kann mit Hilfe von GIS (Geographische Informationssysteme) und den entsprechenden Abfragen extrahiert werden. Die GIS Abfragen wurden vom LANUV durchgeführt und zur Verfügung gestellt. In Abbildung 8 ist die Art der Verknüpfung anhand eines einfachen Beispiels dargestellt.

Verknüpfung der Kläranlagen:

KA – ID Nr.	Unterliegende KA – ID Nr.
01	03
02	03
03	05
04	05
05	-

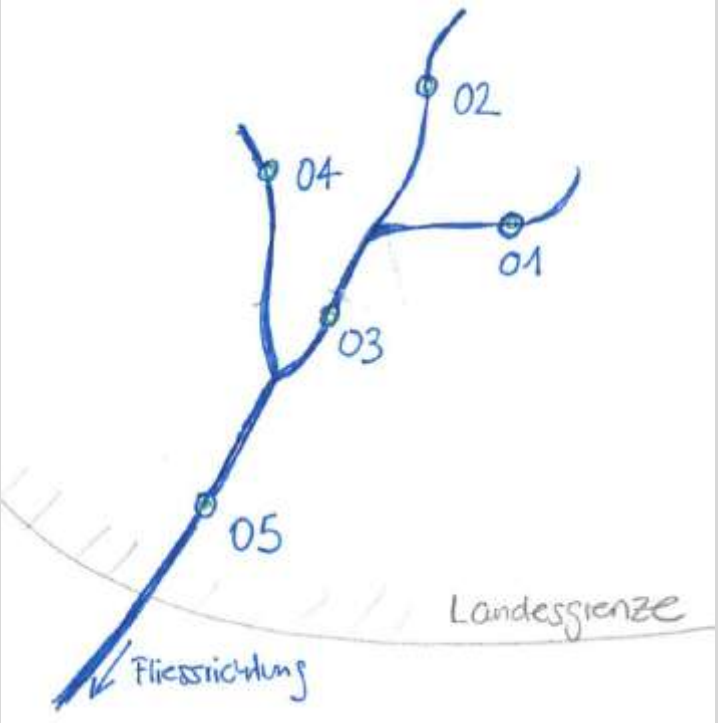

Abbildung 8: Verknüpfung der Kläranlagen im Stoffflussmodell.

Über die in Abbildung 8 illustrierten Verknüpfungen werden die Frachten entlang der Fliesstrecke kumuliert. Es wird dabei angenommen, dass während des Stofftransports kein Abbau und keine Sorption an Feststoffe oder ins Sediment stattfinden.

Abflussdaten

Um aus den Frachten die Konzentrationen in Gewässern unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen zu berechnen wurde der mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ) als Abflussgrösse

genommen. Für die Vergleiche mit Messdaten wurden die realen Abflussdaten zum Zeitpunkt der Messungen berücksichtigt.

4.3 Vorbelastungen der zufliessenden Gewässer

4.3.1. Vorbelastung des Rheins

Die Vorbelastung des Rheins an der Landesgrenze Rheinland-Pfalz zu NRW spielt für die berechneten Stofffrachten und Konzentrationen im Rhein eine entscheidende Rolle. Vor Eintritt des Rheins ins Gebiet von Nordrhein-Westfalen wird das kommunale Abwasser von rund 32 Mio. Einwohnern in den Rhein geleitet. An der GUES-Messstelle an der Landesgrenze WkSt. Süd (Bad Honnef) wurde über die letzten Jahre die Belastung für verschiedene Mikroschadstoffe systematisch erfasst. Die gemessenen Konzentrationen wurden über die Tagesmittelwerte der an der Messstation erfassten Abflussdaten auf Stofffrachten umgerechnet und mit den aus der Stoffflussberechnung (korreliert zu den oberliegenden Einwohnern) verglichen (siehe Abbildung 9).

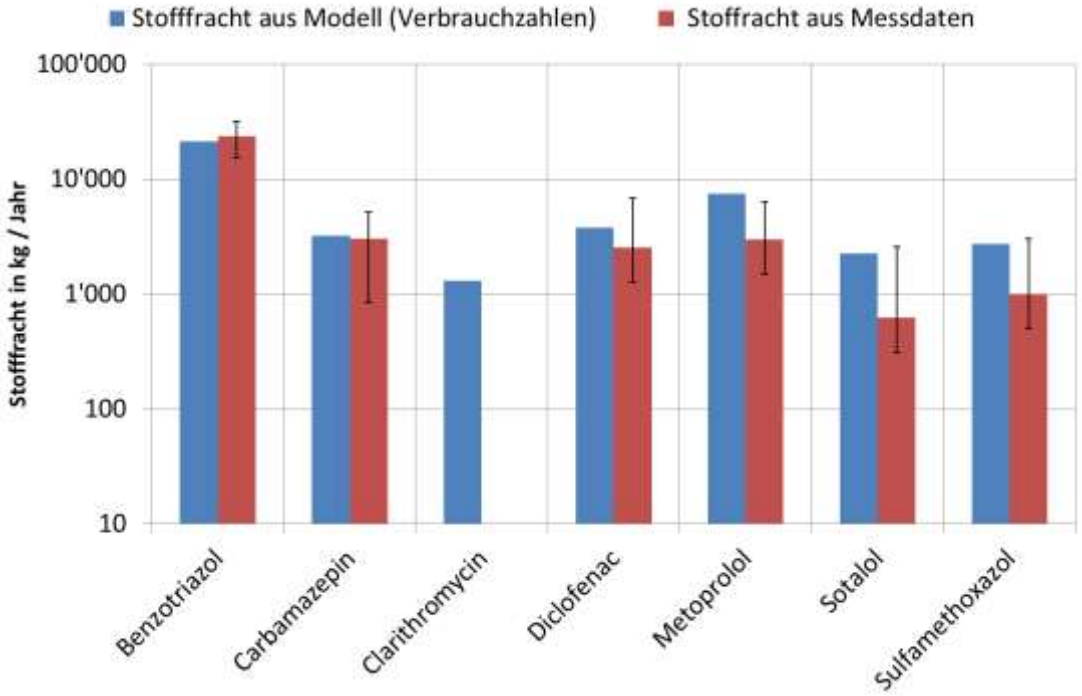

Abbildung 9: Vergleich der aus der Stoffflussberechnung resultierenden Stofffrachten der berechneten Messwerte an der GUES-Messstelle WkSt. Süd Bad Honnef. Für Clarithromycin lagen keine Messwerte vor aus denen Frachten ermittelt werden konnten. Für Benzotriazol wurden die Messungen aus Kläranlagen und nicht die Verbrauchszahlen verwendet.

Die in Abbildung 9 dargestellten Stofffrachten aus Messwerten stellen die Mittelwerte der Stofffrachten dar, welche aus den in den Jahren 2008-2011 erhobenen Messwerten berechnet wurden. Die Unsicherheitsbalken zeigen das 95% Vertrauensintervall der berechneten Stoffflüsse. Diese Angaben spiegeln die vorhandenen Schwankungen der Stoffflüsse wieder.

Alle modellierten Stoffflüsse mit Ausnahme von Metoprolol liegen innerhalb dieser Varianz. Die anhand der Messdaten abgeschätzte Fracht von Metoprolol liegt tiefer, als die aus den Verbrauchszahlen ermittelte. Der Grund dafür liegt höchstwahrscheinlich an der überschätzten Belastung durch die Oberlieger, wenn dem Stofffeintrag der Oberlieger die Verbrauchszahlen von NRW zu Grunde gelegt werden. Metoprolol (Betablocker) wird beispielsweise in der Schweiz viel weniger eingesetzt als in Deutschland. Häufiger wird dafür der Betablocker Atenolol verwendet. Die Verbrauchszahlen der anderen ausserhalb von Deutschland liegenden Oberlieger (Frankreich, Österreich und Lichtenstein) liegen nicht vor. Die bedeutendsten Oberlieger für den Rhein sind aber Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz, die beide ein ähnliches Verbrauchsmuster aufweisen müssten wie Nordrhein-Westfalen.

Für die Berechnung der Vorbelastung wurden in einem ersten Ansatz die aus den Verbrauchszahlen bzw. Messungen in Kläranlagen ermittelten Einträge verwendet. Diese Annahme wird später im Resultateteil diskutiert

4.3.2. Vorbelastung der übrigen Gewässer

Die Vorbelastung aller anderen Fliessgewässer (ohne den Rhein) entspricht zusammen rund 2.700.000 angeschlossenen Einwohnern. Für einige dieser Gewässer sind an der Stelle des Landeseintritts keine GUES-Messstellen vorhanden, bzw. keine oder nur wenige Daten über die hier betrachteten polaren Mikroschadstoffe erhoben worden. Für diese Fliessgewässer wurden die oberliegenden angeschlossenen Einwohner als Referenz für deren Vorbelastung verwendet, also die berechneten Stofffrachten zugrunde gelegt.

5. BERECHNUNG DES IST-ZUSTANDES

5.1 Georeferenzierte Darstellung der modellierten Konzentrationen einer Auswahl an Mikroschadstoffen

Die Stofffrachten wurden für 641 Einleitstellen unterhalb von Kläranlagen berechnet. Aus den berechneten Stofffrachten wurden über den mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) die Konzentrationen bei Trockenwetter berechnet. Bei den so ermittelten Konzentrationen handelt es sich um Situationen, welche für die Gewässer eine Extrembelastung darstellen, aber welche durchaus einige Tage im Jahr auftreten. Generell wird in der Tendenz derzeit von einer Zunahme der Belastung durch Pharmazeutika in Gewässern ausgegangen (siehe Zusammenstellung von Monitoring-daten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln; http://www.uba.de/uba-info-medien/4188.html). Im Folgenden werden die Konzentrationen von Carbamazepin, Diclofenac und Metoprolol an den Einleitstellen georeferenziert dargestellt. Die vollständigen Resultate befinden sich in Anhang 5.

5.1.1. Carbamazepin

In Abbildung 10 sind die modellierten Konzentrationen bei MNQ von Carbamazepin in den Gewässern direkt unterhalb der 641 Einleitstellen in fünf Konzentrationsbereichen dargestellt.

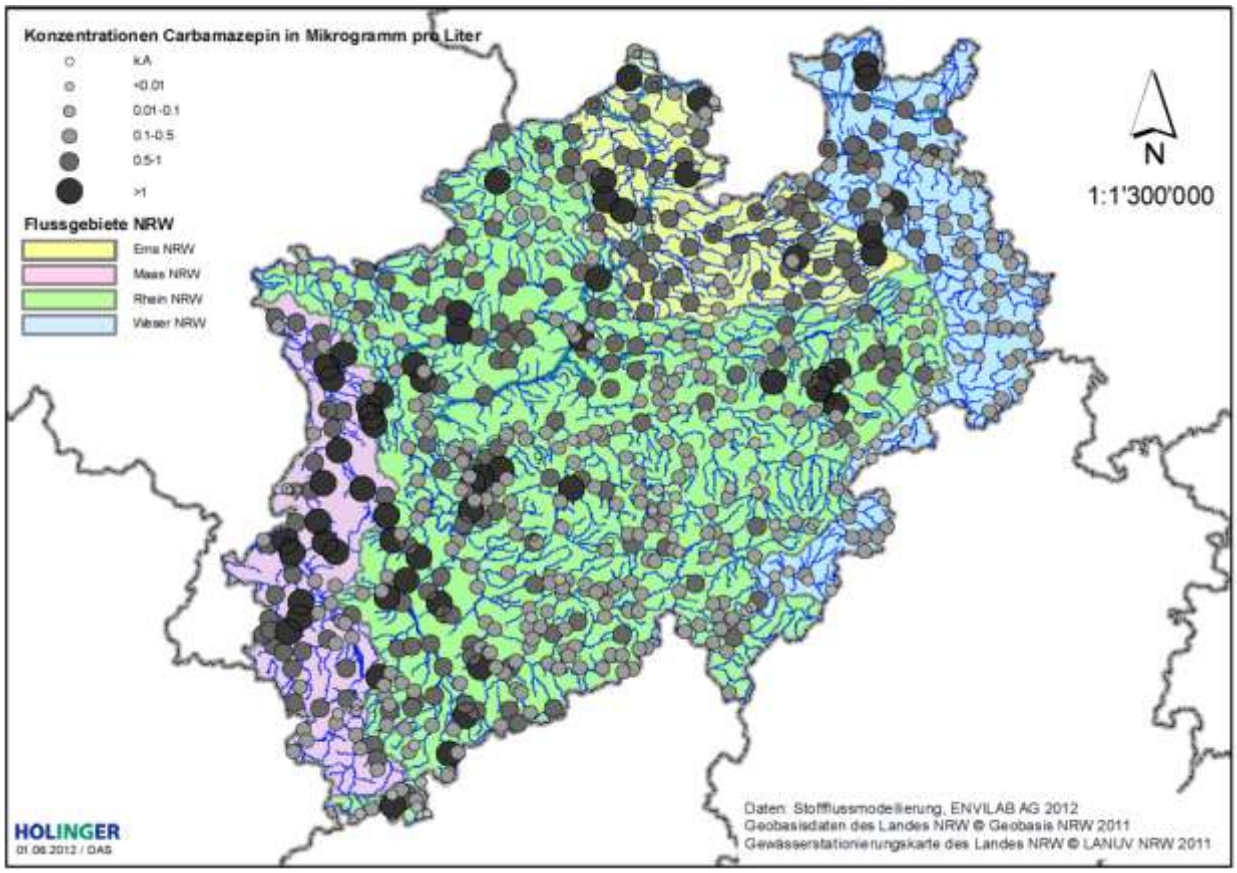

Abbildung 10: Für MNQ modellierte Carbamazepin-Konzentrationen in µg/L.

Die meisten Vorfluter weisen im unmittelbaren Einflussbereich der kommunalen Kläranlagen bei MNQ Konzentrationen von Carbamazepin zwischen 0.1 und 0.5 µg/L auf. Dies korrespondiert mit einem kumulativen Abwasseranteil bei MNQ zwischen 20 und 60%. Für die Vorfluter unterhalb der Einleitstellen, für die keine MNQ-Werte vorhanden waren, konnten dementsprechend auch keine Konzentrationen berechnet werden. Diese Einleitstellen sind in den Abbildungen mit k.A. gekennzeichnet. Es sind insgesamt 22 Vorfluter, für die keine Abflussdaten vorhanden waren.

5.1.2. Diclofenac

In Abbildung 11 sind die modellierten Konzentrationen bei MNQ von Diclofenac dargestellt. Diese bewegen sich in einem sehr ähnlichen Bereich wie die von Carbamazepin, aufgrund der rund 15% höheren Emission aus Kläranlagen sind die Konzentrationsbereiche geringfügig höher (Abbildung 11).

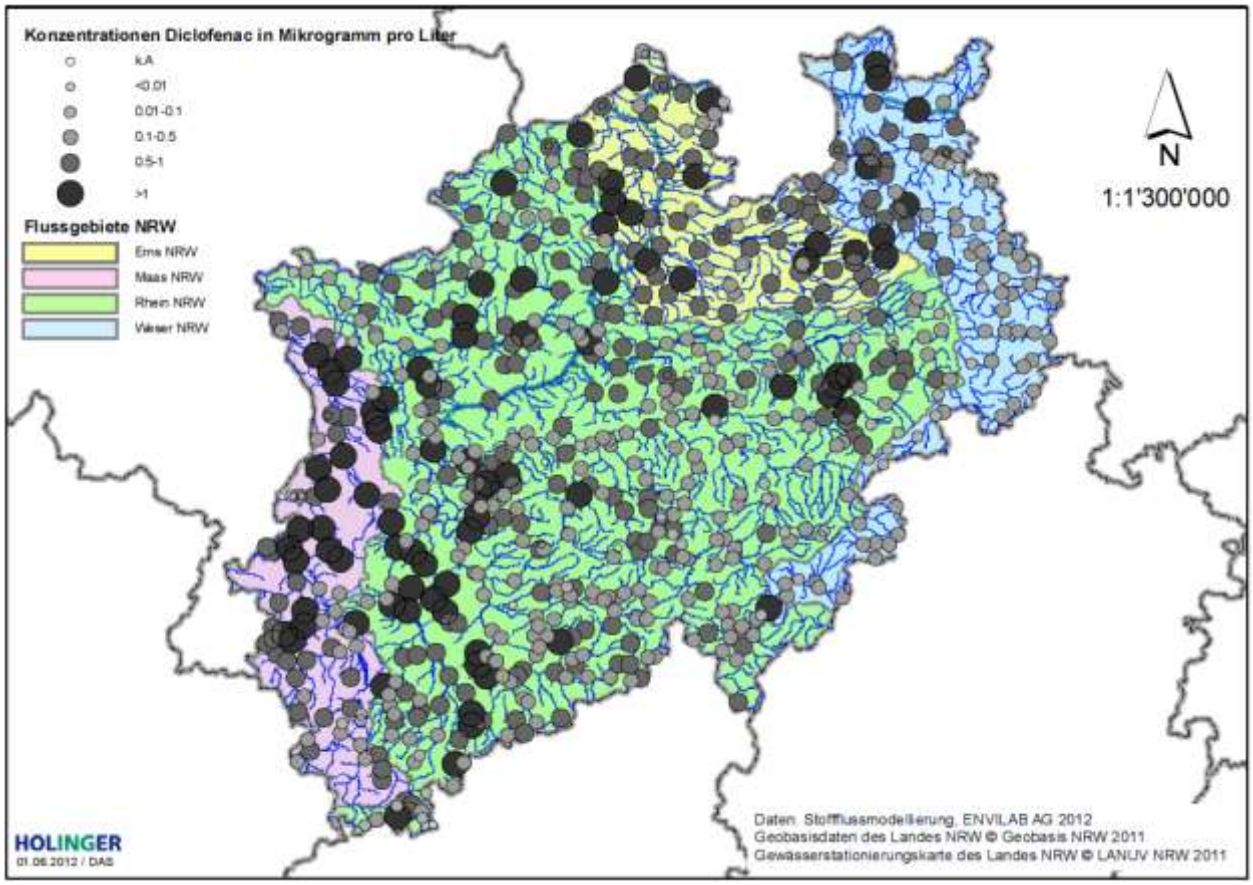

Abbildung 11: Für MNQ modellierte Diclofenac Konzentrationen in µg/L.

Für die hier durchgeführten Berechnungen wurde die Photolyse von Diclofenac in einem ersten Anlauf nicht berücksichtigt, d.h. es wurde angenommen, dass Diclofenac während der Fliess-

strecken in Nordrhein-Westfalen nicht signifikant abgebaut wird. Der Vergleich mit Messdaten zeigt, dass diese vereinfachende Annahme zutrifft (vergl. Abschnitt 5.2.6, Vergleich der Stoffflüsse für ausgewählte Mikroschadstoffe).

5.1.3. Metoprolol

Die modellierten Konzentrationen von Metoprolol bei MNQ in den Vorflutern direkt unterhalb der Einleitstellen sind in Abbildung 12 wiedergegeben. Metoprolol ist ein selektiver β1-Adrenorezeptoren-blocker (Betablocker) und wird in NRW in relativ hohen Mengen, mit mehr als 33 Tonnen/Jahr, eingesetzt.

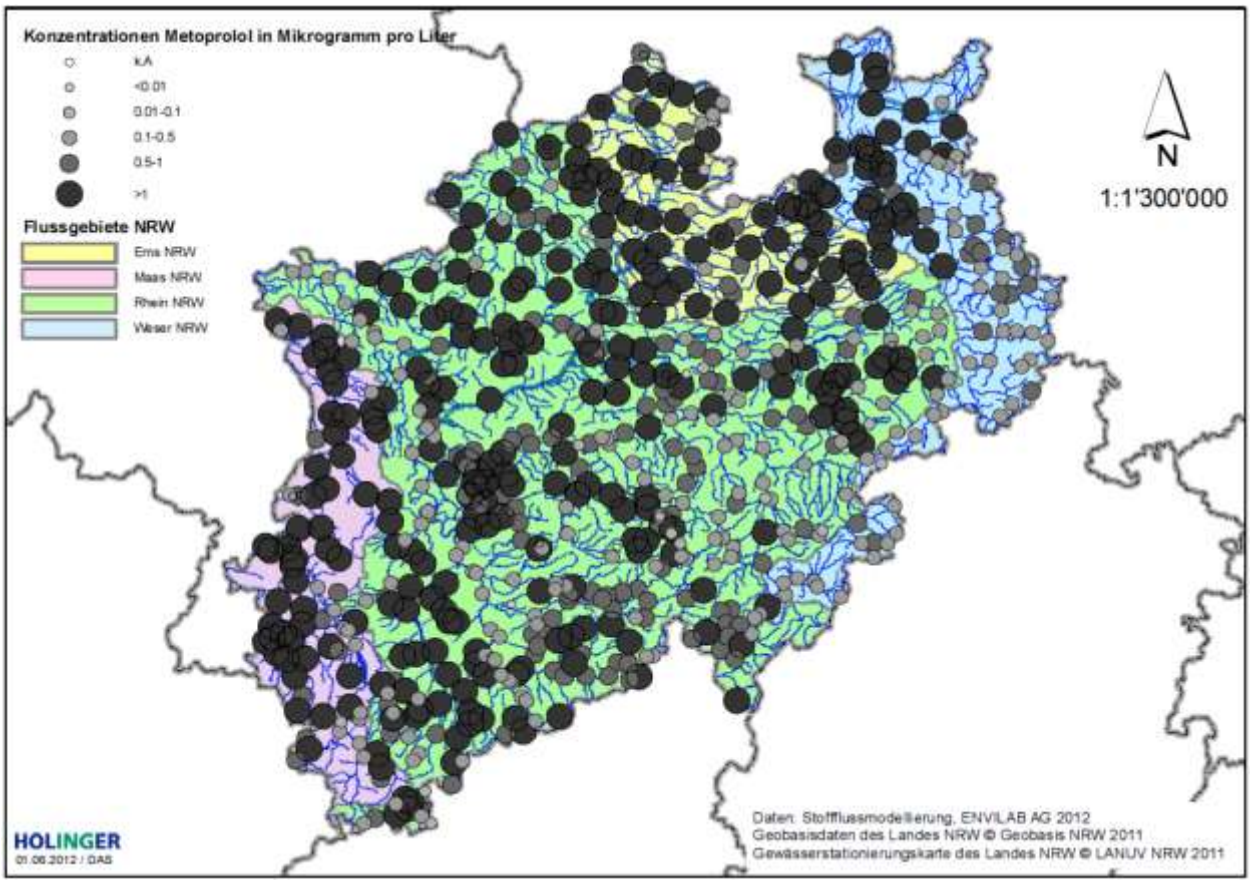

Abbildung 12: Für MNQ modellierte Metoprolol Konzentrationen in µg/L.

Von der verbrauchten Menge gelangen nach der Metabolisierung im Körper und dem Abbau in der biologischen Stufe ca. 15%, also um die 5 t/Jahr in die Gewässer. Aus diesen Eigenschaften resultieren die für Arzneimittelrückstände hohen Konzentrationen in den Gewässern bei MNQ. Unterhalb vieler Einleitstellen betragen die ermittelten Konzentrationen > 1 µg/L. Diese Resultate entsprechen den gemessenen Konzentrationsbereichen (LANUV-Daten, siehe Anhang 3). Im nächsten Abschnitt werden die modellierten Frachten mit aus den LANUV-Messdaten ermittelten Frachten verglichen.

5.2 Überprüfung des Stoffflussmodells: Vergleich der berechneten Stoffflüsse mit Messdaten,

5.2.1. Verifizierung, Validierung und Überprüfung des Modells

Das in diesem Projekt verwendete Stoffflussmodell wurde im Rahmen des Projekts „Strategie Micropoll“ für die Schweiz entwickelt und verifiziert[1] und für verschiedene Mikroverunreinigungen in Fliessgewässern validiert[2] (Ort, et al., 2007; Ort, et al., 2009). Das Modell ist prinzipiell auf Flusseinzugsgebiete mit ähnlichen Fliesszeiten übertragbar. Für quasi-persistente Substanzen, mit geografisch relativ homogener und zeitlich konstanter Anwendung, wird eine gute Übereinstimmung zwischen modellierten Stoffflüssen und gemessen Daten erwartet. Diese Voraussetzungen sind in Nordrhein-Westfalen für die ausgewählten Substanzen grundsätzlich gegeben.

Trotz klarer Definitionen werden die Begrifflichkeiten Verifizierung[1] und Validierung[2] sowohl in der Wissenschaft als auch im allgemeinen Sprachgebrauch unterschiedlich gehandhabt. Dies macht eine klare Abgrenzung der zwei Begriffe nicht einfach möglich und darum wird im Rahmen dieser Arbeit einzig von Überprüfung gesprochen. In diesem Sinne wird überprüft ob das Modell die Messdaten gut wiedergibt und in diesem Zusammenhang als zuverlässiges Vorhersageinstrument, respektive zur Evaluation unterschiedlicher Zukunftsszenarien verwendet werden kann.

5.2.2. GUES-Messstellen

Insgesamt waren 51 GUES-Messstellen für die Überprüfung verfügbar. Die Auswahl der Messstellen und die Messdaten wurden durch das LANUV zur Verfügung gestellt.

In Abbildung 13 sind alle 51 für den Stoffflussvergleich einbezogenen GUES-Messstellen mit Angabe des am Bezugspegel der Messstellen ermittelten, langjährigen mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) abgebildet.

---

[1] Verifizierung: „Bestätigung durch einen objektiven Nachweis, dass Anforderungen erfüllt werden.“ (DIN EN ISO 9000:2005, Abschnitt 3.8.4). Generell Beantwortung der Frage: „Ist das System (=Modell) richtig gebaut?“

[2] Validierung: „Bestätigung durch objektiven Nachweis, dass die Anforderungen für eine bestimmte Anwendung oder einen bestimmten Gebrauch erfüllt sind.“ (ISO 9000:2005, Abschnitt 3.8.5) Generell Beantwortung der Frage: „Ist es das richtige System (=Modell), um die Anforderungen in der Praxis zu erfüllen?“

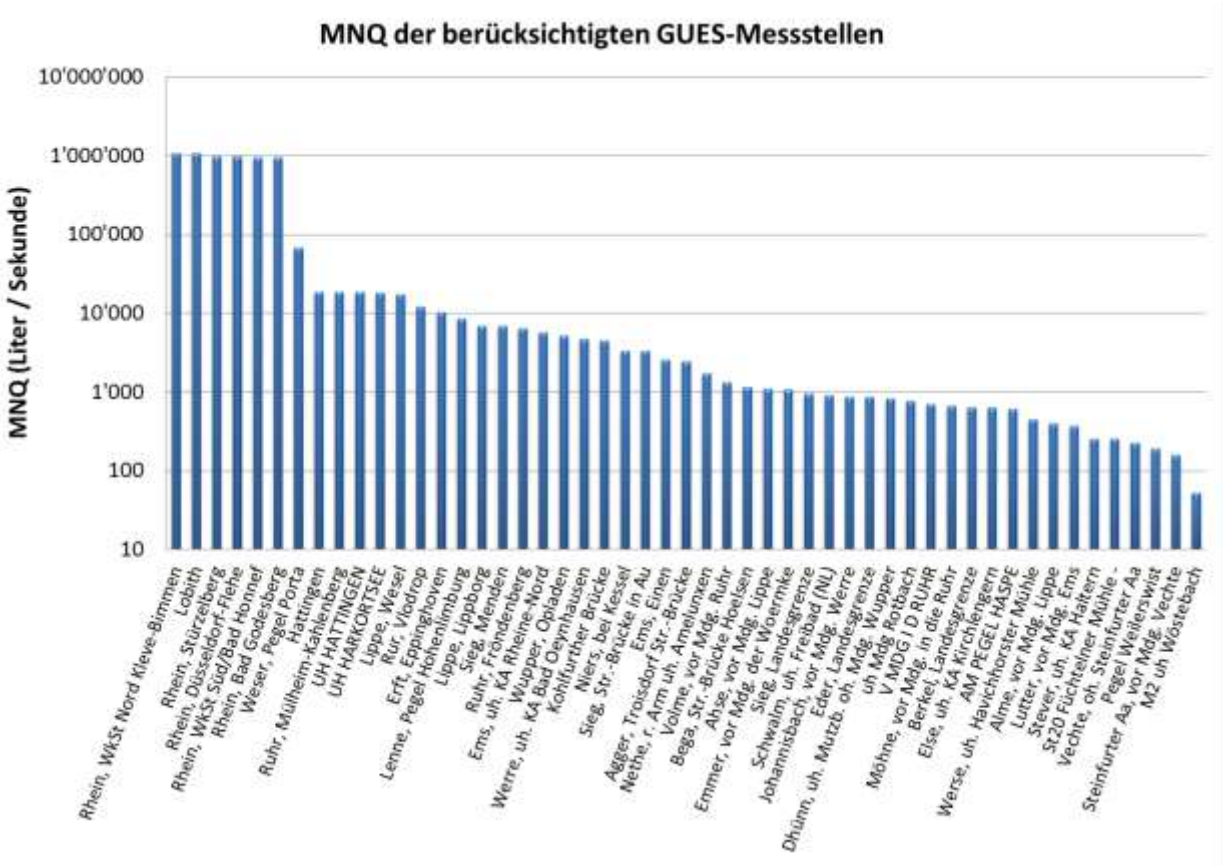

Abbildung 13: Mittlere Niedrigwasserabflüsse (MNQ) der für die Modellüberprüfung berücksichtigten GUES-Messstellen. Die MNQ zwischen den verschiedenen Messstellen variieren zwischen ca. 50 Litern pro Sekunde und über 1'000'000 Liter pro Sekunde.

Mit den berücksichtigten Messstellen werden kleine bis grosse Gewässer abgebildet. Die MNQ zwischen den verschiedenen Messstellen variieren zwischen wenigen Litern pro Sekunde und über 1'000'000 Liter pro Sekunde. Somit steht eine sehr breite Datenbasis für die Modellverifizierung zur Verfügung.

5.2.3. Carbamazepin

In Abbildung 14 sind die an den ausgewählten GUES-Messstellen gemessenen, gemittelten Konzentrationen von Carbamazepin angegeben. Um die Vergleichbarkeit mit den Modelldaten und zwischen den Messstellen zu gewährleisten wurden die Konzentrationen auf den MNQ der jeweiligen Messstellen normiert. Die Konzentrationen bewegen sich, je nach Messstelle zwischen 0.07 und 3.1 µg/L (siehe Anhang 3:
Messdaten im Gewässer – Stofffrachten und Konzentrationen).

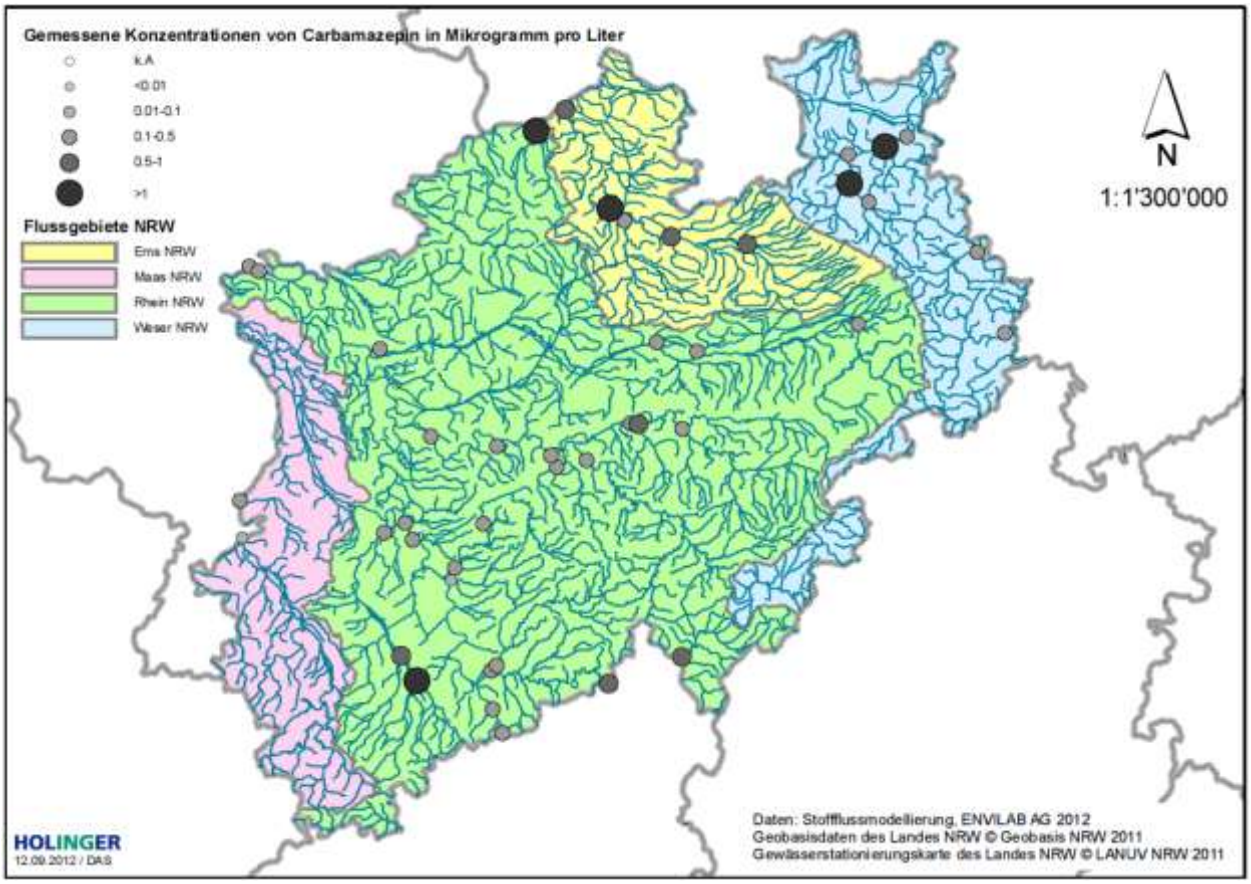

Abbildung 14: Georeferenzierte Darstellung der gemessenen Konzentrationen von Carbamazepin (umgerechnet auf MNQ). Die gemessenen Konzentrationen bewegen sich zwischen 0.07 und 3.1 µg/L.

5.2.4. Diclofenac

In Abbildung 15 sind die an den ausgewählten GUES-Messstellen gemessenen gemittelten Konzentrationen von Diclofenac angegeben. Die Konzentrationen bewegen sich, je nach Messstelle zwischen 0.08 und 1.27 µg/L (siehe Anhang 3: Messdaten im Gewässer – Stofffrachten und Konzentrationen).

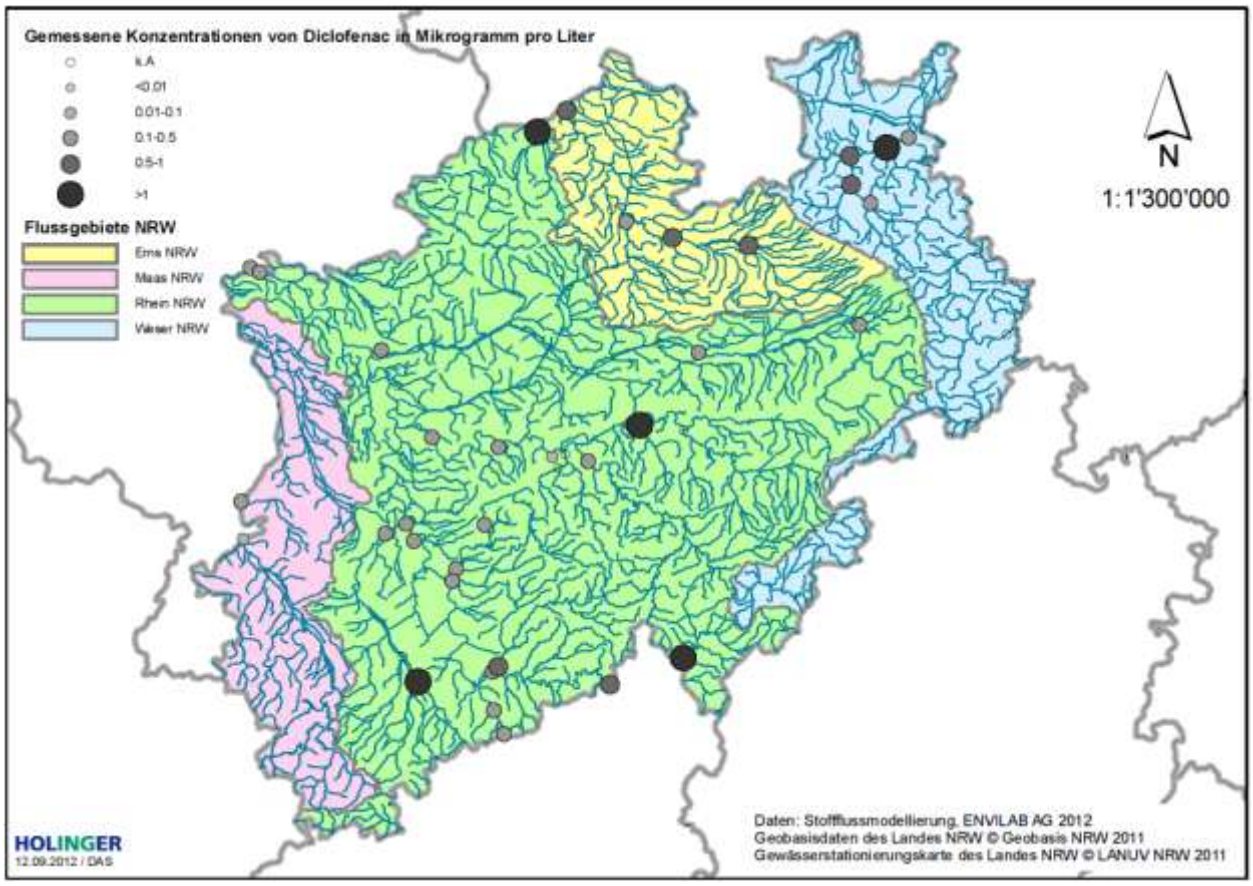

Abbildung 15: Georeferenzierte Darstellung der gemessenen Konzentrationen von Diclofenac (umgerechnet auf MNQ). Die gemessenen Konzentrationen bewegen sich zwischen 0.08 und 1.27 µg/L.

5.2.5. Umrechnung der gemessenen Konzentrationen auf Stoffflüsse

Die an den GUES-Messstellen gemessenen Konzentrationen wurden über Tagesmittelwerte der Abflüsse auf entsprechende Stofffrachten umgerechnet. Insgesamt wurden rund 10‘500 Messwerte über die zusammengestellten Abflussdaten in Frachten umgerechnet. Somit standen umfangreiche Messdaten für die Modellüberprüfung zur Verfügung.

5.2.6. Vergleich der Stoffflüsse für ausgewählte Mikroschadstoffe

Zur Überprüfung der Modellberechnungen wurden die aus dem Modell resultierenden Stoffflüsse mit den aus den Messdaten abgeschätzten Stoffflüssen verglichen. Die Vergleiche sind für die Mikroschadstoffe Benzotriazol, Carbamazepin, Diclofenac und Sotalol in der Abbildung 16 wiedergegeben.

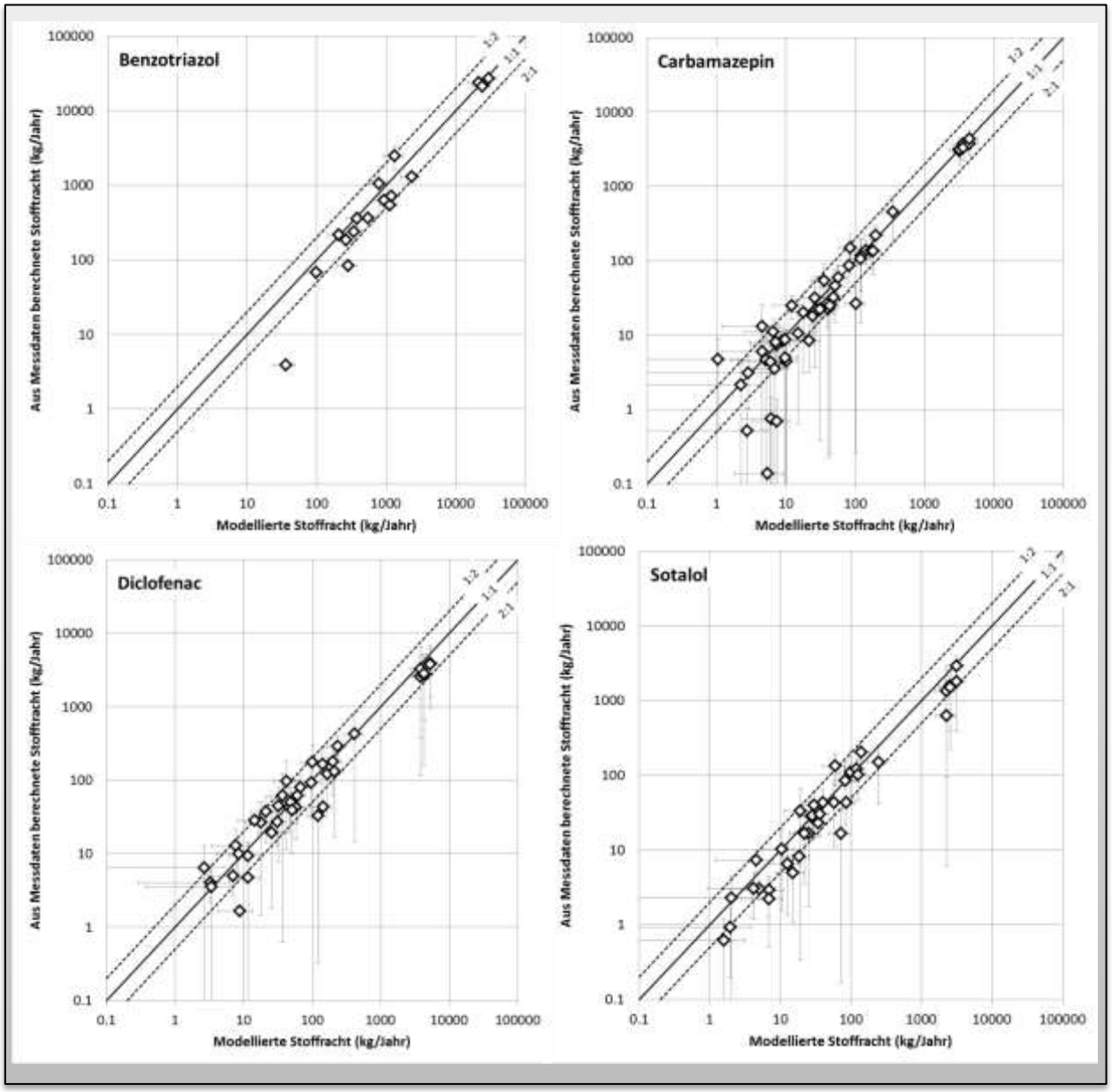

Abbildung 16: Vergleiche der Stoffflüsse der vier Mikroschadstoffe Benzotriazol, Carbamazepin, Diclofenac und Sotalol an den GUES-Messstellen.

Die Vergleiche zwischen den modellierten und den aus Messwerten abgeschätzten Stoffflüssen zeigen für Benzotriazol, Carbamazepin, Diclofenac und Sotalol eine sehr gute Übereinstimmung. Generell sind die Streuung und auch die Abweichungen bei kleinen Fliessgewässern (in den Abbildungen gegen unten links) grösser, als bei den grossen Gewässern. Besonders ist dies bei Carbamazepin erkennbar. Aus den dargestellten Daten lässt sich ableiten, dass das verwendete Stoffflussmodell für diese vier Stoffe sehr gut übereinstimmt und eine gute Vorhersagegenauigkeit aufweist. Die Oberliegerbelastung scheint mit den getroffenen Annahmen,

dass in den oberliegenden Ländern im Durchschnitt die gleichen Mengen pro Person verbraucht werden für diese vier Stoffe gut zu stimmen.

In Abbildung 17 sind die Vergleiche der Stoffflüsse der drei Mikroschadstoffe Clarithromycin, Metoprolol und Sulfamethoxazol an den GUES-Messstellen wiedergegeben.

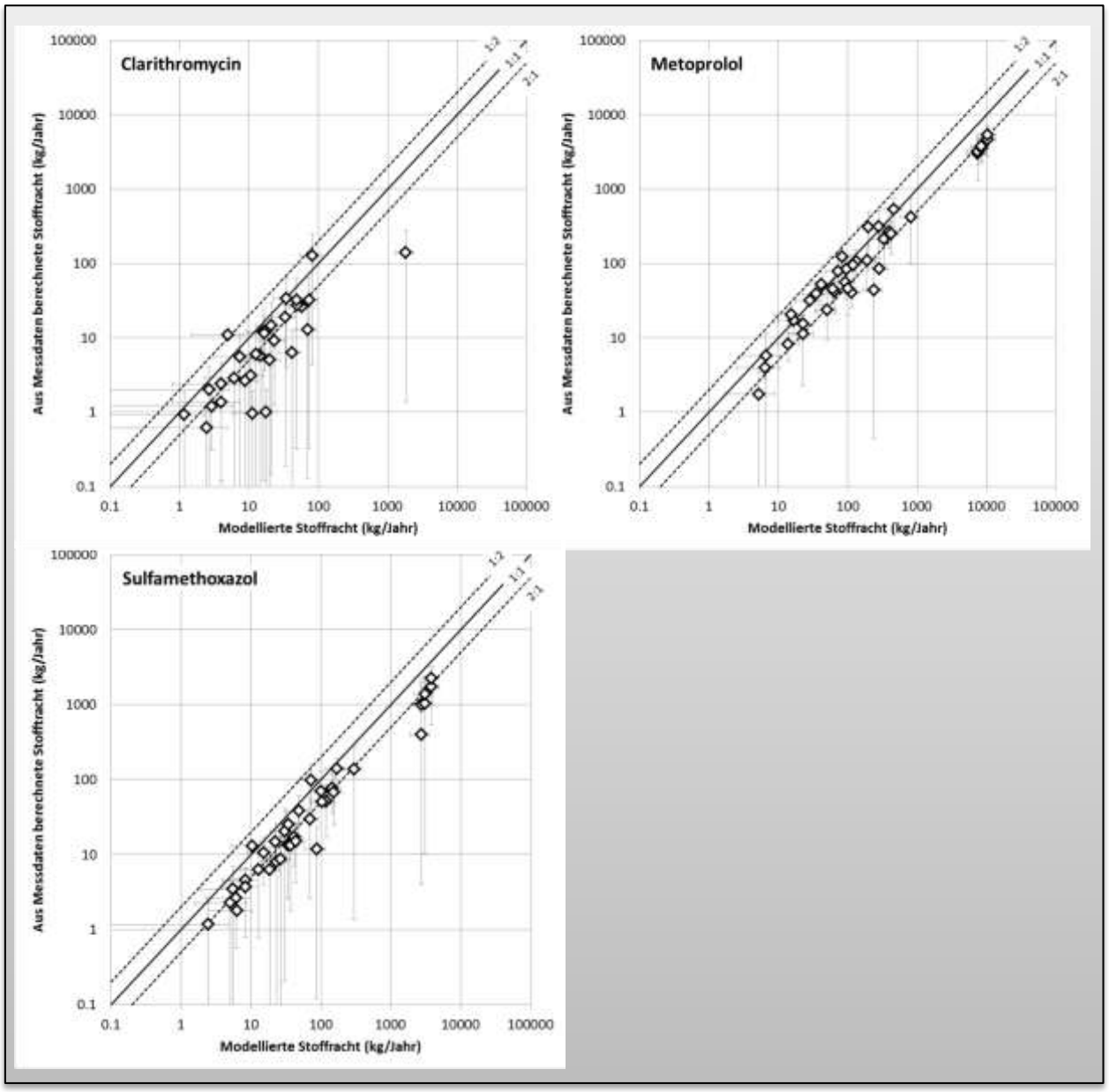

Abbildung 17: Vergleiche der Stoffflüsse der drei Mikroschadstoffe Clarithromycin, Metoprolol und Sulfamethoxazol an den GUES-Messstellen.

Bei Clarithromycin, Metoprolol und Sulfamethoxazol sind die modellierten Stofffrachten tendenziell höher als die aus den Messwerten abgeschätzten Frachten. Dies kann, abhängig vom betrachteten Stoff, verschiedene Ursachen haben.

Metoprolol: Bei Metoprolol ist auffällig, dass insbesondere die modellierten Daten im Rhein nicht gut mit den aus den Messwerten abgeschätzten Daten übereinstimmen. In den kleineren und mittleren Fliessgewässern in NRW, welche keine oder nur wenige Oberlieger aus anderen Bundesländern oder Nationen haben, ist die Übereinstimmung ziemlich gut und eine gute Vorhersagegenauigkeit wird erreicht. Die Ursache ist höchstwahrscheinlich, dass die wichtigen oberliegenden Staaten andere Verbrauchsmuster von Arzneimitteln aufweisen als NRW. Für die Schweiz ist beispielsweise bekannt, dass Metoprolol nicht so häufig eingesetzt wird, es werden häufiger andere Betablocker wie z.B. das Atenolol verschrieben.

Clarithromycin und Sulfamethoxazol: Bei diesen beiden Arzneimitteln (Antibiotika) ist der modellierte Stofffluss an fast allen GUES-Messstellen höher als der aus den Messdaten berechnete. Die Ursache für die Diskrepanz ist für diese Stoffe nicht ganz klar. Die aktuellen Messungen des LANUV vom Frühling 2012 in den Kläranlagenabläufen stimmen ziemlich gut mit den berechneten Stoffflüssen überein (vergl. Abschnitt 3.4, Vergleich der berechneten Inputdaten mit Messungen an Kläranlagen), daher ist eine deutliche Überschätzung des aktuellen Eintrags durch die Modellannahmen eher unwahrscheinlich. Bei **Clarithromycin** ist möglicherweise der Konsum signifikant gestiegen und die Messdaten in den Gewässern, welches Mittelwerte aus den Jahren 2008-2011 sind, repräsentieren nicht mehr die aktuelle Situation. Ein Hinweis darauf ist, dass in der Messkampagne des LANUV aus dem Jahres 2010 bei Clarithromycin im Mittel nur um die 40 ng/L in Kläranlagenausläufen gefunden wurde, in der Kampagne von 2012 waren es rund 110 ng/L, was den Modellrechnungen entspricht. Mit einem Input aus den Kläranlagen von 40 ng/L würden die Messdaten und die Modelldaten zusammenpassen. Der Konsum von **Sulfamethoxazol**, wie auch die Mittelwerte der Messdaten in Kläranlagenausläufen, scheinen sich nicht geändert zu haben.

5.3 Beurteilung der Gewässerbelastung

5.3.1. Einzelstoffbeurteilung anhand von ökotoxikologisch basierten Werten

Generell erfolgt eine Risikobewertung durch den Vergleich einer Umweltkonzentration mit den wirkungsbasierten Qualitätskriterien oder Qualitätszielen. Dabei wird mit dem Vergleich der an einem Ort auftretenden (gemessenen oder berechneten) Umweltkonzentration (EC:= Environmental Concentration)und dem entsprechenden wirkungsbasierten Qualitätskriterium ein Risikoquotient bestimmt. Der Risikoquotient (RQ) wird folgendermassen berechnet:

RQ = EC / Qualitätskriterium oder Qualitätsziel

Basierend auf dem berechneten Risikoquotient können die Vorfluter in verschiedene Zustandsklassen eingeteilt werden. Das System mit sieben Zustandsklassen und den verwendeten Klassengrenzen ist an die Wasserrahmenrichtlinien (WRRL) und den Monitoringleitfaden von Nordrhein-Westfalen angelehnt, wobei es mit zwei zusätzlichen Einteilungen (zehnfache Überschreitung des Qualitätskriteriums, resp. zehnfach unter dem Qualitätskriterium) ergänzt wurde. Die sieben Zustandsklassen und die hier verwendeten Klassengrenzen sind in der Tabelle 11 wiedergegeben.

Tabelle 11: Wirkungsbasierte Beurteilung der chemischen Wasserqualität für Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser. Einteilung nach verschiedenen Farben für die graphische Darstellung in Anlehnung an den Monitoringleitfaden NRW (LANUV).

Farbeinteilung	Bedingung/Beschreibung		Einhaltung Qualitätskriterium
	Maximal 10% des Qualitätskriteriums	RQ < 0.1	Qualitätskriterium eingehalten
	maximal halbes Qualitätskriterium	0.1 ≤ RQ < 0.5	
	maximal einfaches Qualitätskriterium	0.5 ≤ RQ < 1	
	maximal doppeltes Qualitätskriterium	1 ≤ RQ < 2	Qualitätskriterium überschritten (nicht eingehalten)
	maximal vierfaches Qualitätskriterium	2 ≤ RQ < 4	
	mehr als vierfaches Qualitätskriterium	4 ≤ RQ < 10	
	Mehr als zehnfaches Qualitätskriterium	RQ ≥ 10	

Die Zielvorgabe ist für die Klassen Hellblau, Blau und Grün erreicht und für die Klassen Gelb, Orange, Rot und Dunkelrot nicht.

Die hier gewählte Beurteilung der Wasserqualität aufgrund der Zustandsklassen basiert auf der Beurteilung von Einzelstoffen, d.h. die Zustandsklassen der Gewässer werden spezifisch für die betrachteten Stoffe angegeben. Eine Beurteilung des Gewässerzustandes bezüglich der gesamten Belastungssituation durch Mikroschadstoffe ist derzeit noch nicht möglich. Eine summarische Betrachtung der Überschreitungen für 6 Indikatorstoffe ist im vorliegenden Bericht exemplarisch vorgenommen worden (s.u.).

5.3.2. Vergleich mit ökotoxikologischen Qualitätskriterien für Carbamazepin, Diclofenac und Metoprolol

Im Folgenden werden die für MNQ ermittelten Risikoquotienten von Carbamazepin, Diclofenac und Metoprolol georeferenziert dargestellt. Es wurden die wirkungsbasierten Qualitätskriterien verwendet, welche in Absprache mit dem LANUV bestimmt wurden und auf den Vorschlägen des UBA und des Oekotoxzentrums basieren (vergl. Abschnitt 3.7).

In Abbildung 18 sind die modellierten Risikoquotienten von Carbamazepin in den Vorflutern direkt unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen dargestellt. Als Qualitätskriterium für Carbamazepin wurde 0.5 µg/L verwendet.

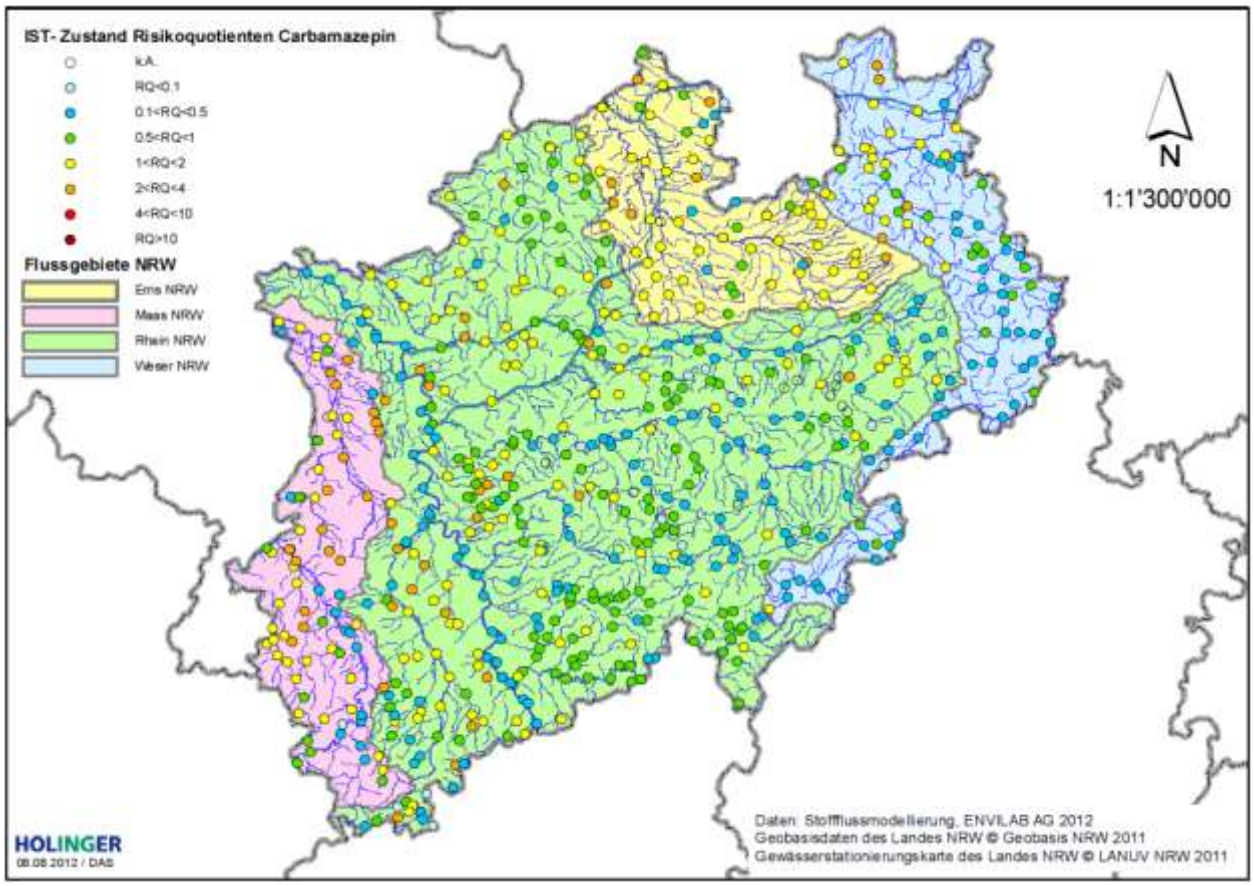

Abbildung 18: Risikoquotienten von Carbamazepin in den Gewässern direkt unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen. Als Qualitätskriterium für Carbamazepin wurde 0.5 µg/L verwendet.

Die Konzentrationen von Carbamazepin überschreiten an keinem der modellierten Vorfluter unterhalb der Einleitstellen das vierfache Qualitätskriterium. Insgesamt wird das Qualitätskriterium von 0.5 µg/L in 60% aller 641 Vorfluter eingehalten, wobei ca. 4% der Vorfluter aufgrund fehlender MNQ Angaben nicht beurteilt wurden. In etwa 35% aller beurteilten Vorfluter wurde somit das Qualitätskriterium überschritten, jedoch in weniger als 10% um das doppelte und nie um mehr als das Vierfache. Die Situation im IST-Zustand ist somit für Carbamazepin im Vergleich zu Diclofenac als weniger kritisch einzustufen. Es besteht aber durchaus Handlungsbedarf, wenn die Qualitätskriterien bei MNQ überall eingehalten werden sollen oder vorsorgliche Werte (0.1 µg/L für Arzneimittel) zur Anwendung kommen.

Die georeferenzierte Darstellung der modellierten Risikoquotienten von Diclofenac in den Vorflutern direkt unterhalb der 641 Einleitstellen der Kläranlagen ist in Abbildung 19 wiedergeben.

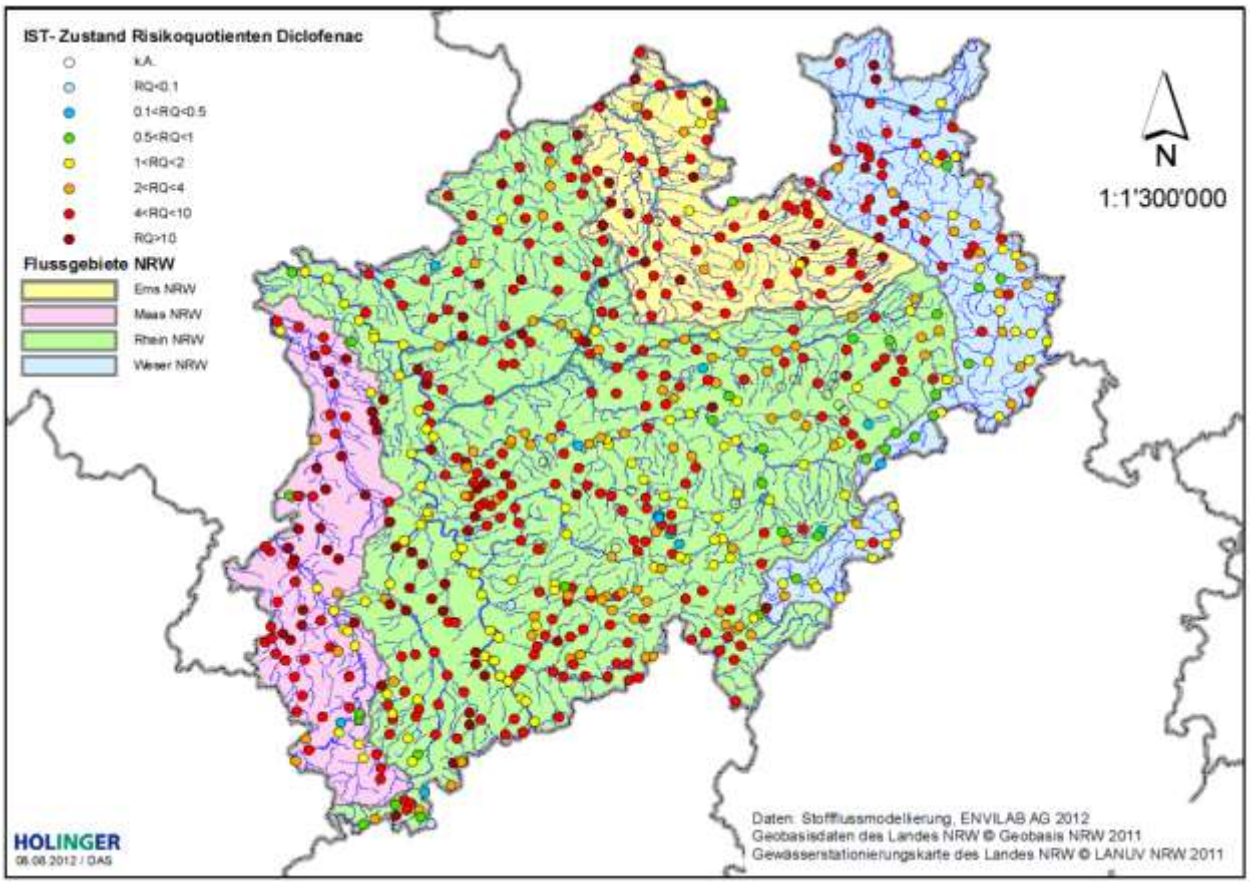

Abbildung 19: Risikoquotienten von Diclofenac in den Gewässern direkt unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen. Als Qualitätskriterium für Diclofenac wurde 0.1 µg/L verwendet.

Die modellierten Konzentrationen von Diclofenac überschreiten in vielen der 641 Gewässerabschnitten unterhalb der Einleitstellen das Qualitätskriterium von 0.1 µg/L. Dies ist für über 90% der beurteilten Vorfluter der Fall. Unterhalb 82 Einleitstellen ist das Qualitätskriterium für Diclofenac bei MNQ sogar um das Zahnfache und in rund 50% aller Vorfluter um mindestens das Vierfache überschritten. Die Modellierung von Diclofenac zeigt somit von den in dieser Arbeit modellierten Stoffe das höchste Risiko für aquatische Organismen an. Dies ist auch aus anderen vergleichbaren Studien bekannt (Ort, et al., 2009; Gälli, et al., 2009). Es gibt aber durchaus andere vergleichbar kritische Stoffe aus kommunalem Abwasser, beispielsweise hormonaktive Stoffe, wie Ethinylestradiol, welche zwar in noch tieferen Konzentrationen in den Gewässern vorkommen, aber auch ökotoxikologisch kritischer sind und unterhalb von 1 ng/L in Organismen zu populationsrelevanten Effekten führen können (Kase, et al., 2011; Götz, et al., 2011).

Die Abbildung 20 zeigt die Risikoquotienten von Metoprolol in den Vorflutern direkt unterhalb der Einleitstellen der modellierten Kläranlagen unter Verwendung des wirkungsbasierten Qualitätskriteriums von 7.3 µg/L.

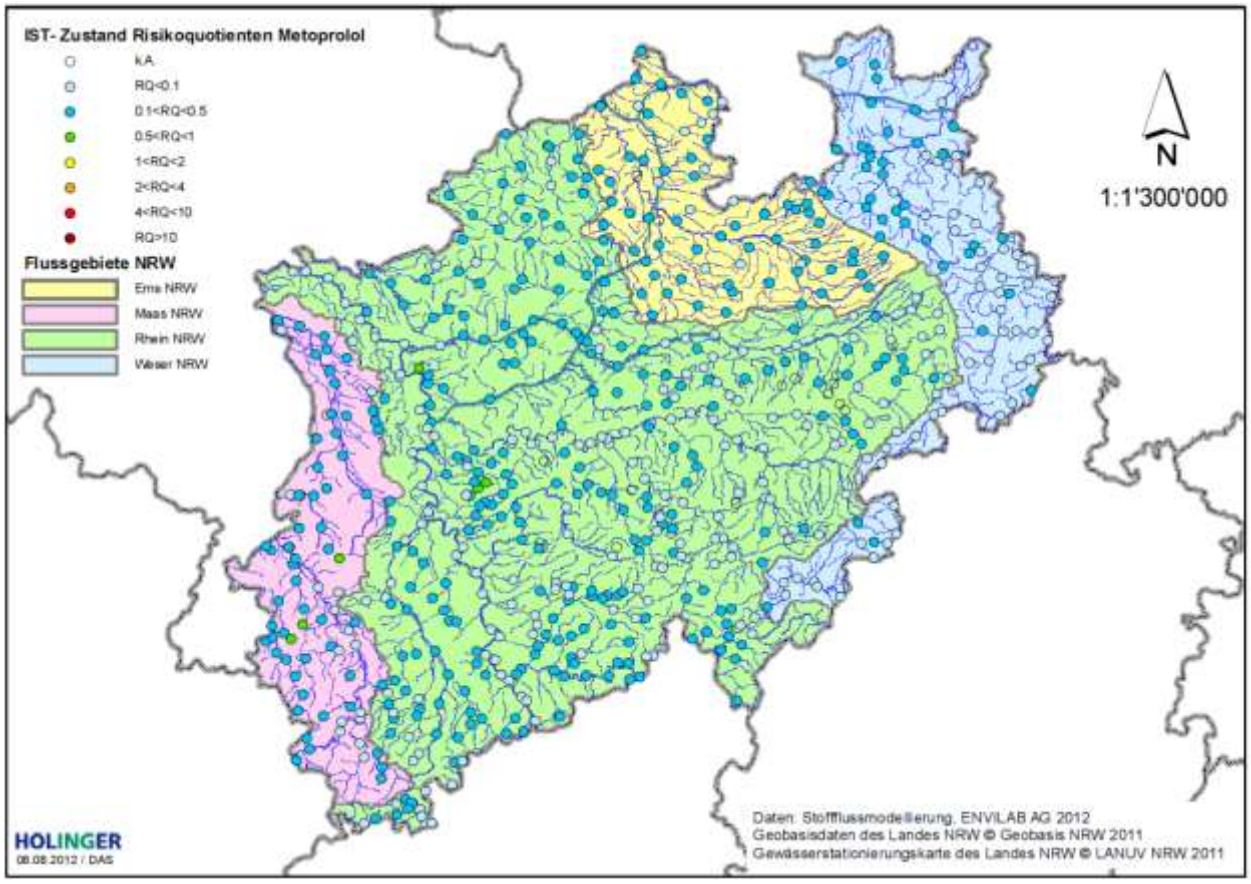

Abbildung 20: Risikoquotienten von Metoprolol in den Gewässern direkt unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen. Als Qualitätskriterium für Metoprolol wurde 7.3 µg/L verwendet.

Die Konzentrationen von Metoprolol bewegen sich durchweg unter dem Qualitätskriterium von 7.3 µg/L. Obwohl Metoprolol im Vergleich zu Carbamazepin und Diclofenac die höheren Konzetrationen aufweist (vergl Abschnitt 5.1, Georeferenzierte Darstellung der modellierten Konzentrationen einer Auswahl an Mikroschadstoffen), ist es bezüglich Wasserqualität der am wenigsten kritischste Stoff von diesen drei Arzneimitteln, aufgrund des relativ hohen wirkungsbasierten Qualitätskriteriums.

5.3.3. Vergleich mit ökotoxikologischen Qualitätskriterien für sechs Mikroschadstoffe

Die Einteilung der Risikoquotienten für MNQ wurde im Folgenden für die sechs Mikroschadstoffe Benzotriazol, Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac, Metoprolol und Sulfamethoxazol durchgeführt und zusammenfassend dargestellt. In der Abbildung 21 sind (A) die relativen Verteilungen der Risikoquotienten der 641 Vorfluter daregestellt und (B) die Anzahl Überschreitungen der sechs beurteilten Mikroschadstoffe georeferenziert abgebildet.

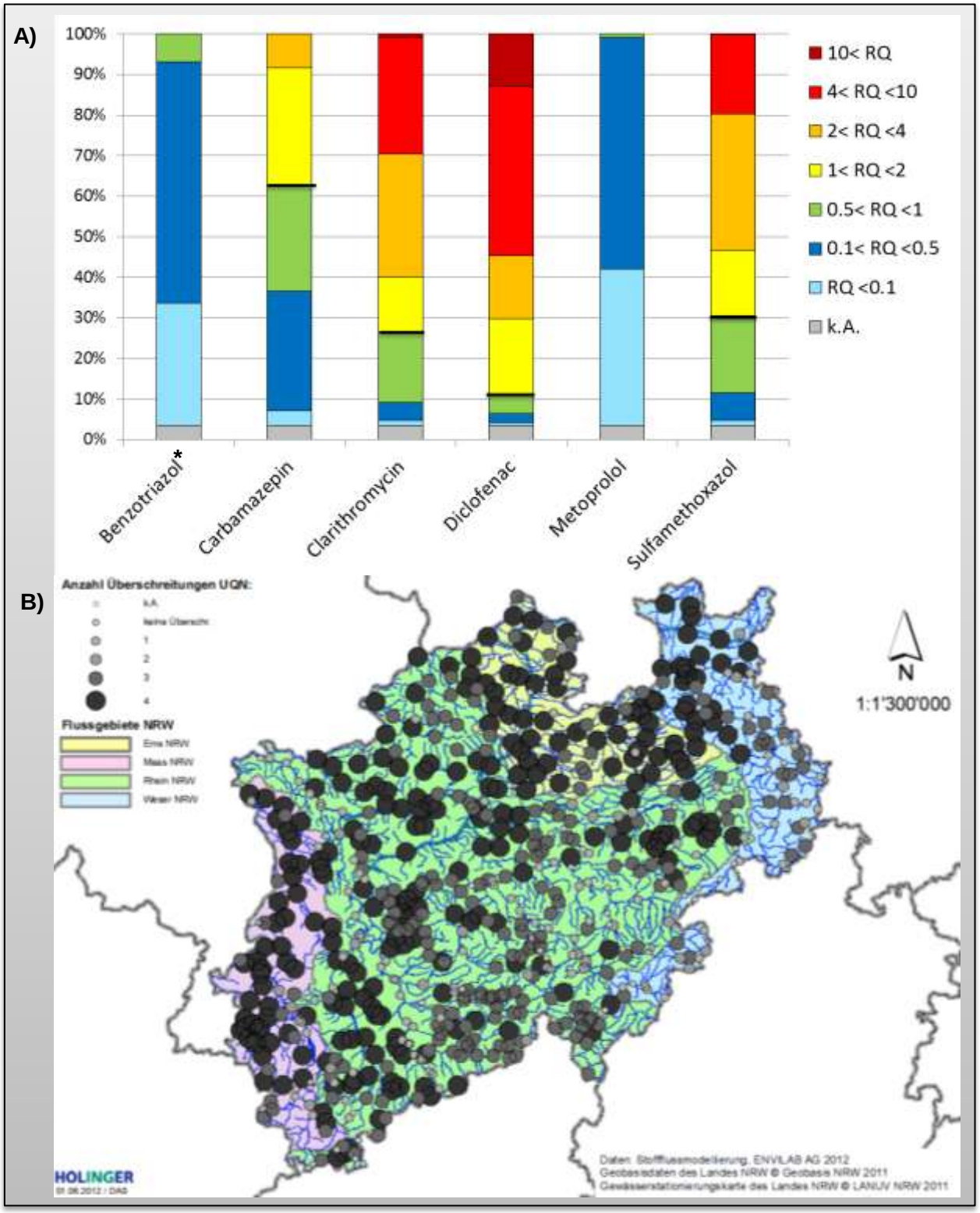

Abbildung 21: (A) Relative Verteilung der Risikoquotienten der 641 Gewässer direkt unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen für Benzotriazol, Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac, Metoprolol und Sulfamethoxazol. (B) Georeferenzierte Darstellung der Anzahl Überschreitungen des Qualitätskriteriums bei der Betrachtung der sechs oben erwähnten Mikroschadstoffe.
***Für Benzotriazol wurde der ökotoxikologische Präventivwert verwendet.**

Von den sechs modellierten Mikroschadstoffen weisen maximal vier Stoffe (Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac und Sulfamethoxazol) in den Vorflutern unterhalb der einzelnen Einleitstellen Überschreitungen auf. Benzotriazol und Metoprolol zeigen keine Überschreitungen der wirkungsbasierten ökotoxikologischen Qualitätskriterien. Insgesamt werden die Qualitätskriterien von vier Stoffen an rund 35% aller beurteilten Vorfluter, von drei Stoffen in 30%, von zwei in 5%, von einem in 15% und keine Überschreitung war in rund 10% der Vorfluter festzustellen. Etwa 5% der Vorfluter konnten nicht beurteilt werden.

Die zusammenfassende Analyse von mehreren Mikroschadstoffen, könnte gut für eine Priorisierung der einzelnen Anlagen bezüglich des Handlungsbedarfs verwendet werden oder zum Fokussieren der Monitoringaufgaben. Im Vergleich zur Beurteilung des Gewässerzustands bezüglich einer Einzelsubstanz, beispielsweise Diclofenac, ergibt sich bei der Analyse mehrerer Stoffe ein stärker abgestuftes Bild. In diesem Fall wären die 35% der Vorfluter, welche vier Überschreitungen zeigen, aus ökotoxikologischer Sicht prioritär zu behandeln.

5.3.4. Extrapolation der Konzentrationen unterhalb der Einleitstellen auf die Oberflächenwasserkörper

Die Beurteilung der Gewässer nach der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) verlangt die Definition verschiedener Wasserkörper und deren einzelne Beurteilung. Dabei wird bei den Oberflächenwasserkörpern zwischen natürlichen, erheblich veränderten oder künstlichen Wasserkörpern unterschieden. Zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) auf Landesebene wurde die Gewässerlandschaft in NRW auf der Grundlage der oberirdischen Einzugsgebiete in 12 Teileinzugsgebiete gegliedert, die zu den vier NRW betreffenden Flussgebieten Rhein, Weser, Ems und Maas gehören (MKULNV, 2012). Insgesamt wurden in Nordrhein-Westfalen 1‘897 Oberflächenwasserkörper definiert, wobei 27 davon an Schifffahrtskanälen liegen (LANUV, 2012)

Nachfolgend werden im Rahmen dieser Arbeit die bei MNQ ermittelten Konzentrationen sämtlicher 641 modellierten Einleitstellen der Kläranlagen auf die einzelnen Wasserkörper extrapoliert. Der jeweils höchste Wert ist für die Bewertung ausschlaggebend.

In Abbildung 22 sind die Risikoquotienten von Carbamazepin und Diclofenac für die einzelnen Oberflächenwasserkörper in Nordrhein-Westfalen dargestellt. Es zeigt sich, dass viele der Oberflächenwasserkörper der grösseren Fließgewässer, beispielsweise die Erft, Emscher, Niers oder Ruhr problematische Konzentrationen an Diclofenac aufweisen. Insbesondere zeigen auch die Oberflächenwasserkörper des Rheins im ganzen Bundesland eine Überschreitung des Qualitätskriteriums von Diclofenac von 0.1 µg/L. Die Belastung der Wasserkörper mit Carbamazepin ist bezüglich ökotoxikologischer Kriterien weniger kritisch.

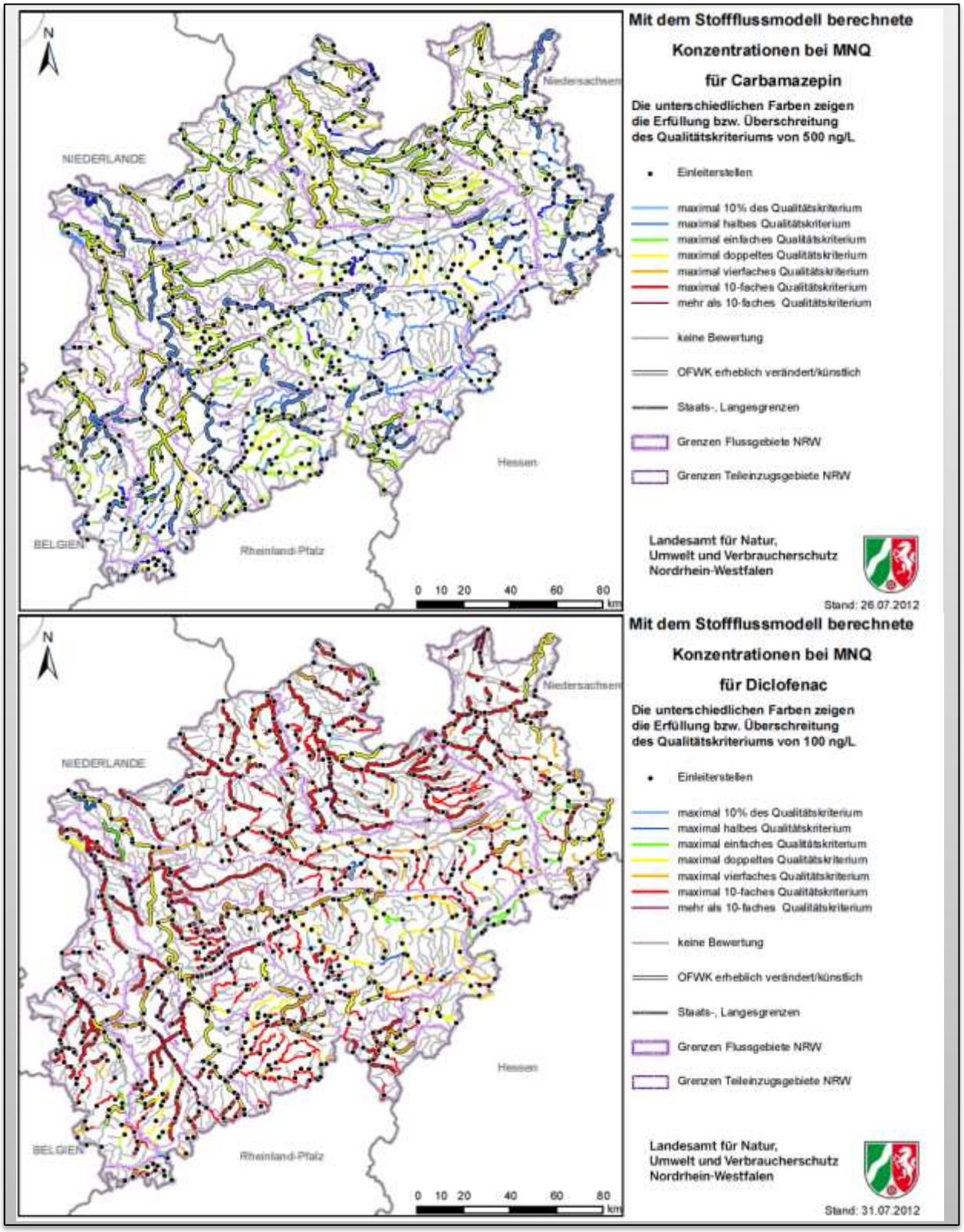

Abbildung 22: Risikoquotienten von Carbamazepin und Diclofenac extrapoliert auf die Oberflächenwasserkörper in Nordrhein-Westfalen. Die Farbgebung richtet sich jeweils nach dem höchsten ermittelten Wert pro Oberflächenwasserkörper bei MNQ.

5.3.5. Vergleich mit trinkwasserspezifischen Zielwerten

In NRW wird ein Grossteil des Trinkwassers aus Uferfiltraten von Fliessgewässern gewonnen. Die Reinheit der Oberflächengewässer hat demzufolge eine besonders hohe Wichtigkeit. Neben den ökotoxikologisch basierten Qualitätskriterien wurden daher trinkwasserspezifische Zielwerte definiert (siehe Anhang 4). Diese Zielwerte sind zumindest für Oberflächenwasserkörper mit Trinkwasser-Nutzung (gemäss WRRL, Art. 7) relevant. Für die Arzneimittel gilt nach dem vorliegenden Bewertungskonzept (Anhang 4) generell 0.1 µg/L als Vorsorgewert (Expertenkommission Programm „Reine Ruhr" und MKULNV, 2012), sofern nicht ein niedrigerer toxikologisch abgeleiteter Wert vorliegt (Umweltbundesamt, 2011).

Für Benzotriazol wurde gemäss dem TTC-Konzept vom bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit ein lebenslang gesundheitlich duldbarer Trinkwasserleitwert von 4.5 µg/L ermittelt (LfU und LGL, 2012). Für Industriechemikalien, zu denen ein toxikologisch begründeter Trinkwasserleitwert vorliegt (auch TTC oder QSAR möglich), der niedriger als 10 µg/L ist, wird nach dem Bewertungskonzept gemäss Anhang 4 dieser Wert als GOW (gesundheitlicher Orientierungswert) verwendet. Deshalb wird für Benzotriazol der GOW 4,5 µg/L verwendet.

Für Diclofenac und Clarithromycin, die beide ökotoxikologisch begründete Qualitätskriterien aufweisen, die gleich gross oder tiefer als der Vorsorgewert sind ändert sich in der Bewertung nichts. Für Benzotriazol, Carbamazepin, Metoprolol und Sulfamethoxazol ist im Vergleich zur ökotoxikologischen Beurteilung (siehe oben, Abschnitt 5.3.3) der Vorsorge-bzw. GOW-Wert tiefer als das ökotoxikologische Qualitätskriterium. Dies führt zu einer kritischeren Bewertung dieser Stoffe in Bezug auf die Trinkwassergewinnung, und infolgedessen zu einer grösseren Anzahl Überschreitungen bezgl. des angewandten Kriteriums. In Abbildung 23 sind die relativen Verteilungen der Zielwert -Überschreitungen der Vorfluter an den 641 Einleitstellen der Kläranlagen für die sechs Mikroschadstoffe Benzotriazol, Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac, Metoprolol und Sulfamethoxazol unter Verwendung der trinkwasserspezifischen Zielwerte gemäss Bewertungskonzept „Reine Ruhr“ (Anhang 4) abgebildet.

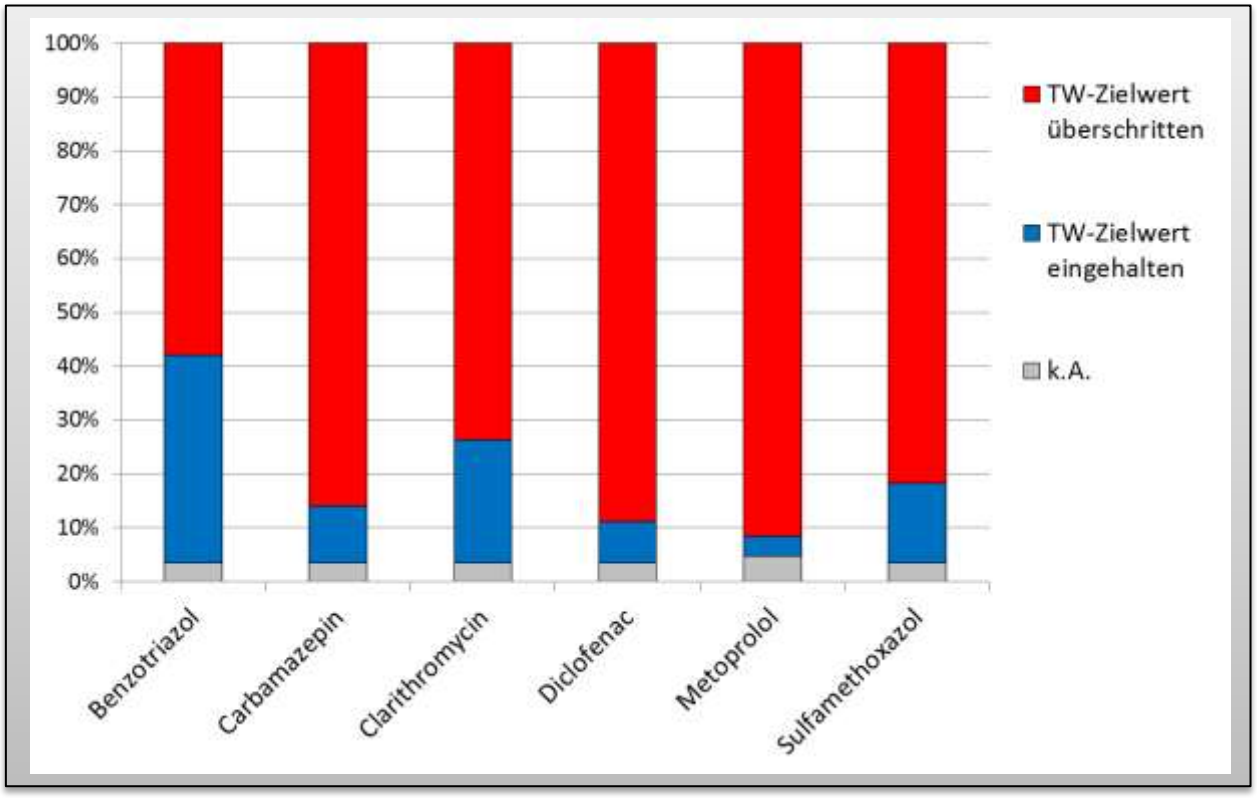

Abbildung 23: : Relative Verteilung der Trinkwasser-Zielwert Überschreitungen der 641 Vorfluter für Benzotriazol, Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac, Metoprolol und Sulfamethoxazol.

In rund 60% aller modellierten Gewässerabschnitte sind die Trinkwasser-Zielwerte für alle sechs modellierten Stoffe gleichzeitig überschritten und in 80% mindestens für vier Stoffe. Die ökotoxikologisch basierten Qualitätskriterien wurden dagegen in keinem Gewässerabschnitt für alle sechs Stoffe gleichzeitig überschritten und nur in 35% aller modellierten Gewässerabschnitte für vier Stoffe (vergl. Abschnitt 5.3.3). Die in NRW aufgrund der Bedeutung der Gewässer für die Trinkwasserversorgung zu stellenden Anforderungen zum langfristigen Ressourcen- und Trinkwasserschutz machen somit einen zusätzlichen Aufwand zur Reinhaltung der entsprechend genutzten Gewässer bzw. Gewässerabschnitte erforderlich. Zu der Abbildung 23 ist anzumerken, dass hier sämtliche Vorfluter diesem Bewertungsverfahren unterzogen worden sind. In der weiteren Umsetzung ist es dagegen nur erforderlich, die Oberflächenwasserkörper mit Trinkwasser-Nutzung (gemäss WRRL, Art. 7) sowie deren Oberläufe entsprechend zu berücksichtigen.

5.3.6. Zusammenfassung IST-Zustand

Die Analysen des IST-Zustandes der Gewässer in Nordrhein-Westfalen zeigen einen weitreichenden Handlungsbedarf in Bezug auf den Arzneimitteleintrag aus kommunalem Abwasser. Das Qualitätskriterium für Diclofenac ist in 90% der Vorfluter unterhalb der

Einleitstellen der Kläranlagen überschritten. Von den sechs modellierten Mikroschadstoffen Benzotriazol, Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac, Metoprolol und Sulfamethoxazol, überschreiten in 35% der modellierten Vorfluter vier Stoffe das Qualitätskriterium.

In Nordrhein-Westfalen wird viel Trinkwasser aus Uferfiltrat von Oberflächengewässern gewonnen und somit ist der Schutz der Trinkwasserressourcen von grosser Bedeutung. Wenn vorsorgliche Werte zum Schutz des Trinkwassers für die Oberflächenwasserkörper angewendet werden, welche für Arzneimittel nach dem GOW-Ansatz generell 0.1 µg/L pro Einzelstoff betragen, ergibt sich für diese Gewässer ein noch dringenderer Handlungsbedarf in Bezug auf die Reduktion von Mikroschadstoffen aus kommunalem Abwasser, als bei der ausschliesslichen Anwendung von ökotoxikologisch basierten Qualitätskriterien (Expertenkommission Programm „Reine Ruhr" und MKULNV, 2012).

Im Vergleich zu anderen Ländern ist der Druck auf die Gewässer in Nordrhein-Westfalen, aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte und der intensiven Gewässernutzung und Industrie sehr hoch. In der vergleichbaren Studie „Strategie Micropoll“ für die Schweiz, wurden in den Gewässern durchschnittlich wesentlich tiefere Abwasseranteile und daher auch tiefere Arzneimittelkonzentrationen ermittelt (Abegglen, et al., 2012).

6. SZENARIENANALYSEN

6.1 Szenarienauswahl

Um den Erfolg des Ausbaus einzelner Kläranlagen mit weitergehenden Verfahren abschätzen und vergleichen zu können sowie für die Gegenüberstellung der Auswirkungen unterschiedlicher Strategien auf die Frachten und Konzentrationen im Gewässer und auf die Trinkwassersituation im Bundesland NRW, wurden verschiedene Szenarienanalysen durchgeführt. Zusammen mit dem MKULNV und dem LANUV wurden vier verschiedene Reduktionsmassnahmenszenarien (Szenarien A bis D) definiert:

A) (1) Ertüchtigung/Ausbau von Kläranlagen im Einzugsgebiet von Oberflächenwasserkörpern (OFWK), aus denen täglich mehr als 100 m^3 Trinkwasser gewonnen wird (OFWK gemäß Art.7 der EU-WRRL) und sich näher als 10 km im Fließverlauf oberhalb der Trinkwassergewinnungsanlage befinden; sowie
(2) spezielle Betrachtung von Kläranlagen, die sich im Fließverlauf in 2 km oberhalb einer Trinkwassergewinnungsanlage befinden.

B) Ertüchtigung/Ausbau von 100 Kläranlagen mit Flockungsfiltration, welche mit Aktivkohlefilter ersetzt werden.

C) (1) Ausbau von 37 Kläranlagen > 100‘000 angeschlossenen Einwohnern mit zusätzlicher Ozonung oder zusätzlicher Aktivkohlebehandlung.
(2) Ausbau von 67 Kläranlagen > 100‘000 Plangrösse mit zusätzlicher Ozonung oder zusätzlicher Aktivkohlebehandlung.

D) Ausbau der Kläranlagen, welche im Gewässer ökotoxikologisch problematische Konzentrationen von organischen Mikroschadstoffen verursachen:
(1) Kläranlagen >10‘000 EW kommen für Ausbau in Frage
(2) Alle Kläranlagen kommen für den Ausbau in Frage

Die vier oben aufgelisteten Szenarien werden in den folgenden Abschnitten einzeln beschrieben und die Resultate der Berechnungen dargestellt.

6.2 Eliminationsraten einzelner Mikroschadstoffe in weitergehenden Verfahren

Um die Auswirkungen des Ausbaus einzelner Kläranlagen auf die Gewässer korrekt modellieren zu können, sind Informationen zum Verhalten der betrachteten Mikroschadstoffe in der weitergehenden Reinigungsstufe nötig. Die Eliminationsraten sind in erster Linie Stoff- und Verfahrensabhängig. In einer Arbeit im Rahmen des Projektes „Strategie Micropoll“ (Götz, et al.,

2010), wurden die durchschnittlichen Eliminationsraten von Mikroschadstoffen in der biologischen Stufe, in der Pulveraktivkohlen-Stufe und in der Ozonung aus verschiedenen Literaturstudien zusammengefasst. Für die Berechnung der Szenarien, welches Übersichtsberechnungen sind, wird nicht zwischen einem möglichen Ausbau mit Pulveraktivkohle oder einer Ozonung unterschieden. Dazu kommt, dass je nach Verfahrensführung und den vorgeschalteten Verfahren, die erreichbare Eliminierungs-und Abbaurate variieren kann. Beispielsweise spielt für die Eliminationseffizienz der Pulveraktivkohleadsorption der DOC eine entscheidende Rolle (Zwickenpflug, et al., 2010).

In Tabelle 6 im Abschnitt 3.2 (Stoffauswahl und -daten) sind die Eliminations-und Abbauraten für verschiedene Mikroschadstoffe angegeben.

Für die hier durchgeführten Szenarienanalysen wurden über beide Verfahren gemittelte Eliminations- und Abbauleistungen verwendet (PAK, Ozonung, ohne biologische Stufe), welche für Carbamazepin und für Diclofenac zusätzlich zur Wirkung der konventionellen Abwasserreinigung je 90% betragen (vergl. Tabelle 6, Abschnitt 3.2).

6.3 Szenario A: Trinkwassergewinnung

Die Trinkwassergewinnung aus Oberflächengewässern (Talsperren), Uferfiltraten (Transport des Flusswassers durch die Uferzone bis zu den Förderbrunnen, beispielsweise Rhein) und Grundwasseranreicherung (Oberflächenwasser wird dabei direkt entnommen und in Versickerungsbecken infiltriert, beispielsweise Ruhr) spielt in Nordrhein-Westfalen eine wichtige Rolle.

Im Szenario A werden alle Kläranlagen ausgebaut, welche näher als 10 km flussaufwärts einer Trinkwasserfassung liegen, aus der täglich mehr als 100 m^3 Trinkwasser gewonnen wird. Im Abschnitt 2.6 (Kläranlagen mit Einleitung in trinkwasserrelevante Gewässer) sind diese Kläranlagen in Tabelle 4 aufgelistet. Im Szenario A2 werden die Kläranlagen, welche näher als 2 km oberhalb einer Trinkwasserfassung liegen speziell betrachtet und nur diese ausgebaut.

Im Szenario A1 werden insgesamt 56 Kläranlagen ausgebaut und im Szenario A2 insgesamt 16. In der Tabelle 12 ist eine Übersicht der Auswirkungen des potentiellen Ausbaus der entsprechenden Kläranlagen auf die Gesamtstofffracht der beiden Teilszenarien wiedergegeben.

Tabelle 12: Szenario A, Trinkwassergewinnung. Anzahl auszubauender Kläranlagen, angeschlossene Einwohner und Frachtreduktion der zwei Teilszenarien.

	Szenario A1	Szenario A2
Auszubauende Kläranlagen und angeschlossene Einwohner		
Anzahl Kläranlagen mit weitergehender Reinigungsstufe	56	16
Anzahl angeschlossenen Einwohner an Kläranlagen mit w. Reinigungsstufe	3‘970‘000	925‘000
Reduktion der Stofffracht an der Landesgrenze		
Rhein (nur Stoffbelastung aus NRW berücksichtigt)	26%	5.2%
Weser	4%	0.2%
Rur (Eifel / Deutschland)	0.2%	-
Ems	3%	-
Niers	-	-
Berkel	-	-
Große Aue	-	-
Reduktion der Stofffracht in gesamt NRW		
Reduktion Stofffracht (gemittelt)	20%	4.7%

Beim Ausbau der 56 weniger als 10 km oberhalb von Trinkwasserfassungen liegenden Kläranlagen, wird insgesamt das Abwasser von rund 4 Mio. angeschlossenen Einwohner weitergehend behandelt und somit die gesamte Stofffracht um 20% reduziert, bei der Annahme einer mittleren Eliminationsrate von 90% in weitergehenden Verfahren.

Bei der speziellen Betrachtung der weniger als 2 km oberhalb von Trinkwasserfassungen liegenden Kläranlagen, sind insgesamt nur 16 Kläranlagen betroffen. Wenn diese 16 Kläranlagen ausgebaut würden, könnte das Abwasser von ca. 1 Mio. angeschlossenen Einwohnern weitergehend gereinigt und die Gesamtstofffracht um ca. 5% reduziert werden.

In Abbildung 24 sind die modellierten Konzentrationen von Carbamazepin an den Einleitstellen der 56 Kläranlagen dargestellt, welche im Szenario A1 mit einer weitergehenden Reinigungsstufe ausgebaut werden. Für die Untersuchung der Wirkung der Massnahmen auf das Vorkommen von Mikroschadstoffen im Rohwasser, eignet sich die Analyse der Carbamazepin-Konzentrationen, da Carbamazepin ein guter Indikator für die Belastung von Trinkwasser mit Mikroschadstoffen ist und in Trinkwasserfassungen vereinzelt schon nachgewiesen wurde.

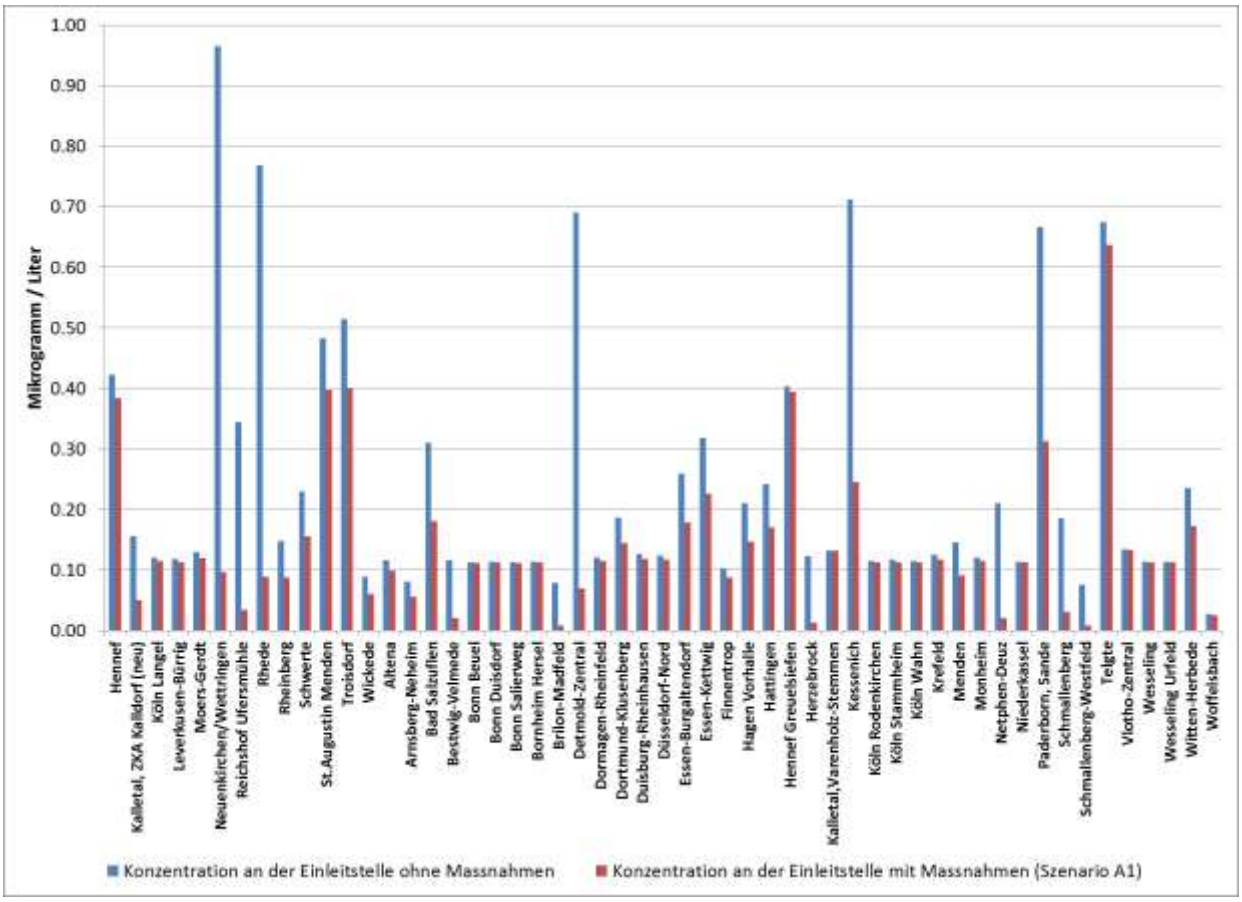

Abbildung 24: Konzentrationen von Carbamazepin an den Einleitstellen der im Szenario A1 ausgebauten Kläranlagen im IST-Zustand und nach dem Ausbau mit einer weitergehenden Reinigungsstufe (Annahme: 90% Elimination von Carbamazepin in der weitergehenden Stufe).

Die am höchsten belasteten Gewässer, an welchen sich wichtige Trinkwasserfassungen befinden, werden grösstenteils durch die Massnahmen gemäss Szenario A1 gut entlastet, wenn oberhalb der Fassungen liegende Kläranlagen ausgebaut werden. Dies ist der Fall für Neuenkirchen/Wettringen, Reichshof Ufersmühle, Rhede, Detmold-Zentral, Kessenich und Paderborn Sande. Insgesamt wird in 12 Fällen, die ohne weitergehende Massnahmen Überschreitungen des Trinkwasser-Vorsorgewertes von 0.1 µg/L aufweisen, die Konzentration unter den Trinkwasser-Zielwert von 0.1 µg/L reduziert.

Für viele Trinkwasserfassungen an grösseren Gewässern, welche durch eine grosse Anzahl oberliegender Kläranlagen resp. eine grosse Anzahl oberliegender angeschlossene Einwohner belastet werden, ist der Effekt des Ausbaus der direkt oberliegenden Kläranlage gering. D.h. die Vorbelastung des Gewässers ist entscheidend für die Belastung der Trinkwassereinzugsgebiet mit persistenten Mikroschadstoffen. Dies ist beispielsweise bei verschiedenen Kläranlagen von Bonn und Köln der Fall. Aus Gesichtspunkten der Hygienisierung oder für weniger persistente Stoffe, welche während des Transportes im Gewässer flussabwärts abgebaut werden, kann ein Ausbau der am nächsten an der Trinkwasserfassung liegenden Kläranlage jedoch trotzdem sinnvoll sein.

6.4 Szenario B: Ausbau von Kläranlagen mit Flockungsfiltration

Im Szenario B wird die Auswirkung eines Ausbaus aller Kläranlagen mit Flockungsfiltration geprüft. Dies sind insgesamt 100 Anlagen (vgl. Tabelle 2 in Abschnitt 2.4, Kläranlagen mit Flockungsfiltration). Der Hintergrund dieses Szenarios ist die Idee, die Flockungsfiltrationen durch Aktivkohle zu ersetzten und somit durch relativ geringe Umbaukosten für diese Anlagen eine weitergehende Reinigungsstufe für Mikroschadstoffe umsetzen zu können.

In Tabelle 13 sind die Resultate des Szenarios B zusammengefasst.

Tabelle 13: Szenario B, Ausbau der Kläranlagen mit Flockungsfiltration. Anzahl auszubauender Kläranlagen, angeschlossene Einwohner und Frachtreduktion.

Auszubauende Kläranlagen und angeschlossene Einwohner	
Anzahl Kläranlagen mit weitergehender Reinigungsstufe	100
Anzahl angeschlossenen Einwohner an Kläranlagen mit w. Reinigungsstufe	5‘860‘000
Reduktion der Stofffracht an der Landesgrenze	
Rhein (nur Stoffbelastung aus NRW berücksichtigt)	26%
Weser	15%
Rur	70%
Ems	16%
Niers	10%
Berkel	30%
Große Aue	-
Reduktion der Stofffracht in gesamt NRW	
Reduktion Stofffracht (gemittelt)	30%

Insgesamt wird die in Nordrhein-Westfalen emittierte Stofffracht mit dieser Massnahme um rund 30% reduziert, wenn von einer mittleren Elimination in der weitergehenden Reinigungsstufe von rund 90% (Bsp. Carbamazepin und Diclofenac) ausgegangen wird. Auf alle 641 Anlagen bezogen, heisst das, dass mit dem Ausbau von 16% aller Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen die Stofffracht um ein Viertel reduziert werden kann. Um die gesamte Stofffracht zu reduzieren scheint diese Massnahme daher gut geeignet.

Um die Auswirkungen auf die Wasserqualität der Vorfluter unterhalb der einzelnen Einleitstellen zu beurteilen, wurden die Konzentrationen von Diclofenac bei MNQ beim Ausbau der 100 Kläranlagen mit Flockungsfiltration modelliert und mit dem Qualitätskriterium von 0.1 µg/L verglichen. In der Abbildung 25 sind die resultierenden Risikoquotienten bzw. Zustandsklassen dargestellt.

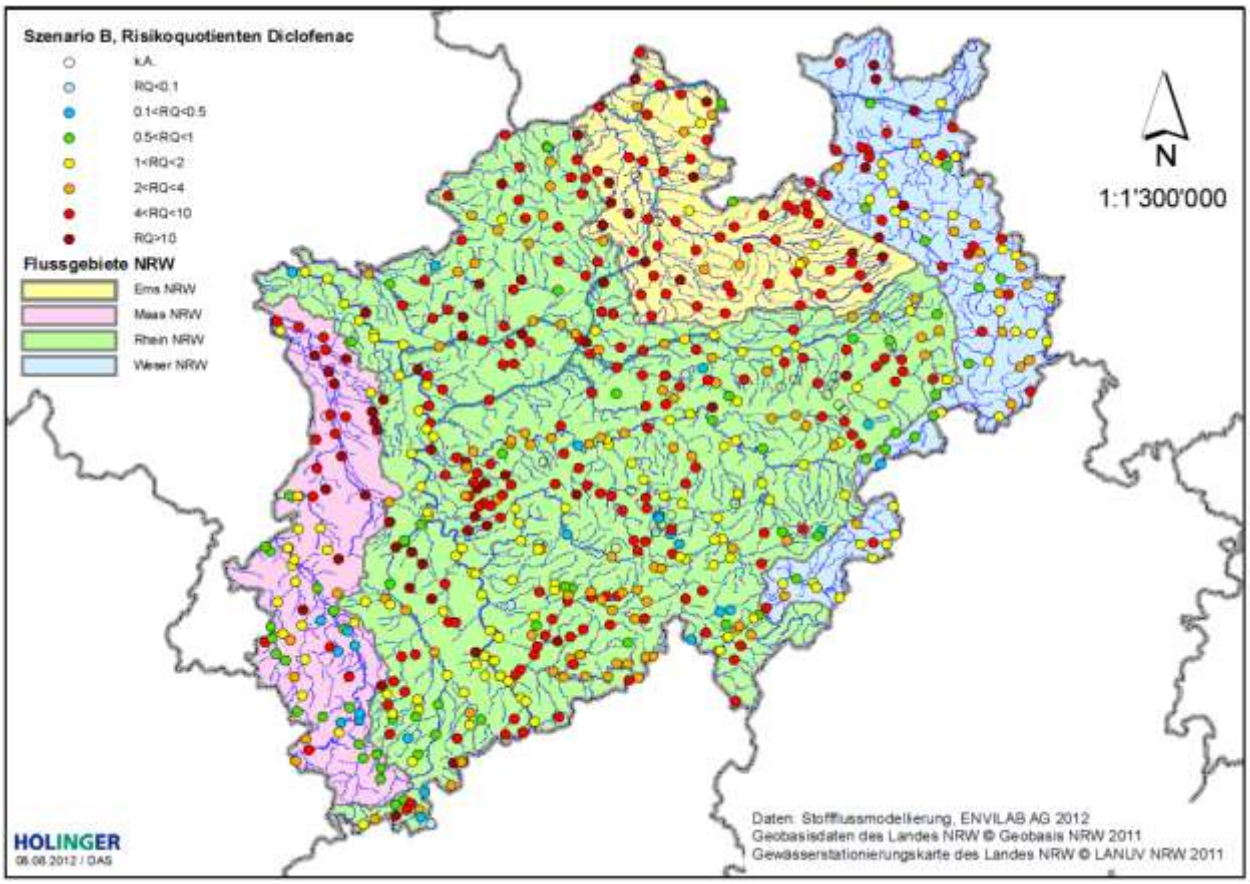

Abbildung 25: Risikoquotienten von Diclofenac in den Vorflutern unterhalb der Einleitstellen der 641 modellierten Kläranlagen beim Ausbau der 100 Kläranlagen mit bestehendem Flockungsfilter.

Die Auswirkungen des Ausbaus der 100 Kläranlagen auf die Einhaltung des Qualitätskriteriums für Diclofenac sind auf das ganze Bundesland gesehen relativ gering. Die Anzahl Vorfluter, welche eine Überschreitung des Qualitätskriteriums von Diclofenac zeigen, kann von 90% (IST-Zustand) auf 82% reduziert werden. Dabei ergibt sich immerhin mehr als eine Verdoppelung der Vorfluter unterhalb der Einleitstellen, die das Qualitätskriterium erfüllen von rund 5% auf ca. 12% (5% der Einleitstellen sind aufgrund der Datenlage nicht bewertbar, siehe oben).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die im Szenario B analysierte Massnahme des Ausbaus zur Reduktion des gesamten Stoffeintrags von Mikroschadstoffen (Reduktion um 25%) gut geeignet ist, aber nur begrenzt zur Entlastung der ökotoxikologisch problematischen Vorfluter führt.

6.5 Szenario C: Ausbau aller Anlagen >100‘000 Einwohner

Das Szenario C hat das Ziel eine möglichst grosse Reduktion der gesamten Stofffracht mit einem möglichst wirtschaftlichen Ansatz zu erreichen. Es wurde in verschiedenen Studien gezeigt, dass die Kosten pro Einwohner mit der Anlagengrösse abnehmen (Abegglen, et al., 2012). Um eine möglichst hohe Frachtreduktion möglichst günstig zu erreichen, ist es daher sinnvoll in erster Linie die grössten Kläranlagen auszubauen.

Als Grössenkriterium für einen Ausbau wurde einmal die Zahl der angeschlossenen Einwohner (Szenario C1) zugrunde gelegt und einmal die Plangrösse (Szenario C2). In beiden Fällen wurde 100‘000 als Grössenkriterium verwendet. In der Tabelle 14 sind die Resultate zusammengefasst.

Tabelle 14: Szenario C, Ausbau aller Kläranlagen mit (C1) mehr als 100'000 angeschlossenen Einwohnern und (C2) mehr als 100‘000 Plangrösse. Anzahl auszubauender Kläranlagen, angeschlossener Einwohner und Frachtreduktion von Mikroschadstoffen.

	Szenario C1 (>100‘000 ang. Einw.)	Szenario C2 (>100‘000 Plangrösse)
Auszubauende Kläranlagen und angeschlossene Einwohner		
Anzahl Kläranlagen mit weitergehender Reinigungsstufe	41	71
Anzahl angeschlossenen Einwohner an Kläranlagen mit w. Reinigungsstufe	8‘530‘000	10‘180‘000
Reduktion der Stofffracht an der Landesgrenze		
Rhein (nur Stoffbelastung aus NRW berücksichtigt)	50%	56%
Weser	6%	11%
Rur	27%	33%
Ems	15%	35%
Niers	51%	69%
Berkel	-	30%
Große Aue	-	-
Reduktion der Stofffracht in gesamt NRW		
Reduktion Stofffracht (gemittelt)	43%	52%

Wenn die angeschlossenen Einwohner als Ausbaukriterium verwendet werden (Szenario C1), fallen insgesamt 41 Kläranlagen mit total 8.5 Mio. angeschlossenen Einwohnern in die Auswahl der auszubauenden Anlagen. Dieses Szenario zeigt auf, dass mit dem Ausbau von rund 6% aller Kläranlagen (41 von total 641), die emittierte Stofffracht um 43% vermindert werden kann. Für die Verminderung der gesamten Stofffracht und somit auch für den Ressourcenschutz (Trinkwasserschutz der Unterlieger, Meeresschutz) ist dies somit eine sehr effiziente Möglichkeit.

Wird die Plangrösse von 100‘000 als Kriterium verwendet, müssten 71 Kläranlagen ausgebaut werden (Szenario C2). In diesem Fall würde die Stofffracht um 52%, also um 9% stärker redu-

ziert, als der Ausbau von 41 Anlagen mit mehr als 100‘000 angeschlossenen Einwohnern. Es müssten demnach fast doppelt so viele Kläranlagen ausgebaut werden, um eine Reduktion von weiteren 9% zu erreichen im Vergleich mit Szenario C1.

Da die Planungsgrösse auch Industrieabwasser umfasst, eignet sich das Kriterium angeschlossener Einwohner besser als die Planungsgrösse zur möglichst kosteneffizienten Reduktion von Mikroschadstoffen aus kommunalem Abwasser.

6.6 Szenario D: Optimierung zur Senkung ökotoxikologisch problematischer Konzentrationen in den Gewässern

6.6.1. Übersicht und Vorgehen

Das Szenario D hat zum Ziel, besonders stark belastete Gewässerabschnitte zu entlasten. Es sollen im Vorfluter unterhalb der Einleitstellen von allen Kläranlagen die Qualitätskriterien der betrachteten Substanzen eingehalten werden. Das Vorgehen ist das folgende (Ort, et al., 2007): Falls es unterhalb der Einleitstelle der ersten Kläranlage im Vorfluter zu einer Überschreitung des Qualitätskriteriums kommt, würde diese ausgebaut. Dann wird berechnet, ob mit diesem Ausbau es immer noch zu Überschreitungen kommt. Falls ja, wird auch die nächste Kläranlage ausgebaut, sonst nicht. Das Vorgehen wird iterativ flussabwärts für alle folgenden Kläranlagen wiederholt und so für ganze Flusseinzugsgebiete optimiert. Es wird also nur das Minimum an Kläranlagen, welches zum Erreichen des Qualitätsziels nötig ist, ausgebaut.

Im Szenario D1 werden für den Ausbau nur Kläranlagen berücksichtigt, an welche mehr als 10‘000 Einwohner angeschlossen sind, d.h. auch wenn es zu einer Überschreitung des Qualitätskriteriums bei einer kleineren Anlage kommt, wird diese nicht ausgebaut. Im Szenario D2 wird die Grösse der Kläranlage nicht berücksichtigt.

Diese iterativen Optimierungen wurden einmal für Diclofenac mit dem Qualitätskriterium 0.1 µg/L und einmal für Carbamazepin mit dem Qualitätskriterium von 0.5 µg/L durchgeführt. In der Tabelle 15 sind die Resultate der Szenarien D1 und D2 für diese beiden Mikroschadstoffe wiedergegeben.

Tabelle 15: Szenario D, Substanzabhängiger Ausbau von Kläranlagen (abhängig vom Qualitätskriterium). Anzahl auszubauender Kläranlagen, angeschlossener Einwohner und Frachtreduktion.

	Szenario D1		Szenario D2	
	Diclofenac	Carbamazepin	Diclofenac	Carbamazepin
Auszubauende Kläranlagen und angeschlossene Einwohner				
Anzahl Kläranlagen mit weitergehender Reinigungsstufe	304	123	528	195
Anzahl angeschlossenen Einwohner an Kläranlagen mit w. Reinigungsstufe	15‘630‘000	5‘060‘000	16‘170‘000	5‘230‘000
Reduktion der Stofffracht an der Landesgrenze				
Rhein (nur Stoffbelastung aus NRW berücksichtigt)	80%	17%	82%	18%
Weser	8%	8%	11%	8%
Rur	73%	44%	78%	46%
Ems	72%	58%	77%	58%
Niers	85%	61%	89%	65%
Berkel	85%	14%	90%	14%
Große Aue	90%	67%	90%	67%
Reduktion der Stofffracht in gesamt NRW				
Reduktion Stofffracht (gemittelt)	79%	24%	82%	25%

Im Folgenden werden die Szenarien D1 und D2 für Diclofenac und Carbamazepin einzeln diskutiert.

6.6.2. Optimierung der Wasserqualität hinsichtlich ökotoxikologischer Kriterien mit Diclofenac als Indikatorstoff

Wenn alle Kläranlagen mit mehr als 10‘000 angeschlossenen Einwohnern, welche eine Überschreitung des Qualitätskriterium von Diclofenac verursachen, gemäss dem in Abschnitt 6.6.1 beschriebenen optimierten Vorgehen ausgebaut werden sollen, müssten insgesamt 304 Kläranlagen, also etwa die Hälfte aller Anlagen in Nordrhein-Westfalen ausgebaut werden. Mit dem Ausbau dieser 304 Kläranlagen würde das Abwasser von mehr als 15 Mio. Einwohnern weitergehend gereinigt und 79% der gesamten Stofffracht eliminiert (Tabelle 15).

In Abbildung 26 sind die Risikoquotienten von Diclofenac in den Vorflutern unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen für das Szenario D1 abgebildet.

Diclofenac steht hier exemplarisch für einen beliebigen Stoff, der mit einer vergleichbaren pro Kopf-Menge emittiert wird, persistent ist und für den ein Qualitätskriterium von 0.1 µg/L definiert ist. Im Fall von Diclofenac wurde beim Vergleich mit Messdaten gezeigt, dass die modellierten Frachten und Konzentrationen auch tatsächlich in den Oberflächengewässern nachgewiesen wurden.

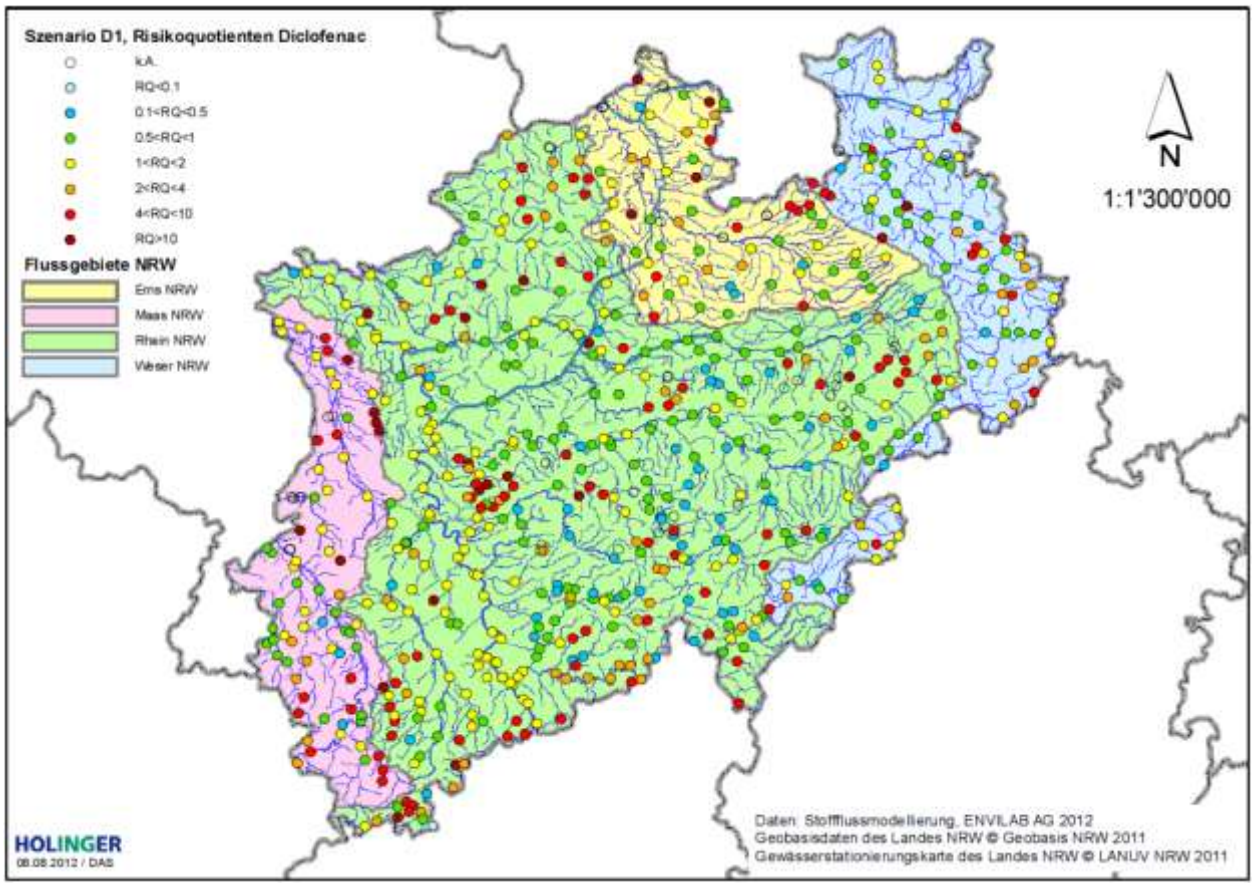

Abbildung 26: Risikoquotienten von Diclofenac in den Vorflutern unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen im Szenario D1 (optimierter Ausbau für Diclofenac der Kläranlagen mit >10'000 angeschlossenen Einwohnern).

Die Häufigkeit der Überschreitungen des Qualitätskriteriums von 0.1 µg/L können mit diesen Massnahmen von 90% aller Vorfluter (IST-Zustand) auf 55% gesenkt werden. Dies ist immerhin eine Reduktion um fast die Hälfte. Die als „schlecht“ beurteilten Vorfluter können sogar von 285 auf 122 gesenkt werden. Allerdings müssten bei der Umsetzung dieses Szenarios auch rund die Hälfte aller Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen ausgebaut werden.

Wenn die Kläranlagen ohne Grössenkriterium gemäss Szenario D2 auf die Überschreitungen von Diclofenac optimiert ausgebaut werden sollen, müssten 520 der 641 Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen ausgebaut werden. Dies sind rund 80% aller Kläranlagen und entsprechend etwa 16 Mio. der angeschlossenen Einwohner. Die gesamte Stofffracht würde nur geringfügig reduziert gegenüber dem Ausbau der 304 Kläranlagen im Szenario D1, nämlich um weitere 3% auf 82%.

In Abbildung 27 sind die Risikoquotienten von Diclofenac in den Vorflutern unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen für das Szenario D2 abgebildet.

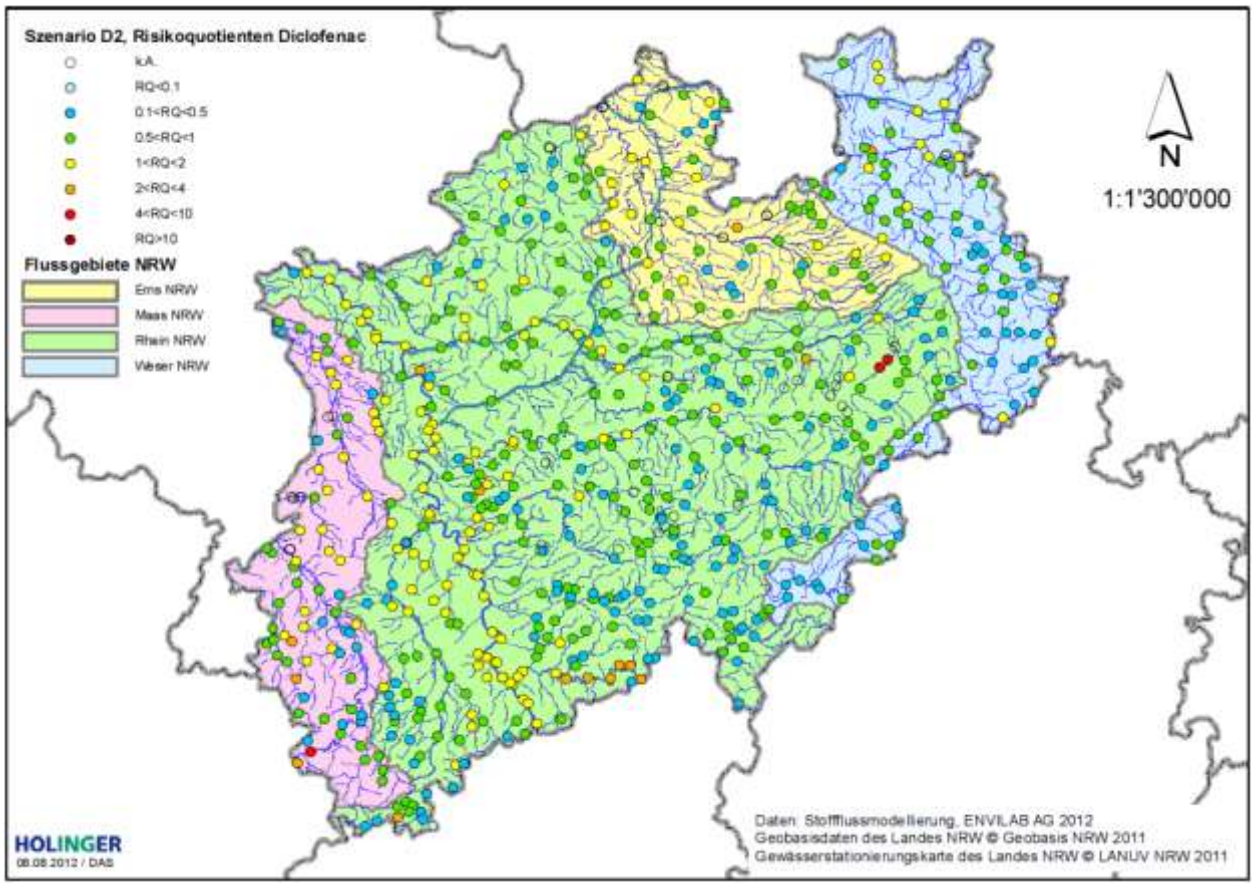

Abbildung 27: Risikoquotienten von Diclofenac in den Vorflutern unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen im Szenario D2 (optimierter Ausbau für Diclofenac aller Kläranlagen).

Wenn kein Grössenlimit für den Ausbau von Kläranlagen gesetzt wird, lassen sich mit dem Ausbau die Anzahl Vorfluter, die das Qualitätskriterium für Diclofenac nicht erreichen auf 159 reduzieren. Dass die Konzentrationen nicht bei allen Vorflutern unter das Qualitätskriterium gesenkt werden können, hat im Wesentlichen zwei Ursachen: (i) Gewisse Vorfluter bringen eine Vorbelastung durch Oberlieger mit, welche bereits zu einer Überschreitung des Qualitätskriteriums an den entsprechenden Stellen führt und (ii) die Reduktion der Stofffracht durch die weitergehende Stufe von angenommenen 90% reicht nicht aus, um bei gewissen Vorflutern, welche bei MNQ fast ausschliesslich aus Abwasser bestehen, das Qualitätskriterium zu erreichen.

Die Plausibilität der Ergebnisse für die Vorfluter, welche auch nach dem Ausbau immer noch als schlecht beurteilt werden, konnte im Rahmen dieser Studie nicht im Einzelfall evaluiert werden. Diese hohen berechneten Konzentrationen kommen zustande, wenn der mit der kumulierten gemessenen Abwassermenge korrigierte MNQ immer noch viel kleiner ist als der durch die durchschnittliche Abwassermenge pro Person zu Stande kommende Abfluss. Da das Modell primär auf der Berechnung von Stoffflüssen basiert ist, können unter diesen Umständen im

Einzelfall viel höhere Konzentrationen zu Stande kommen als durchschnittlich im Abwasser gemessen werden. Diese Fälle müssen im Einzelnen überprüft werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass fast alle Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen ausgebaut oder das Abwasser auf eine grössere unterliegende Kläranlage abgeleitet werden müssten, wenn das Qualitätskriterium von Diclofenac bei MNQ flächendeckend erreicht werden soll.

6.6.3. Optimierung der Wasserqualität hinsichtlich ökotoxikologischer Kriterien mit Carbamazepin als Indikatorstoff

Die Optimierung der Wasserqualität wurde neben dem momentan als sehr kritisch identifizierten Arzneimittel Diclofenac auch für Carbamazepin, welches mit 0.5 µg/L ein fünfmal höheres Qualitätskriterium aufweist, durchgeführt.

Die Ergebnisse von Carbamazepin als Indikatorstoff können helfen den Handlungsbedarf für die verschiedenen Vorfluter und Oberflächenwasserkörper zu priorisieren. Da das Qualitätskriterium von Diclofenac in 90% der Vorfluter unterhalb der Kläranlagen überschritten wird und bei rund einem Viertel dieser Vorfluter um mehr als das vierfaches Qualitätskriterium, ist eine Priorisierung der Anlagen allein aufgrund der Ergebnisse von Diclofenac schwierig. Wenn die Konzentration von Carbamazepin das Qualitätskriterium von 0.5 µg/L in den entsprechenden Vorfluter überschreitet, sind diese Vorfluter in jedem Fall als stark belastet zu beurteilen, da bei einer Überschreitung von Carbamazepin die Qualitätskriterien anderer Stoffe, wie Clarithromycin, Diclofenac und Sulfamethoxazol rechnerisch auf jeden Fall auch überschritten werden (vgl. 5.3.3, Abbildung 21).

Wenn alle Kläranlagen mit mehr als 10‘000 angeschlossenen Einwohnern, welche eine Überschreitung des Qualitätskriteriums von Carbamazepin verursachen, ausgebaut werden sollen, müssten insgesamt 123 Kläranlagen, also etwa ein Fünftel aller Anlagen in Nordrhein-Westfalen ausgebaut werden. Mit dem Ausbau dieser 123 Kläranlagen würde das Abwasser von mehr als 5 Mio. Einwohnern weitergehend gereinigt und 24% der gesamten Stofffracht eliminiert (Tabelle 15).

In der Abbildung 28 sind die Risikoquotienten von Carbamazepin in den Vorflutern unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen für das Szenario D1, den optimierten Ausbau aller Anlagen mit mehr als 10‘000 angeschlossenen Einwohnern, abgebildet.

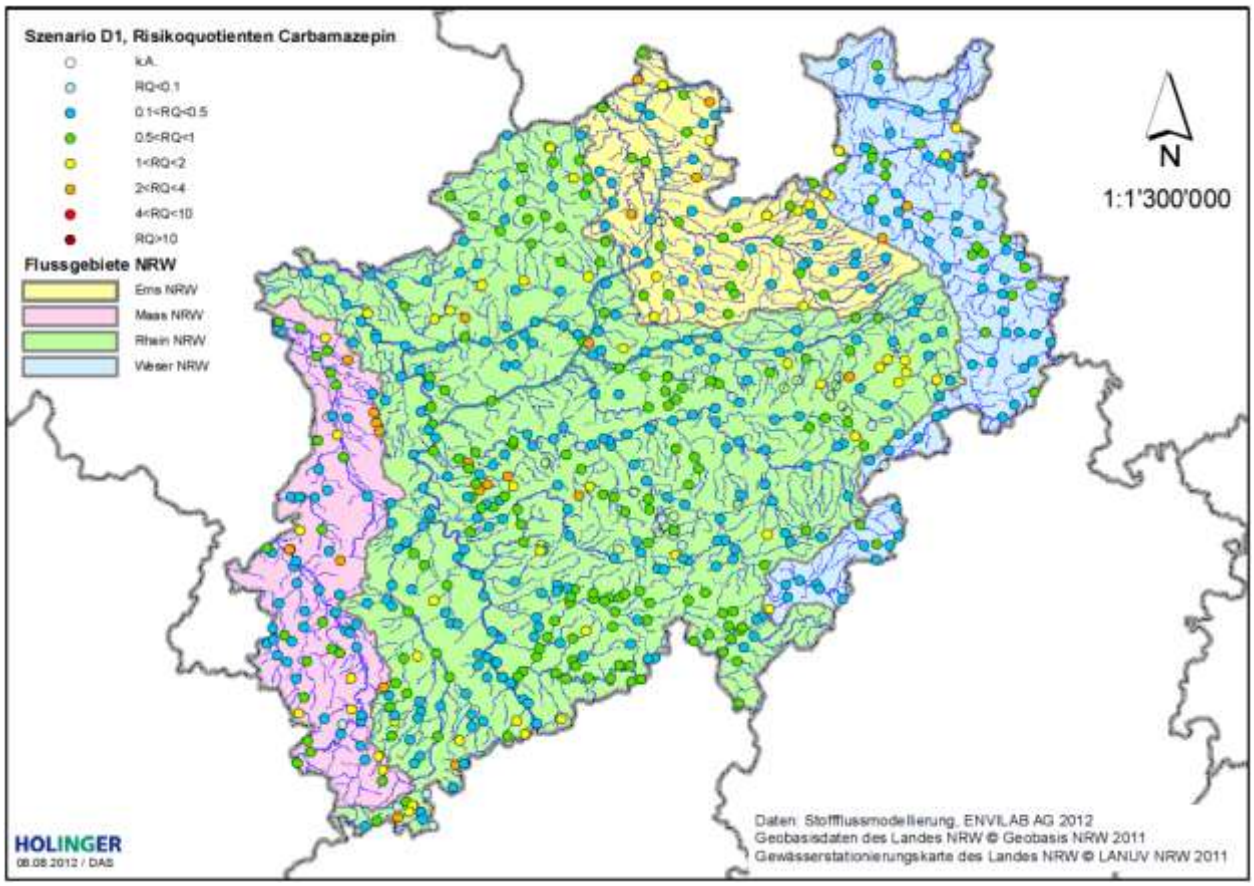

Abbildung 28: Risikoquotienten von Carbamazepin in den Vorflutern unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen im Szenario D1 (optimierter Ausbau für Carbamazepin der Kläranlagen mit >10'000 angeschlossenen Einwohnern).

Mit dem auf Carbamazepin als Indikatorstoff optimierten Ausbau der Anlagen mit mehr als 10‘000 angeschlossenen Einwohnern, könnten die Überschreitungen des Qualitätskriteriums von 35% aller Vorfluter im IST-Zustand auf 12% gesenkt werden, also um etwa einen Faktor 3. Der Ausbau dieser 123 Kläranlagen wäre für eine Verbesserung des ökotoxikologischen Gewässerzustandes als prioritär zu betrachten.

Wenn kein Grössenlimit für die Kläranlagen berücksichtigt wird und die Kläranlagen für die Verbesserung des Gewässerzustandes optimiert ausgebaut werden, wären mit dem Kriterium Carbamazepin 195 Anlagen betroffen, die rund 5.2 Mio. angeschlossene Einwohner erfassen. Es würde dabei 25% der gesamten Stofffracht eliminiert. Dies sind insgesamt nur 1% mehr Frachtelimination oder 170‘000 angeschlossenen Einwohner mehr als beim Szenario D1, in welchem nur Kläranlagen über 10‘000 Einwohner berücksichtigt werden, es müssten aber 72 Anlagen mehr ausgebaut werden. Dies zeigt auf, dass in NRW, in Bezug auf kritische Konzentrationen in den Vorflutern die kleinen Anlagen eine relativ wichtige Rolle spielen.

In der Abbildung 29 sind die Risikoquotienten von Carbamazepin in den Vorflutern unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen für das Szenario D2 abgebildet.

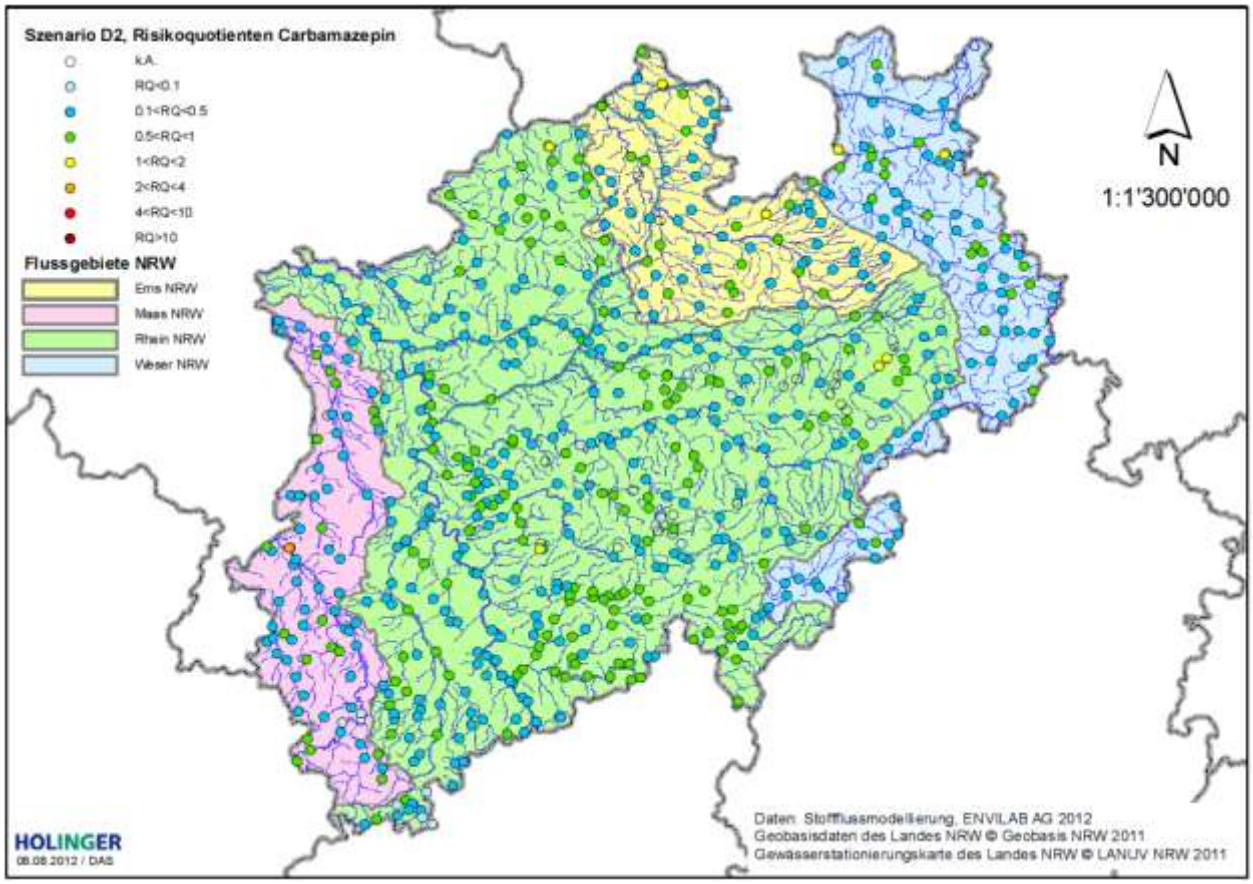

Abbildung 29: Risikoquotienten von Carbamazepin in den Vorflutern unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen im Szenario D2 (optimierter Ausbau für Carbamazepin aller Kläranlagen).

Mit dem auf das Kriterium Carbamazepin optimierten Ausbau aller betroffenen Anlagen, könnten die Überschreitungen des Qualitätskriteriums von 35% aller Vorfluter (IST-Zustand) auf 1.5% gesenkt werden, also um etwa einen Faktor 20. Der Ausbau dieser 195 Anlagen würde zu einer starken Verbesserung des Gewässerzustandes führen, wenn man die hier exemplarisch ausgewerteten Substanzen als Indikatoren für die Gesamtbelastung mit weiteren Mikroschadstoffen aus kommunalem Abwasser berücksichtigt. Da bei kleineren Anlagen, welche in diesem Fall ca. ein Drittel (72 Stück) der betroffenen Kläranlagen ausmachen, weitergehende Verfahren nicht effizient umzusetzen sind, sind für diese Anlagen die Möglichkeiten für eine Ableitung des Wassers in eine andere Kläranlage prioritär zu prüfen. Ein Ausbau mit einer weitergehenden Stufe ist bei solch kleinen Anlagen nicht besonders effizient (Abegglen, et al., 2012).

7. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

7.1 Methodische Schlussfolgerungen

Die flächendeckende georeferenzierte Modellierung der Stoffflüsse und Konzentrationen von verschiedenen Mikroschadstoffen aus kommunalem Abwasser für Nordrhein-Westfalen ist eine geeignete Methode um den Handlungsbedarf abzuschätzen und das Ausmass der Problematik flächendeckend zu erfassen und Reduktionspotentiale systematisch zu ermitteln.

Die Vergleiche mit Messdaten von 51 Gewässergüte (GUES)-Messstellen durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass für verschiedene Mikroschadstoffe sehr gute Übereinstimmungen zwischen den modellierten und den aus Messdaten abgeschätzten Stoffflüssen gefunden werden konnten. Gute Übereinstimmungen wurden für Benzotriazol, Carbamazepin, Diclofenac und Sotalol gefunden. Für diese Stoffe scheinen die getroffenen Modellannahmen gut zu stimmen und generell wurde eine gute Vorhersagegenauigkeit mit der Modellierung erreicht.

Das angewandte Modell eignet sich nicht für die Analyse von Einzelfällen. Die Genauigkeit im Einzelfall würde sich aber mit der Überprüfung aller Eingabedaten, im speziellen der verwendeten Abflussdaten bei kleinen bis sehr kleinen Gewässern, verbessern lassen. Gewisse lokale Situationen, wie beispielsweise die Versickerung des gesamten Bachs in den Untergrund und daraus resultierende MNQs der Oberflächengewässer von 0, wie es in einzelnen Karstregionen NRW's vorkommt, lassen sich mit dem angewandten Modell aber nicht abbilden. Für eine Übersichtsmodellierung und das Aufzeigen des landesweiten Handlungsbedarfs, ist die Genauigkeit des angewandten Stoffflussmodells jedoch ausreichend.

7.2 Gewässerschutz mit Blick auf ökotoxikologische Gewässergüte

Die Analyse des IST-Zustandes hat gezeigt, dass in vielen Vorflutern und Oberflächenwasserkörpern die Qualitätskriterien von verschiedenen Mikroschadstoffen überschritten werden. Von den untersuchten Mikroschadstoffen war Diclofenac am kritischsten.

Die Szenarienanalysen haben aufgezeigt, dass landesweit rund 90% aller Kläranlagen ausgebaut werden müssten, wenn Diclofenac mit dem Qualitätskriterium von 0.1 µg/L als Entscheidungsgrundlage zugrunde gelegt würde. Wenn man nur die Anlagen mit mehr als 10'000 angeschlossenen Einwohnern betrachtet, müssten davon noch rund die Hälfte ausgebaut werden.

Wenn alle sechs beurteilten Mikroschadstoffe Benzotriazol, Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac, Metoprolol und Sulfamethoxazol betrachtet werden lässt sich in 35% aller Gewässer direkt unterhalb der Einleitstellen eine Überschreitung der Qualitätskriterien von vier der sechs modellierten Stoffe feststellen (Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac und Sulfamethoxazol). Die betroffenen Kläranlagen sind aus ökotoxikologischer Sicht als prioritär zu

betrachten. Für die gesamtheitliche wasserwirtschaftliche Planung müssen jedoch weitere Kriterien wie beispielsweise die Morphologie und der ökologische und gesellschaftliche Wert (z.B. Trinkwasser, Badegewässer, Naherholungsgebiet etc.) der entsprechenden Gewässer betrachtet werden.

Die Modellrechnungen haben flächendeckend aufgezeigt, dass der Handlungsbedarf bezüglich Mikroschadstoffen im Bundesland Nordrhein-Westfalen gross ist. Dies ist insbesondere auf die hohe Bevölkerungsdichte und die bedeutende Vorbelastung der grossen Gewässer zurückzuführen. Der Rhein führt beispielsweise das Abwasser von rund 32 Mio. Personen beim Eintreten in Nordrhein-Westfalen bereits mit. Die sehr hohen Konzentrationen treten aber in erster Linie in den kleineren und mittelgrossen Gewässern auf, welche bei MNQ nur wenig Wasser führen und so sehr hohe Abwasseranteile aufweisen, nicht selten über 50%.

7.3 Frachtreduktion für Nordrhein-Westfalen gesamt

Die Szenarienanalysen zeigen auf, dass die gesamte Fracht an Mikroschadstoffen, welche ihren Ursprung in Nordrhein-Westfalen hat, mit dem Ausbau der grössten Kläranlagen, d.h. aller Anlagen mit mehr als 100‘000 angeschlossenen Einwohnern, um fast die Hälfte reduziert werden könnte. Dies scheint daher eine effiziente Massnahme zu sein, um die Gesamtstoffemission deutlich zu reduzieren. Von dieser Massnahme wären insgesamt 41 Kläranlagen betroffen.

7.4 Optimierung zum Schutz der Trinkwasserressourcen

Die Optimierung des Schutzes von Trinkwasserressourcen hat in Nordrhein-Westfalen eine grosse Bedeutung, da erhebliche Mengen an Trinkwasser aus Oberflächenwasser oder von Oberflächenwasser beeinflussten Ressourcen (Uferfitrate oder Grundwasseranreicherungen) gewonnen werden. Bei der Analyse des Szenarios A hat sich gezeigt, dass mit dem Ausbau aller direkt oberliegenden Kläranlagen eine Entlastung von einigen sehr hoch belasteten Gewässern erreicht werden kann. Für viele Trinkwasserfassungen an grösseren Fliessgewässern, wie beispielsweise dem Rhein, der Ems oder der Ruhr ist der Effekt des Ausbaus der jeweils unmittelbar oberliegenden Kläranlage jedoch gering, da diese Gewässer eine erhebliche Vorbelastung mitbringen (vgl. Abschnitt 6.3, Szenario A: Trinkwassergewinnung). Ein optimaler Schutz von Trinkwasserressourcen könnte deshalb mit der Kombination der Szenarien A1 und C erreicht werden. Dabei werden folgende Kläranlagen ausgebaut:

- Kläranlagen mit >100‘000 Einwohner und
- Kläranlagen, welche <10km flussaufwärts von bedeutenden Trinkwasserfassungen liegen.

Insgesamt würden in dieser Szenarienkombination 82 Kläranlagen ausgebaut werden, wobei davon 15 Kläranlagen mit beiden Kriterien überlappen, 26 Kläranlagen alleine aufgrund des Grössenkriteriums, und 41 Kläranlagen alleine aufgrund der Nähe zu einer unterliegenden Trinkwasserfassung ausgebaut werden.

Bei der Analyse der Kombination der Szenarien A1 und C zeigt sich auch, dass die Vorbelastung der Gewässer durch Oberlieger ausserhalb von Nordrhein-Westfalen, gerade für wichtige Gewässer wie den Rhein, weitaus bedeutender sein kann für die resultierenden Konzentrationen. Daher kann auch mit einem Ausbau aller grossen Kläranlagen (>100‘000 angeschlossene Einwohner) in Nordrhein-Westfalen, was eine Reduktion von rund 43% des gesamten Stoffflusses aus NRW bringt, teilweise nur ein geringer Effekt erzielt werden kann.

In der Abbildung 30 sind die Konzentrationen von Carbamazepin an den Einleitstellen der Kläranlagen direkt oberhalb von Trinkwasserfassungen für die Szenarien A1 und C, das Szenario C inkl. der Reduktion der Belastung durch Oberlieger um 90%, sowie die Kombination beider Szenarien inkl. der Reduktion der Belastung durch die Oberlieger um 90%, angegeben.

Es zeigt sich bei diesen Analysen, dass eine deutliche Entlastung aller Fliessgewässer und des Rohwassers für die Trinkwassergewinnung erreicht werden könnte, wenn die Oberlieger ebenfalls Massnahmen ergreifen. NRW hat seinerseits Oberliegerfunktion für Niedersachsen und auch die Niederlande. Die alleinige Planung von Massnahmen in Nordrhein-Westfalen ist für einen effektiven Schutz der Trinkwasserressourcen jedoch nicht ausreichend. Für weitere Untersuchungen müsste abgeklärt werden, mit welcher Reduktion durch die Oberlieger NRW’s gerechnet werden könnte. Weiter zeigt sich auch für ausschliesslich nordrhein-westfälische Flusseinzugsgebiete, wie beispielsweise das Ruhreinzugsgebiet, dass die Massnahmen des hier präsentierten Ausbauszenarios noch nicht ausreichend sind um den vorsorglichen Trinkwasserzielwert von 0.1 µg/L zu erreichen (siehe Abbildung 30, z.B. Witten-Herbede). Hier ist eine gesonderte flussgebietsbezogene Gesamtplanung erforderlich (vgl. IWW, 2009).

Eine flussgebietsspezifische Betrachtung der effizientesten Auswahl von Maßnahmen an Kläranlagen zur Senkung der Belastungen durch trinkwasserrelevante Mikroschadstoffe der Wasserwerke im Ruhreinzugsgebiet wurde im Rahmen einer vom MKULNV beauftragten Studie durch ISA/ IWW im Jahr 2008 vorgenommen (ISA Aachen und IWW Mülheim, 2008). Dabei wurden die Schadstofffrachten der relevanten Einleitungsstellen im gesamten Ruhreinzugsgebiet im Hinblick auf die Belastungen der Ruhr im Bereich der Entnahmestellen berücksichtigt.

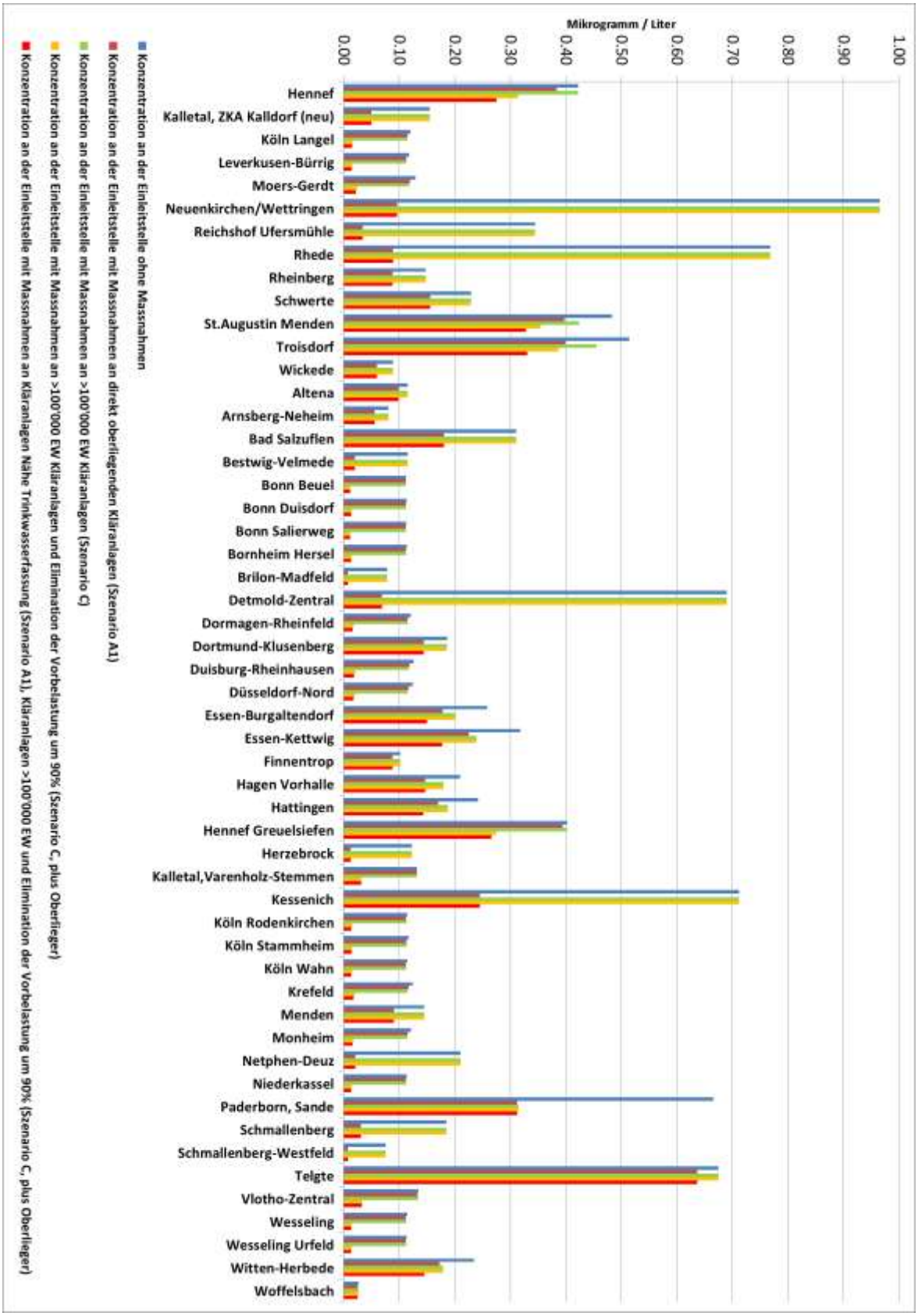

Abbildung 30: Optimierte Szenarienkombinationen für den Schutz der Trinkwasserressourcen. Konzentrationen von Carbamazepin an den Eileitstellen der Kläranlagen oberhalb von Trinkwasserfassungen (<10km Entfernung)

8. EMPFEHLUNGEN FÜR WEITERGEHENDE UNTERSUCHUNGEN UND MASSNAHMEN

8.1 Weitere Arbeiten am Stoffflussmodell NRW

8.1.1. Absicherung der Modellresultate und Ausweitung auf weitere Stoffe

Das Stoffflussmodell wurde im Rahmen dieser Arbeit für die Mikroschadstoffe Benzotriazol, Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac, Metoprolol, Sotalol und Sulfamethoxazol überprüft. Für Benzotriazol, Carbamazepin, Diclofenac und Sotalol passen die Modellresultate sehr gut mit den aus Messwerten ermittelten Werten zusammen. Für Clarithromycin, Metoprolol und Sulfamethoxazol sind systematische Unterschiede zwischen Modellresultaten und Messwertbasierten Resultaten aufgetreten. Es konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht für alle Stoffe geklärt werden aus welchen Gründen die Unterschiede zustande kamen. Eine vertiefte Untersuchung dieser Unterschiede und ggf. eine Ausweitung auf andere Mikroschadstoffe, für die eine Basis an Messwerten zur Modellüberprüfung vorhanden ist oder noch erhoben werden kann, wäre ein sinnvoller nächster Schritt.

Das Modell basiert auf landesweit erhobenen Daten und es konnte im Rahmen dieser Untersuchungen nicht auf einzelne Kläranlagen und Einleitstellen eingegangen werden. Im Weiteren wäre es sinnvoll die Resultate mit Experten aus Nordrhein-Westfalen anzuschauen und Einzelfälle zu identifizieren, die im Detail überprüft und ggf. korrigiert werden müssten. Auch sollten die verwendeten MNQ Daten nochmals überprüft und abgesichert werden.

Wenn die Daten bereinigt wurden und die auffälligen Einzelfälle mit Experten besprochen und gelöst wurden, können die IST-Berechnungen und die Szenarienanalysen angepasst wiederholt werden.

8.1.2. Zielorientierte Szenarienanalysen und Kosten-/Nutzen-Untersuchungen

Neben den vier hier vorgestellten Szenarien, könnten noch neue Szenarien definiert werden und deren Erfolg auf die Verminderung der Stoffflüsse und der Konzentrationen analysiert werden. Beispielsweise könnte eine kostengünstige Möglichkeit zur effizienten Verminderung der gesamten Stofffracht sein, dass die grössten Kläranlagen ausgebaut würden (>100‘000 angeschlossene Einwohner), plus alle, welche eine Flockungsfiltration besitzen.

Eine sinnvolle Grösse, welche man mit dem Ansatz des Stoffflussmodells gut erheben kann wären die geschätzten Gesamtkosten für die verschiedenen Szenarien. Es kann dabei mit Kostenfunktionen gerechnet werden, welche von der Grösse der auszubauenden Kläranlagen abhängig sind. So könnten die verschiedenen Ausbaustrategien auch bezüglich der Kosten grob verglichen werden. Der Nutzen kann beispielsweise als Verringerung von Überschreitungen (Verringerung der Risikoquotienten) pro km Fliessgewässer gerechnet werden, als Reduktion der Gesamtfracht, als Reduktion an den wichtigsten Trinkwasserfassungen oder als

eine Kombination aus allen Kriterien. Wenn der so berechnete Nutzen mit den Kosten verglichen wird, könnte eine Nutzwertanalyse durchgeführt werden um die Szenarien miteinander zu vergleichen.

8.1.3. Vertiefte Analyse der trinkwasserrelevanten Gewässer

Mit einer Anpassung der Modellstruktur, könnten für unterschiedliche Einleitstellen resp. Gewässer verschiedene Qualitätskriterien definiert werden. Dies könnte insbesondere sinnvoll sein, wenn für trinkwasserrelevante Gewässer vorsorgliche Werte gelten sollen, für die anderen Gewässerabschnitte jedoch die ökotoxikologisch basierten Werte. Das Arbeiten mit zwei unterschiedlichen Kriterien könnte auf die Reduktionsszenarien einen Einfluss haben.

8.2 Ausweitung der Stoffflussmodellierung und benutzerfreundliche Umsetzung des Modells

Eine Ausweitung des Stoffflussmodells auf andere Bundesländer würde es ermöglichen innerhalb eines konsistenten und nachvollziehbaren Modellrahmens die Situationen in den verschiedenen Bundesländern zu vergleichen und den Handlungsbedarf bei Oberliegern systematisch zu ermitteln. Eine bundesweite Übersicht wäre beispielsweise notwendig um die kürzlich vom UBA bekräftigte Absicht, für besonders sensible Regionen weitergehende Verfahren für kommunale Kläranlagen einzuführen, zu konkretisieren (EUWID, 2011).

Die softwaretechnische Umsetzung des Stoffflussmodells in Zusammenarbeit mit Informatikern wäre für dieses Vorhaben sinnvoll, da das momentan verwendete Stoffflussmodell nicht bedienerfreundlich ist. Es wäre dabei eine Zusammenarbeit mit dem UBA (Deutschland) und dem BAFU (Schweiz) anzustreben.

8.3 Verknüpfung des Stoffflussmodells mit Screening und Biotests

8.3.1. Verknüpfung der Stoffflussanalyse mit Screening

Die Verknüpfung zwischen Modellierung und Analytik könnte für verschiedene Fragestellungen interessant sein. Folgende Fragestellung hat sich bei den bisherigen Vorüberlegungen als interessant herauskristallisiert:

- An welchen Orten soll man messen um eine repräsentative Übersicht (als Eingangsdaten für die Stoffflussanalyse) zu erhalten, um dadurch den Messaufwand (für Routineuntersuchungen) zu reduzieren?

Dazu könnten auf Basis der Modellierungsergebnisse die im Gewässernetz vorhandenen Fließgewässerabschnitte mit besonders hohem Abwasseranteil und/oder im Einzugsbereich von Trinkwassergewinnungsanlagen ausgewählt werden. Dort kann zur Identifikation von weiteren relevanten Mikroschadstoffen ein non-target Screening (ca. 10 Punkte) durchgeführt werden.

8.3.2. Biotests

Die Erfassung der Wasserqualität hinsichtlich der ökotoxikologischen Wirkung mit Hilfe von Biotests ist für die Gewässerbeurteilung von grossem Interesse. Es wurden im Vorfeld schon verschiedene Möglichkeiten für ein Folgeprojekt besprochen, welches zur Abrundung und Ergänzung der erzielten Ergebnisse zusätzlich die wirkungsbasierte Erfassung von Mikroschadstoffen einbezieht. Einige kontinuierlich eingetragene Pharmazeutika, wie z.B. das hormonelle Kontrazeptivum 17-alpha-Ethinylestradiol wirken summarisch mit natürlichen Steroidhormonen und deren Metaboliten und Transformationsprodukten, aber auch mit anderen Industriechemikalien über den Wirkmechanismus der estrogenen Rezeptorbindung als Mischung zusammen. Es ist bekannt, dass diese Substanzen teilweise unterhalb eines ng/L schon als Einzelsubstanz eine ökotoxikologische Langzeitwirkung in Fischen bewirken können (Escher, et al., 2008; Kase, et al., 2011).

In Forschungsprojekten des MKULNV zeigen Analysenergebnisse, die im Rahmen des Teilprojektes 6 für das Projekt "Stoffflussmodellierung für Mikroschadstoffe aus kommunalen Kläranlagen“ erarbeitet worden sind, dass ein Grossteil der estrogenen Substanzen derzeit weder im Zulauf noch im Ablauf von Kläranlagen mit den bisherigen analytischen Standardmethoden im Wirkungsbereich unterhalb 1 ng/L quantitativ bestimmt werden können.

Die Belastungssituation kann daher weder für die Einzelsubstanzen noch für die Mischung abgeschätzt werden und eine Kombination mit bioanalytischen Verfahren als Indikatoren für das Ausmass einer wirkspezifischen Belastungssituation oder zur integrativen Charakterisierung einer kläranalagenspezifischen Reinigungsleistung wäre deshalb anzustreben.

Es können mehrere integrative bioanalytische Verfahren wie bestimmte Yeast Estrogen Screen (YES) Biotests oder auch empfindlichere auf menschlichen Zelllinien basierte Verfahren wie der ER-Calux oder der T47D-kblu-C eingesetzt werden, um an den Estrogenrezeptor bindende Substanzen wie 17-alpha-Ethinylestradiol (EE2), 17-beta-Estradiol (E2), Estron (E1) und diverse andere anthropogen eingetragene Substanzen sicher nachzuweisen.

Die analytischen Standardverfahren sind für diese Substanzen teilweise auch für das Oberflächenwasser nicht ausreichend sensitiv, um die ökotoxikologischen Qualitätskriterien im Bereich von 35 pg/L bis 3,6 ng/L im Wasserkörper zu überwachen. Auch hier ist der Einsatz von ergänzenden wirkspezifischen Biotests als Screeningmethoden erstrebenswert, da diese integrativ Aufschluss über Belastungspotentiale geben können. Das Oekotoxzentrum ist in verschiedenen Projekten an dem Einsatz dieser Verfahren zum Gewässermonitoring, deren Validierung und internationalen Standardisierung beteiligt.

Die Ergebnisse aus einem Screening mit Biotestverfahren könnten ggf. in einem späteren Schritt in die flächendeckende Modellierung zur Abschätzung der Mischungswirkungen von verschiedenen Substanzen mit östrogenem Potential eingesetzt werden.

9. LITERATUR

Abegglen, Christian und Siegrist, Hansruedi. 2012. *Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser - Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen.* Bern : Bundesamt für Umwelt, 2012. Umwelt-Wissen Nr. 1214: 210S.

Bergmann, Axel, Fohrmann, Reinhard und Weber, Frank-Andreas. 2011. *Zusammenstellung von Monitoring-daten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln.* s.l. : Umweltbundesamt, 2011. http://www.uba.de/uba-info-medien/4188.html.

Documed AG. 2011. *Arzneimittelkompendium der Schweiz.* http://www.kompendium.ch : Basel, Switzerland, 2011.

Escher, Beate, et al. 2008. Toxic equivalent concentrations (TEQs) for baseline toxicity and specific modes of action as a tool to improve interpretation of ecotoxicity testing of environmental samples. *J. Environ. Monit.* 2008, 612-621.

EUWID. 2011. Umweltbundesamt fordert für bestimmte Regionen die vierte Reinigungsstufe. *EUWID Wasser und Abwasser 40.2011.* 2011.

Expertenkommission Programm „Reine Ruhr" und MKULNV. 2012. *Vom Programm „Reine Ruhr" zur Strategie einer nachhaltigen Verbesserung der Gewässer- und Trinkwasserqualität in Nordrhein-Westfalen, http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/programm_reine_ruhr_2012.pdf.* s.l. : Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz, 2012.

Fahlenkamp, Hans, et al. 2008. *Untersuchungen zum Eintrag und zur Elimination von gefährlichen Stoffen in Kläranlagen, Teil 3.* s.l. : Technische Universität Dortmund - im Auftrag vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2008.

Gälli, René, Ort, Christoph und Schärer, Michael. 2009. *Mikroverunreinigungen in den Gewässern. Publikation Umwelt-Wissen.* Bern : Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2009.

Götz, Christian, et al. 2010. *Mikroverunreinigungen - Beurteilung weitergehender Abwasserreinigungsverfahren anhand Indikatorsubstanzen.* s.l. : Gas, Wasser, Abwasser. GWA 4/2010, 2010.

Götz, Christian, et al. 2010. *Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser - Kombination von Expositions- und ökotoxikologischen Effektdaten.* s.l. : Gas, Wasser, Abwasser. GWA 7/2010, 2010.

Götz, Christian, Kase, Robert und Hollender, Juliane. 2011. *Mikroverunreinigungen - Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser". Studie im Auftrag des BAFU. .* Dübendorf : Eawag, 2011.

Grünebaum, T. 2011. Elimination von Arzneimitteln und organischen Spurenstoffen: Entwicklung von Konzeptionen und innovativen, kostengünstigen Reinigungsverfahren. *Elimination von Arzneimittelrückständen in kommunalen Kläranlagen.* Essen : Im Auftrag des MKUNLV, 2011.

Herbst, H. und Hilbig, R. 2012. *Machbarkeitsstudie: Einbindung einer Anlage zur Spurenstoffelimination mittels Aktivkohle in die Abwasserfiltration der Kläranlage Neuss Ost - Abschlussbericht.* s.l. : Hrsg. MKULNV, 2012.

Herbst, H., et al. 2011. Abwasserozonierung Kläranlage Duisburg-Vierlinden -Auslegung -Bau - erste Betriebsergebnisse, Tagungsband der 25. Karlsruher Flockungstage. Karlsruhe : Verlag Siedlungswasserwirtschaft, 2011.

Hirsch, R., et al. 1999. Occurence of antibiotics in the aquatic environment. *Science of the Total Environment.* 1999, 225: 109-118.

Hollender, Juliane, McArdell, Christa und Escher, Beate. 2007. Mikroverunreinigungen aus der Siedlungsentwässerung in Gewässern der Schweiz: Vorkommen und Bewertung. *GWA.* 11, 843-852, 2007.

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR). 2010. *Strategie Mikroverunreinigungen - Strategie für die Siedlungs- und Industrieabwässer.* Koblenz : s.n., 2010.

Jargemann. 2011. Ergebnisse der großtechnischen Versuche zur Entfernung von Mikroverunreinigungen auf den Kläranlagen Bad Sassendorf und Duisburg-Vierlinden. Essen : Essener Tagung, 2011.

Kase, Robert, et al. 2011. *Assessment of Micropollutants from Municipal Wastewater - Combination of Exposure and Ecotoxicological Effect Data for Switzerland - Book Chapter 2.* s.l. : ISBN: 978-953-307-233-3, InTech, 2011.

Longrée, Philipp, et al. 2011. Organische Mikroverunreinigungen im Bodensee. *GWA.* 2011, 7/2011.

Merten, M. 2011. *Spurenstoffelimination mittels Aktivkornkohle im Ablauf des Klärwerks Gütersloh-Putzhagen – FuE Konzeptstudie.* s.l. : Hrsg. MKULNV, 2011.

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV) . 2009. *Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen (Stichtag der Daten: 31.12.2008).* 40476 Düsseldorf : s.n., 2009.

MKULNV . 2011. *Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen, http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/abwasserbeseitigung_nrw.pdf.* 2011.

MKULNV. 2012. Flussgebiete in NRW - Gewässerschutz und ökologische Gewässerentwicklung in Nordrhein-Westfalen. [Online] 2012. http://www.flussgebiete.nrw.de/index.jsp.

Moschet, Christoph. 2010. *Georeferenced Mass Flux Modelling of Selected Micropollutants in the Catchment of Lake Constance.* Dübendorf : Master-Thesis, Eawag, 2010.

Ort, Christoph, et al. 2007. Mikroverunreinigungen: Nationales Stoffflussmodell. *GWA.* 2007, Bd. 11/2007.

Ort, Christoph, Hollender, Juliane und Siegrist, Hansruedi. 2009. Model-Based Evaluation of Reduction Strategies for Micropollutants from Wastewater Treatment Plants in Complex River Networks. *Environmental Science and Technology.* 43(9), 2009, Bde. 3214-3220.

Pinnekamp, J. 2012. *Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen durch den Einsatz von Verfahren mit UV-Behandlung ("Mikrolight") (Phase 1) – FuE Abschlussbericht.* s.l. : Hrsg. MKULNV, 2012.

Ruhrverband. 2009. *Ruhrgütebericht.* s.l. : Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr und Ruhrverband, 2009.

—. 2010. *Ruhrgütebericht.* s.l. : Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr und Ruhrverband, 2010.

Türk, J., Schaefer, S. und Madzielewski, V. 2011. Volkswirtschaftlicher Nutzen der Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen zur Elimination von organischen Spurenstoffen - Vorstellung der NRW-Projekte und erste Ergebnisse. *Neue Verfahren und Betriebsstrategien in der Abwasserbehandlung.* München : s.n., 2011. Bd. 86. Siedlungswasserwirtschaftliches Kolloquium.

Umweltbundesamt. 2003. *Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht. Empfehlungen des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit beim Umweltbundesamt. http://www.umwe.* s.l. : Umweltbundesamt (UBA), 2003.

—. 2011. *Maßnahmen zur Minderung des Eintrags von Humanarzneimitteln und ihrer Rückstände in das Rohwasser zur Trinkwasseraufbereitung - Empfehlung des Umweltbundesamtes vom 30.08.2011 nach Anhörung der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit .* s.l. : Umweltbundesamt (UBA), 2011.

Zwickenpflug, Ben, et al. 2010. *Abschlussbericht - Einsatz von Pulveraktivkohle zur Eliminmation von Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser.* Dübendorf : Eawag, 2010.

ANHANG 1:
MITTLERE ABWASSERMENGEN UND ABWASSERANTEILE

Im Stoffflussmodell werden mit einfachen Annahmen die Abwassermenge pro Kläranlage (M_{Abwasser}) und der Abwasseranteil im Vorfluter (f_{Abwasser}) berechnet:

$$M_{\text{Abwasser}}\left[\frac{\text{Liter}}{\text{Tag}}\right] = M_{\text{Abwasser pro Einw.}}\left[\frac{\text{Liter}}{\text{Einwohner}\cdot\text{Tag}}\right]\cdot E[\text{Einwohner}]$$

$$f_{\text{Abwasser}} = \frac{M_{\text{Abwasser}}\left[\frac{\text{Liter}}{\text{Tag}}\right]}{MNQ\left[\frac{\text{Liter}}{\text{Tag}}\right]}$$

Es wird dabei pro angeschlossenem Einwohner eine konstante Abwassermenge ($M_{\text{Abwasser pro Einw.}}$) angenommen, welche sowohl einen Fremdwasser- als auch einen mittleren Niederschlagswasseranteil enthält. Dies ist eine starke Vereinfachung und kann im Einzelfall, vor allem bei einem grossen Industrieabwasseranteil einer Kläranlage, deutlich von der gemessenen Abwassermenge abweichen.

Für die stoffliche Belastung der betrachteten Mikroverunreinigungen, welche den Ursprung im häuslichen Abwasser haben, ist aber der so berechnete, mit den angeschlossenen natürlichen Einwohnern korrelierte, Abwasseranteil (inkl. Fremd- und Niederschlagswasser) entscheidend und nicht die Gesamtabwassermenge, welche auch den Industrieabwasseranteil enthält.

Die Berechnung des Abwasseranteils hat keinen Einfluss auf die im Modell berechneten Stoffkonzentrationen im Vorfluter, welche über die einwohnerspezifische Stofffracht und den mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) berechnet werden (siehe oben).

Mit der Annahme einer konstanten Wassermenge pro Einwohner von 350 L/Tag (inkl. Fremdwasser und einem mittleren Industriewasseranteil) ergibt sich beim Vergleich mit den bei Trockenwetter gemessenen Abwassermengen (2010) eine gute Korrelation (R^2=0.90, P<0.001) ohne eine systematische Abweichung auf die eine oder andere Seite (siehe Abbildung 3). Das heisst die Annahme einer konstanten Wassermenge pro Einwohner von 350 L/Tag (inkl. Fremd- und Industriewasseranteil) scheint im Mittel für Nordrhein Westfalen gut zu passen. 90% der Punkte liegen innerhalb des Bereichs von einem Faktor 2. Zum Vergleich wurde im Projekt Micropoll für die Schweiz 400 L/Tag pro Einwohner angenommen (Ort, et al., 2007).

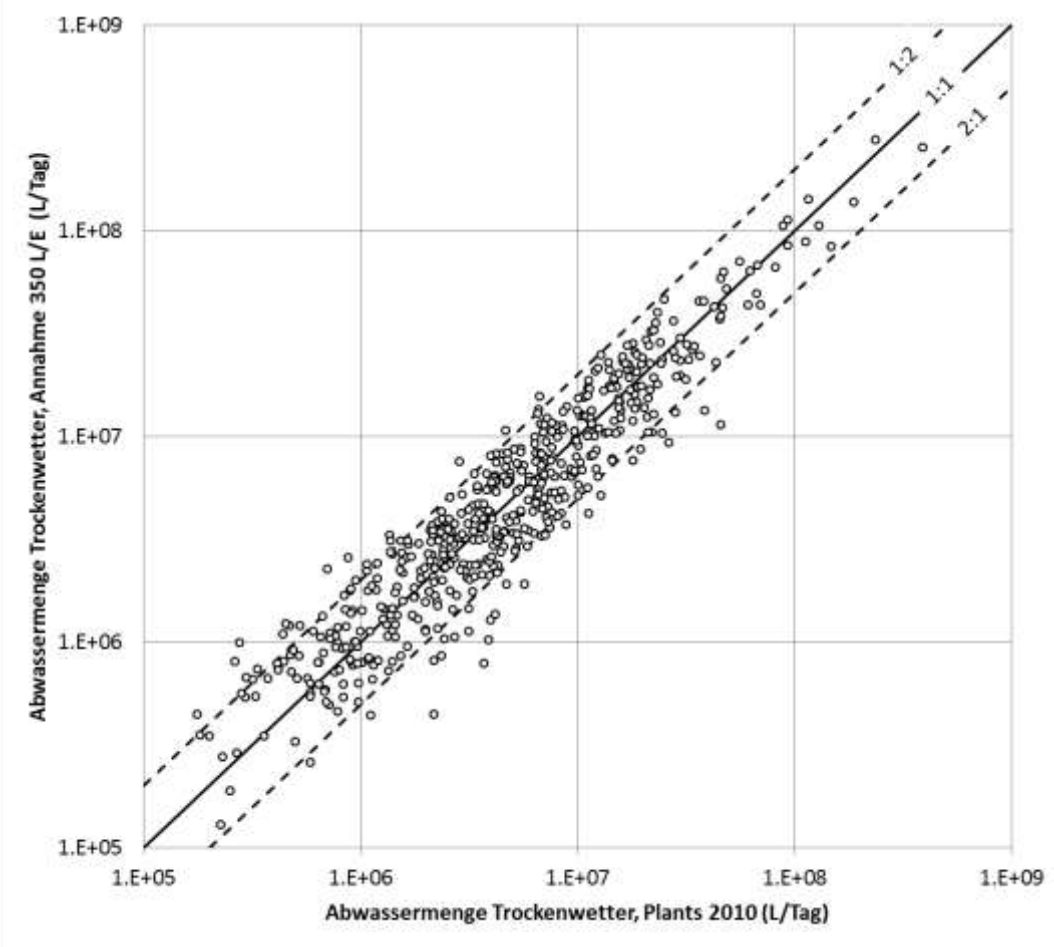

Abbildung 31: Vergleich der Abwassermengen bei Trockenwetter (Messdaten 2010) mit der Annahme einer konstanten mittleren Abwassermenge pro Einwohner (inkl. Fremdwasser und Niederschlagswasser) von 350 L/Tag.

Die Korrelation zwischen der gemessenen Gesamtwassermenge und einem konstanten mit den angeschlossenen Einwohnern korrelierten Wert von 380 Liter/Einwohner/Tag ist gut und es zeigt sich keine systematische Abweichung in die eine oder andere Richtung (R^2=0.91, P<0.001). Der Vergleich ist in der Abbildung 32 dargestellt. Im unteren Bereich (kleinere Kläranlagen mit Abfluss unter $5 \cdot 10^6$ L/Tag) ist die Streuung deutlich grösser.

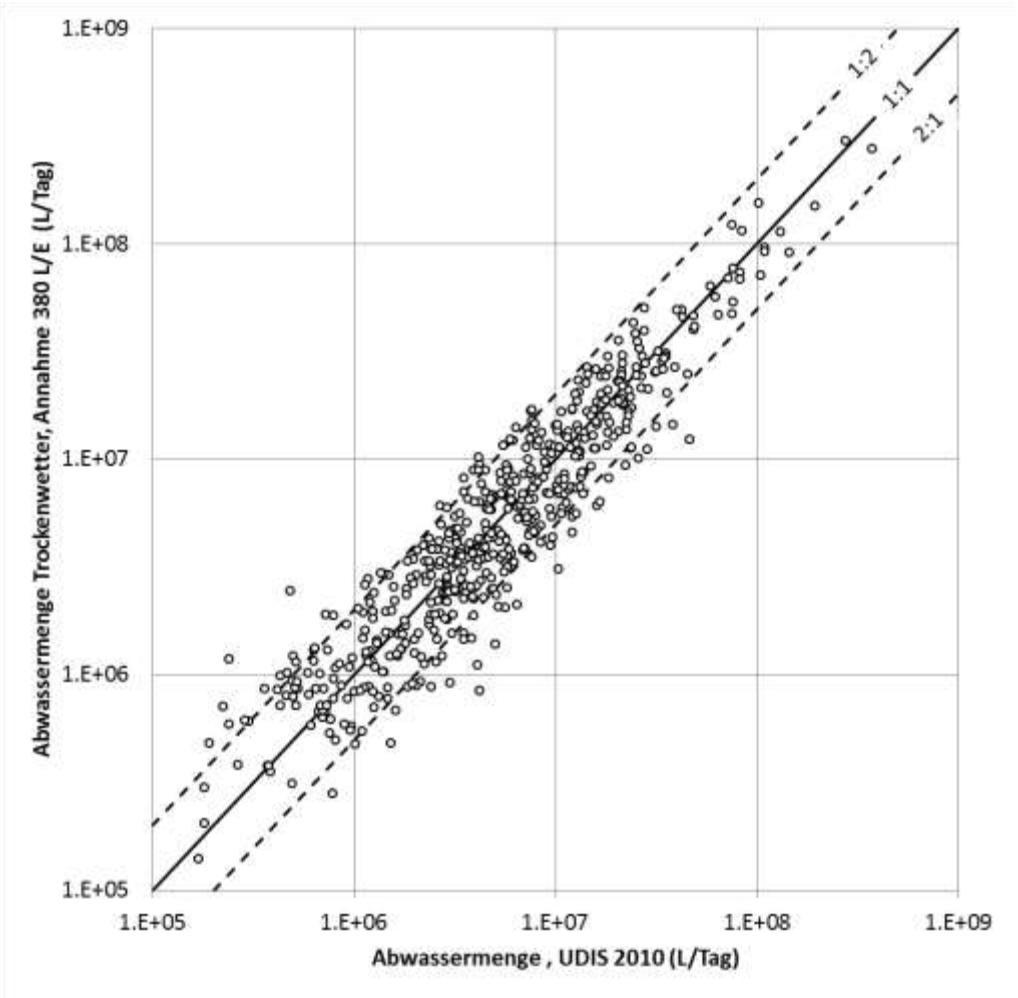

Abbildung 32: Vergleich der Gesamtabwassermengen mit der Annahme einer konstanten mittleren Abwassermenge pro Einwohner (inkl. Fremdwasser und Niederschlagswasser und Industrieanteil) von 380 L/Tag.

Welche Abwassermengen werden für welche Berechnungen verwendet?

Um den Abwasseranteil und den **kumulierten Abwasseranteil in den Vorflutern** zu berechnen, welcher ein Mass für die Belastung mit Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser darstellen soll, ist es sinnvoll, einen mit den angeschlossenen Einwohnern korrelierten konstanten Wert zu nehmen. Aufgrund der oben dargestellten Auswertungen wird dafür 350 Liter/Einwohner/Tag (häusliches Abwasser inkl. Fremd- und Niederschlagswasser) genommen. Für den Vergleich von gemessenen Konzentrationen mit aus Verbrauchszahlen hergeleiteten Konzentrationen im **Auslauf einer einzelnen Kläranlage** müssen die Gesamtwassermengen (Messdaten LANUV) verwendet werden. Für eine über alle Kläranlagen gemittelte Konzentration kann mit dem Mittelwert aus den gemessenen Gesamtwassermengen von 380 Liter/Einwohner/Tag gerechnet werden.

ANHANG 2:
MESSDATEN DER KONZENTRATIONEN IM ABWASSER

	Anlage	Düsseldorf-Süd				Mönchengladbach GWK I				Wuppertal-Buchenhofen			
	Name	Düsseldorf-Süd K.A.				Mönchengladbach-Neuwerk GKW I				Buchenhofen K.A. (Wuppertal)			
	Ang. Einw.	320'450				406'000				300'199			
	Datum	07.02.2012	21.02.2012	02.03.2012		30.01.2012	05.03.2012	12.03.2012		03.02.2012	07.02.2012	10.02.2012	
	Q [m³/72h]	221'560.00	217'290.00	217'290.00		298'322.00	462'130.00	210'230.00		31'452.00	340'372.00	330'306.00	
Trivialname	Stoff	Konz. [µg/l]	Konz. [µg/l]	Konz. [µg/l]	Mittelwert	Konz. [µg/l]	Konz. [µg/l]	Konz. [µg/l]	Mittelwert	Konz. [µg/l]	Konz. [µg/l]	Konz. [µg/l]	Mittelwert
4-Methylbenzotriazol	4098	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.	
5,6-Dimethylbenzotriazol	4100	<0.10	<0,10	<0,010		<0,010	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
5-Methylbenzotriazol	4099	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.	
Acesulfam K	4153	7.20	2.00	27.00	12.07	27.00	37.00	34.00	32.67	17.00	17.00	18.00	17.33
Amidotrizoesaeure	2969	6.40	4.70	7.30	6.13	7.30	8.10	9.10	8.17	4.10	2.90	3.00	3.33
Atenolol	2946	0.33	0.20	0.33	0.29	0.33	0.44	0.41	0.39	0.27	0.25	0.26	0.26
Benzotriazol	4097	9.60	9.00	8.90	9.17	8.90	11.00	10.00	9.97	5.50	6.50	6.70	6.23
Bezafibrat	2646	0.37	<0,10	0.56	0.47	0.56	0.64	0.60	0.60	0.53	0.54	0.54	0.54
Bisoprolol	2655	0.39	0.26	0.41	0.35	0.41	0.58	0.56	0.52	0.46	0.45	0.44	0.45
Carbamazepin	2667	1.20	1.10	0.90	1.07	0.90	1.30	1.20	1.13	0.52	1.10	0.92	0.85
Clarithromycin	2918	0.39	0.27	0.45	0.37	0.45	0.66	0.72	0.61	0.29	0.31	0.41	0.34
Clenbuterol	2680	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Clofibrinsäure	2332	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Codein	4006	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	0.16	0.13	0.15	0.10	0.10	<0,10	0.10
Diazepam	2650	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Diclofenac	2639	1.90	1.60	1.50	1.67	1.50	2.00	2.10	1.87	1.40	1.50	1.20	1.37
Dihydrocodein	4005	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Erythromycin	2922	0.13	0.11	0.19	0.14	0.19	0.29	0.28	0.25	0.19	0.23	0.73	0.38
Fenofibrinsäure	2644	<0,10	<0,10	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.24	0.24	0.12	0.20
Gemfibrozil	2642	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Ibuprofen	2637	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	0.20	0.29		<0,10	0.16	<0,10	0.16
Iomeprol	2968	3.60	4.00	3.50	3.70	3.50	14.00	15.00	10.83	34.00	25.00	29.00	29.33
Iopamidol	2966	14.00	6.60	3.10	7.90	3.10	3.30	3.00	3.13	1.50	1.60	1.20	1.43
Iopromid	2967	2.30	1.50	0.72	1.51	0.72	2.50	2.50	1.91	0.49	0.33	0.48	0.43
Metoprolol	2656	3.30	2.30	1.50	2.37	1.50	3.20	3.10	2.60	1.90	1.70	1.70	1.77
Nadolol	2657	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Naproxen	2641	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	0.30	0.31	0.31	0.27	0.33	0.17	0.26
Oxazepam	4016	0.25	0.18	0.21	0.21	0.21	0.27	0.27	0.25	0.15	0.14	0.17	0.15
Phenazon	2647	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	0.11	0.10	0.11	<0,10	<0,10	<0,10	
Propranolol	2658	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	#DIV/0!
Propyphenazon	2972	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Roxythromycin	2930	0.32	0.27	0.19	0.26	0.19	n.a.	n.a.	0.19	0.21	0.26	0.26	0.24
Sotalol	2947	0.65	0.59	0.38	0.54	0.38	0.51	0.47	0.45	0.33	0.34	0.36	0.34
Sucralose	4142	1.80	1.90	0.96	1.55	0.96	1.60	1.60	1.39	1.00	1.10	1.10	1.07
Sulfadiazin	2948	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfadimethoxin	2965	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfadimidin	2685	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfadoxin	2964	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfamerazin	2963	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfamethoxazol	2691	0.83	0.73	0.66	0.74	0.66	0.80	0.73	0.73	0.77	0.64	0.63	0.68
Sulfathiazol	2962	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Summe 4- und 5-Methylbenzotriazol	4101	4.30	3.00	4.10	3.80	4.10	4.60	4.50	4.40	5.20	5.30	4.80	5.10
Temazepam	4017	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Trimethoprim	2932	0.29	0.20	0.11	0.60	0.11	0.38	0.31	0.80	0.27	0.27	0.22	0.76

	Anlage	Neuss-Süd				Bonn Bad Godesberg				Köln Stammheim			
	Name	Neuss-Süd K.A.				Ablauf Filtration gem. Systemskizze Pkt.				Hochwasserpumpwerk ge. Systemskizze Pkt.			
	Ang. Einw.	70'490				83'489				788'273			
	Datum	30.01.2012	07.02.2012	14.02.2012		06.02.2012	24.02.2012	27.02.2012		06.02.2012	24.02.2012	27.02.2012	
	Q [m³/72h]	33'294.00	32'207.00	41'481.00		44'166.00	53'795.00	44'998.00		556'277.00	652'080.00	605'909.00	
Trivialname	**Stoff**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Mittelwert**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Mittelwert**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Mittelwert**
4-Methylbenzotriazol	4098	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.	
5,6-Dimethylbenzotriazol	4100	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
5-Methylbenzotriazol	4099	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.	
Acesulfam K	4153	70.00	66.00	58.00	64.67	30.00	28.00	30.00	29.33	66.00	39.00	39.00	48.00
Amidotrizoesaeure	2969	3.20	2.80	4.30	3.43	11.00	5.60	9.00	8.53	7.00	8.10	6.60	7.23
Atenolol	2946	0.32	0.38	0.36	0.35	0.34	0.28	0.27	0.30	0.62	0.60	0.61	0.61
Benzotriazol	4097	5.80	6.00	5.70	5.83	6.60	6.00	5.30	5.97	9.70	11.00	8.60	9.77
Bezafibrat	2646	0.44	0.54	0.63	0.54	0.60	0.49	0.38	0.49	0.18	0.29	0.28	0.25
Bisoprolol	2655	1.10	1.30	1.10	1.17	0.63	0.50	0.52	0.55	0.46	0.52	0.55	0.51
Carbamazepin	2667	1.40	1.30	1.10	1.27	1.10	1.00	1.10	1.07	0.93	0.80	0.90	0.88
Clarithromycin	2918	0.72	1.50	1.30	1.17	0.48	0.42	0.43	0.44	0.41	0.50	0.63	0.51
Clenbuterol	2680	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Clofibrinsäure	2332	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Codein	4006	0.14	0.18	0.18	0.17	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Diazepam	2650	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Diclofenac	2639	2.80	2.80	2.50	2.70	2.30	1.80	2.10	2.07	2.30	2.00	2.40	2.23
Dihydrocodein	4005	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Erythromycin	2922	0.24	0.23	0.23	0.23	0.22	0.13	0.13	0.16	0.27	0.28	0.27	0.27
Fenofibrinsäure	2644	0.28	0.38	0.42	0.36	0.46	0.29	0.26	0.34	0.15	0.24	0.22	0.20
Gemfibrozil	2642	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Ibuprofen	2637	0.14	0.25	0.24	0.21	<0,10	<0,10	<0,10		0.14	0.42	0.40	0.32
Iomeprol	2968	3.40	4.30	3.80	3.83	16.00	17.00	10.00	14.33	5.50	13.00	11.00	9.83
Iopamidol	2966	0.23	0.28	<0,050	0.26	1.10	1.70	2.10	1.63	2.50	4.00	3.10	3.20
Iopromid	2967	3.70	2.80	3.00	3.17	1.30	3.50	1.80	2.20	0.78	2.00	1.50	1.43
Metoprolol	2656	2.80	2.90	2.50	2.73	2.40	1.90	2.10	2.13	2.20	2.20	2.40	2.27
Nadolol	2657	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Naproxen	2641	0.36	0.48	0.54	0.46	0.31	0.26	0.24	0.27	0.32	0.29	0.41	0.34
Oxazepam	4016	0.16	0.18	0.14	0.16	0.28	0.32	0.33	0.31	0.21	0.23	0.20	0.21
Phenazon	2647	0.11	<0,10	<0,10	0.11	<0,10	<0,10	<0,10		0.41	0.50	0.55	0.49
Propranolol	2658	<0,10	0.10	<0,10	0.10	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Propyphenazon	2972	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Roxythromycin	2930	<0,10	0.16	0.13	0.15	0.11	0.10	0.11	0.11	0.16	0.16	0.21	0.18
Sotalol	2947	1.30	1.40	1.10	1.27	0.95	0.70	0.73	0.79	0.59	0.49	0.55	0.54
Sucralose	4142	2.30	2.20	1.90	2.13	1.90	2.00	2.00	1.97	2.20	2.10	2.30	2.20
Sulfadiazin	2948	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfadimethoxin	2965	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfadimidin	2685	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfadoxin	2964	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfamerazin	2963	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfamethoxazol	2691	0.62	0.90	0.73	0.75	0.80	0.45	0.40	0.55	0.80	0.73	0.80	0.78
Sulfathiazol	2962	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Summe 4- und 5-Methylbenzotriazol	4101	5.80	5.20	4.50	5.17	5.30	4.30	4.70	4.77	6.60	7.20	5.80	6.53
Temazepam	4017	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Trimethoprim	2932	0.37	0.52	0.45	0.45	0.34	0.20	0.18	0.24	0.18	0.20	0.20	0.19

	Anlage	Erftstadt				KA Bottrop				Bad Lippspringe			
	Name	Ablauf Nachklärung gem. Systemskizze Pkt				Probenahmeschacht im Ablauf der Kläranla				Pkt. PN gem. Systemskizze			
	Ang. Einw.	49'735				726'765				15'581			
	Datum	06.02.2012	24.02.2012	27.02.2012		23.01.2012	27.01.2012	30.01.2012		29.01.2012	13.02.2012	19.02.2012	
	Q [m³/72h]	28'218.00	33'106.00	29'932.00		1'146'391.00	1'095'276.00	1'100'995.00		24'070.00	27'170.00	20'050.00	
Trivialname	**Stoff**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Mittelwert**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Mittelwert**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Mittelwert**
4-Methylbenzotriazol	4098	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.	
5,6-Dimethylbenzotriazol	4100	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
5-Methylbenzotriazol	4099	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.	
Acesulfam K	4153	63.00	160.00	190.00	137.67	7.10	10.00	11.00	9.37	12.00	13.00	14.00	13.00
Amidotrizoesaeure	2969	3.00	2.20	2.10	2.43	1.10	2.00	2.10	1.73	0.69	1.00	0.55	0.75
Atenolol	2946	0.70	0.60	0.66	0.65	0.14	0.19	0.21	0.18	<0,10	<0,10	<0,10	
Benzotriazol	4097	12.00	13.00	16.00	13.67	0.80	1.20	1.20	1.07	3.30	3.80	3.60	3.57
Bezafibrat	2646	0.50	0.81	0.26	0.52	0.23	0.37	0.48	0.36	0.18	0.25	0.29	0.24
Bisoprolol	2655	0.92	0.75	0.69	0.79	0.11	0.16	0.19	0.15	0.34	0.47	0.45	0.42
Carbamazepin	2667	0.77	0.66	0.74	0.72	0.22	0.34	0.38	0.31	0.43	0.65	0.53	0.54
Clarithromycin	2918	0.76	0.65	0.83	0.75	0.10	0.16	0.17	0.14	0.19	0.23	0.24	0.22
Clenbuterol	2680	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Clofibrinsäure	2332	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Codein	4006	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	0.12	0.12
Diazepam	2650	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Diclofenac	2639	2.70	2.60	3.10	2.80	0.62	0.83	0.91	0.79	0.96	1.20	1.10	1.09
Dihydrocodein	4005	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Erythromycin	2922	0.20	0.18	0.21	0.20	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Fenofibrinsäure	2644	0.22	0.13	0.12	0.16	<0,10	0.10	0.15	0.13	<0,10	0.11	<0,10	0.11
Gemfibrozil	2642	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Ibuprofen	2637	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		0.18	0.14	0.24	0.19
Iomeprol	2968	5.50	9.90	12.00	9.13	4.70	6.20	7.00	5.97	0.38	0.08	<0,050	0.23
Iopamidol	2966	4.60	3.10	2.30	3.33	1.40	2.50	2.50	2.13	1.50	0.70	0.80	1.00
Iopromid	2967	0.05	0.30	<0,050	0.18	0.29	0.73	0.92	0.65	<0,050	<0,050	0.07	0.07
Metoprolol	2656	1.70	1.50	1.40	1.53	0.80	1.20	1.50	1.17	1.20	1.50	1.50	1.40
Nadolol	2657	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Naproxen	2641	0.28	0.33	0.37	0.33	0.14	0.15	0.17	0.15	0.13	0.15	0.15	0.14
Oxazepam	4016	0.21	0.17	0.20	0.19	<0,10	0.12	0.14	0.13	0.16	0.20	0.18	0.18
Phenazon	2647	0.14	0.11	0.13	0.13	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	0.12	0.12
Propranolol	2658	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Propyphenazon	2972	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Roxythromycin	2930	<0,10	0.12	0.11	0.12	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sotalol	2947	0.58	0.49	0.56	0.54	0.18	0.27	0.28	0.24	0.55	0.65	0.64	0.61
Sucralose	4142	1.70	1.40	1.50	1.53	<0,25	0.41	0.46	0.44	0.70	0.91	0.80	0.80
Sulfadiazin	2948	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfadimethoxin	2965	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfadimidin	2685	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfadoxin	2964	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfamerazin	2963	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfamethoxazol	2691	0.52	0.46	0.65	0.54	0.18	0.26	0.28	0.24	0.36	0.34	0.53	0.41
Sulfathiazol	2962	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Summe 4- und 5-Methylbenzotriazol	4101	4.60	4.30	4.60	4.50	4.40	6.10	6.70	5.73	2.60	2.80	2.90	2.77
Temazepam	4017	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Trimethoprim	2932	0.44	0.35	0.38	0.39	<0,10	0.14	0.17	0.16	0.11	0.11	0.20	0.14

	Anlage	Bochum-Oelbachtal				Siegen-Weidenau				Lippstadt			
	Name	Ablauf der Nachklärung				Unterwasserschacht der MID im Ablaufm.				Hochwasserpumpwerk vor der Men genmessun			
	Ang. Einw.	181'979				38'745				63'860			
	Datum	08.03.2012	12.03.2012	19.03.2012		23.01.2012	30.01.2012	20.02.2012		09.03.2012	16.03.2012	26.03.2012	
	Q [m³/72h]	178'110.00	140'223.00	130'120.00		30'045.00	64'373.00	47'150.00		46'198.00	47'277.00	42'993.00	
Trivialname	**Stoff**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Mittelwert**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Mittelwert**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Konz. [µg/l]**	**Mittelwert**
4-Methylbenzotriazol	4098	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.	
5,6-Dimethylbenzotriazol	4100	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
5-Methylbenzotriazol	4099	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.	
Acesulfam K	4153	21.00	32.00	32.00	28.33	2.70	10.00	12.00	8.23	24.00	29.00	33.00	28.67
Amidotrizoesaeure	2969	5.80	5.10	7.90	6.27	0.72	2.30	3.90	2.31	7.30	5.20	11.00	7.83
Atenolol	2946	0.70	0.85	0.76	0.77	<0,10	0.34	0.36	0.35	0.21	0.24	0.23	0.23
Benzotriazol	4097	5.50	6.00	5.70	5.73	1.10	4.20	5.30	3.53	5.70	6.30	6.00	6.00
Bezafibrat	2646	0.95	0.92	0.69	0.85	<0,10	0.39	0.56	0.48	0.80	0.70	0.51	0.67
Bisoprolol	2655	0.35	0.44	0.43	0.41	<0,10	0.28	0.36	0.32	0.56	0.63	0.63	0.61
Carbamazepin	2667	0.80	0.91	0.98	0.90	0.13	0.93	0.67	0.58	1.10	1.10	1.20	1.13
Clarithromycin	2918	0.34	0.50	0.57	0.47	<0,10	0.19	0.23	0.21	0.34	0.51	0.42	0.42
Clenbuterol	2680	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Clofibrinsäure	2332	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Codein	4006	0.15	0.23	0.20	0.19	<0,10	<0,10	<0,10		0.21	0.24	0.24	0.23
Diazepam	2650	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Diclofenac	2639	1.60	2.60	2.60	2.27	0.21	1.10	1.20	0.84	2.10	2.50	2.50	2.37
Dihydrocodein	4005	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Erythromycin	2922	0.17	0.26	0.27	0.23	<0,10	<0,10	<0,10		0.18	0.27	0.29	0.25
Fenofibrinsäure	2644	0.68	0.89	0.81	0.79	<0,10	0.31	0.40	0.36	0.25	0.30	0.17	0.24
Gemfibrozil	2642	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	0.12	0.12	<0,10	<0,10	<0,10	
Ibuprofen	2637	0.24	0.11	<0,10	0.18	<0,10	0.28	0.41	0.35	0.52	0.42	0.29	0.41
Iomeprol	2968	24.00	18.00	20.00	20.67	1.90	16.00	23.00	13.63	6.90	10.00	10.00	8.97
Iopamidol	2966	6.20	5.20	7.60	6.33	0.53	0.36	1.10	0.66	18.00	24.00	23.00	21.67
Iopromid	2967	1.40	1.30	1.40	1.37	0.06	<0,050	0.58	0.32	0.70	0.42	0.82	0.65
Metoprolol	2656	3.50	4.50	4.70	4.23	0.39	1.90	2.30	1.53	1.90	2.20	2.30	2.13
Nadolol	2657	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Naproxen	2641	0.39	0.46	0.41	0.42	<0,10	0.39	0.45	0.42	0.32	0.24	0.21	0.26
Oxazepam	4016	0.25	0.30	0.33	0.29	<0,10	0.19	0.20	0.20	0.23	0.26	0.27	0.25
Phenazon	2647	0.28	0.29	0.15	0.24	<0,10	<0,10	<0,10		0.16	0.15	0.17	0.16
Propranolol	2658	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Propyphenazon	2972	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Roxythromycin	2930	n.a.	n.a.	n.a.		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	n.a.	
Sotalol	2947	0.53	0.67	0.63	0.61	<0,10	0.12	0.13	0.13	2.50	2.40	2.50	2.47
Sucralose	4142	1.40	2.10	2.20	1.90	<0,25	0.81	0.97	0.89	1.80	2.00	2.10	1.97
Sulfadiazin	2948	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfadimethoxin	2965	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfadimidin	2685	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfadoxin	2964	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfamerazin	2963	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Sulfamethoxazol	2691	0.87	1.10	1.10	1.02	0.25	0.75	0.69	0.56	1.00	1.10	1.10	1.07
Sulfathiazol	2962	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10	
Summe 4- und 5-Methylbenzotriazol	4101	3.50	4.00	4.00	3.83	0.86	2.50	2.90	2.09	6.60	5.40	6.30	6.10
Temazepam	4017	<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	0.12	0.12	0.12
Trimethoprim	2932	0.33	0.39	0.37	0.36	<0,10	0.27	0.33	0.30	0.17	0.20	<0,10	0.19

	Anlage	Warstein	Warstein	Warstein		Gesamtmittelwert über alle untersuchten Kläranlagen [µg/l]	Standardabweichung über alle untersuchten Kläranlagen [µg/l]	10%-Perzentil über alle untersuchten Kläranlagen [µg/l]	90%-Perzentil über alle untersuchten Kläranlagen [µg/l]
	Name	Ablauf	Ablauf	Ablauf					
	Ang. Einw.	12'030							
	Datum	10.03.2012	16.03.2012	26.03.2012					
	Q [m³/72h]	25'409.00	24'720.00	23'137.00					
Trivialname	Stoff	Konz. [µg/l]	Konz. [µg/l]	Konz. [µg/l]	Mittelwert				
4-Methylbenzotriazol	4098	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
5,6-Dimethylbenzotriazol	4100	<0,10	<0,10	<0,10		<0.1	n.b.	n.b.	n.b.
5-Methylbenzotriazol	4099	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Acesulfam K	4153	8.70	9.70	10.00	9.47	33.75	34.01	9.39	61.33
Amidotrizoesaeure	2969	1.30	2.60	2.30	2.07	4.63	2.68	1.80	8.10
Atenolol	2946	<0,10	<0,10	<0,10		0.40	0.18	0.23	0.65
Benzotriazol	4097	3.10	3.60	3.30	3.33	6.45	3.28	3.37	9.93
Bezafibrat	2646	<0,10	<0,10	<0,10		0.50	0.16	0.26	0.66
Bisoprolol	2655	0.18	0.18	0.17	0.18	0.49	0.25	0.21	0.75
Carbamazepin	2667	0.72	0.82	0.90	0.81	0.87	0.26	0.54	1.13
Clarithromycin	2918	0.45	0.40	0.27	0.37	0.46	0.26	0.21	0.72
Clenbuterol	2680	<0,10	<0,10	<0,10		<0.1	n.b.	n.b.	n.b.
Clofibrinsäure	2332	<0,10	<0,10	<0,10		<0.1	n.b.	n.b.	n.b.
Codein	4006	<0,10	<0,10	<0,10		0.16	0.04	0.11	0.21
Diazepam	2650	<0,10	<0,10	<0,10		<0.1	n.b.	n.b.	n.b.
Diclofenac	2639	0.81	0.94	0.95	0.90	1.76	0.68	0.85	2.63
Dihydrocodein	4005	<0,10	<0,10	<0,10		<0.1	n.b.	n.b.	n.b.
Erythromycin	2922	<0,10	<0,10	<0,10		0.24	0.07	0.16	0.30
Fenofibrinsäure	2644	<0,10	<0,10	<0,10		0.27	0.18	0.13	0.36
Gemfibrozil	2642	<0,10	<0,10	<0,10		0.12	0.00	0.12	0.12
Ibuprofen	2637	<0,10	<0,10	<0,10		0.26	0.09	0.17	0.37
Iomeprol	2968	0.54	0.23	0.26	0.34	10.06	7.87	1.01	19.40
Iopamidol	2966	0.18	<0,050	0.35	0.27	4.07	5.54	0.34	7.59
Iopromid	2967	<0,050	0.62	0.21	0.42	1.10	0.89	0.20	2.14
Metoprolol	2656	0.58	0.66	0.62	0.62	2.04	0.86	1.21	2.71
Nadolol	2657	<0,10	<0,10	<0,10		<0.1	n.b.	n.b.	n.b.
Naproxen	2641	0.15	0.18	0.16	0.16	0.29	0.10	0.15	0.42
Oxazepam	4016	0.30	0.32	0.32	0.31	0.22	0.06	0.15	0.31
Phenazon	2647	<0,10	<0,10	<0,10		0.19	0.13	0.11	0.34
Propranolol	2658	<0,10	<0,10	<0,10		<0.1	n.b.	n.b.	n.b.
Propyphenazon	2972	<0,10	<0,10	<0,10		<0.1	n.b.	n.b.	n.b.
Roxythromycin	2930	<0,10	<0,10	<0,10		0.18	0.06	0.11	0.25
Sotalol	2947	0.20	0.25	0.21	0.22	0.67	0.59	0.22	1.17
Sucralose	4142	0.45	0.59	0.56	0.53	1.41	0.59	0.59	2.10
Sulfadiazin	2948	<0,10	<0,10	<0,10		<0.1	n.b.	n.b.	n.b.
Sulfadimethoxin	2965	<0,10	<0,10	<0,10		<0.1	n.b.	n.b.	n.b.
Sulfadimidin	2685	<0,10	<0,10	<0,10		<0.1	n.b.	n.b.	n.b.
Sulfadoxin	2964	<0,10	<0,10	<0,10		<0.1	n.b.	n.b.	n.b.
Sulfamerazin	2963	<0,10	<0,10	<0,10		<0.1	n.b.	n.b.	n.b.
Sulfamethoxazol	2691	0.62	0.65	0.45	0.57	0.67	0.22	0.44	0.97
Sulfathiazol	2962	<0,10	<0,10	<0,10		<0.1	n.b.	n.b.	n.b.
Summe 4- und 5-Methylbenzotriazol	4101	2.00	1.90	1.60	1.83	4.36	1.41	2.22	6.03
Temazepam	4017	<0,10	<0,10	<0,10		0.12	0.00	0.12	0.12
Trimethoprim	2932	0.16	0.15	0.13	0.15	0.36	0.22	n.b.	n.b.

ANHANG 3:
MESSDATEN IM GEWÄSSER – STOFFFRACHTEN UND KONZENTRATIONEN

Anzahl Positivbefunde (Messungen) an den Validierungsmessstellen

Anzahl von Stofffracht (kg/Jahr)	Stoffname																			
Messstelle	5,6-Dimethyl-benzotriazol	Amidotrizoesaeure	Atenolol	Azithromycin	Benzotriazol	Bezafibrat	Carbamazepin	Clarithromycin	Diclofenac	Erythromycin	Ibuprofen	Iomeprol	Iopamidol	Iopromid	Metoprolol	Naproxen	Sotalol	Sulfamethoxazol	Summe 4- und 5-Methylbenzotriazol	Trimethoprim
(A 50) vor Mdg. in die Lippe							19													
(L 14) in Lippborg		19		2	1	5	20	1	19	4	2	20	20	14	21		20	15	1	
(M 75) vor Mdg. in die Ruhr					1		1												1	
AM PEGEL HASPE							5													
AN DER LANDESGRENZE		1	13	5		16	72	11	23	6	19	4	1		22	15	17	18		13
Bad Godesberg		13				1	19		6		1	13	13	13	14	1	8	3		
BEI KLEIN-VERNICH							21													
Düsseldorf-Flehe		22	1		2	6	48		15	1	1	22	22	22	23	1	17	17	2	
E 17a bei Einen - EU		2		4	1	8	40	6	14	7	4	2	2		14	5	14	10	1	2
E 1a uh KA Rheine-Nord - EU		1	7	1	2	6	30	5	13	5	1	1	1	1	13	6	12	11	2	5
Emscher-Mündung		30	24		2	24	46	9	19	9	20	30	30	30	24	18	24	24	2	24
Eppinghoven		21	6			10	25	1	12		2	11	21	4	17	2	17	15		3
Fröndenberg		41	4		2	27	52	9	27	4	8	40	41	18	32	4	30	23	2	5
Hattingen		14	3		2	13	15	1	9		2	14	14	14	13		13	11	2	5
in Schötmar		6				5	37	2	6	2	1	4	5		6		6	4		
in Troisdorf; Str-Br		6				5	17	2	11			4	7	1	10		8	5		1
Kohlfurther Brücke			7			7	9	6	7	6					8	6	8	8		8
Lobith		13	2			9	24		10			13	13	13	16		15	14		
M2 uh Wöstebach							12													
Menden		26	2		2	13	32	3	18	4	4	20	29	16	22	2	19	15	2	2
Mülheim-Kahlenberg		43	16		2	29	58	10	28	6	9	43	43	39	35	3	32	28	2	8
Opladen		29	17		2	22	38	5	20	8	2	29	28	5	25	12	23	22	2	21
PEGEL HOHENLIMBURG		17		4	1	13	23	5	18	3	4	17	17	17	20	5	13	10	1	3
Pegel Porta	1	9			1	3	20		10	3		10	10	8	10		8	6		
Pegel Weilerswist							20													
R.Arm uh Amelunxen							9													
Sf1 vor Vechte/ mün1010 - EU		1	7	3		7	33	3	11	7	1		1	1	11	5	10	6		2
Str-Br in Au		9	3			8	20	4	12	3	6	9	9	7	12	4	8	6		5
Stuerzelberg		13				1	16		6		1	13	13	13	14		9	6		
UH HARKORTSEE		5				1	7	1	1			5	5	4	1		1	1		1
UH HATTINGEN		4	1	2		4	9	2	6	2	2	4	4	4	6		5	4		
uh KA Bad Oeynhausen		9	7			7	30	6	8	4	5	9	9	3	8	7	8	8		8
uh KA Kirchlengern		6	2			2	36	4	6	2	1	6	6	1	6	1	5	5		2
uh KA Warburg		1				1	12	1	1		1		1	1	1			1		1
uh Mdg Rotbach							21													
uh Mutzbach oh. Mdg in Wupper		7				1	7		11	1		3	1		11	1	7	3		
uh. Freibad (NL)		8	5			9	26	3	11	3	1	8	8	6	11	5	9	10		3
V MDG I D RUHR		12	6	4	1	16	37	9	19	5	4	14	14	1	20	4	14	14	1	5
v Mdg in Werre (hf)		4	3			5	28	5	5	1	2	5	4	1	5	4	5	5		1
V2, vor Mdg i d Steinfurter Aa			2	1		4	17	2	5	3	1				6	1	5	4		1
Vlodrop(=Z 3)		11	11	4		14	38	9	21	11	2	11	11	11	21	5	21	21		7
vor Mdg der Wörmke							8													
vor Mdg in die Lippe		1					5		1				1					1		
vor Mdg in Ems		6	3			6	30	5	6	5	2	5	6	2	6	6	6	4		3
W2 uh Havichhorster Mühle/uh KA MS-Han. EU			2			4	25	2	6	2	1				6	3	6	5		1
Wesel		42	21		1	21	51	4	19	5	7	42	42	42	25	10	25	22	1	16
WkSt Rhein-Nord Kleve-Bimmen		42	1		2	7	60	1	27	1	2	42	42	42	35	1	25	26	2	
WkSt Süd/Bad Honnef		30	1		2	3	47		14	1		30	29	29	22		8	13	2	

Mittelwert der Stofffrachten an den Validierungsmessstellen (kg/Jahr). Es wurden nur die Positivbefunde zur Frachtberechnung berücksichtigt.

Mittelwert von Stofffracht (kg/Jahr)	Stoffname																			
Messstelle	5,6-Dimethyl-benzotriazol	Amidotrizoe-saeure	Atenolol	Azithromycin	Benzotriazol	Bezafibrat	Carbamazepin	Clarithromycin	Diclofenac	Erythromycin	Ibuprofen	Iomeprol	Iopamidol	Iopromid	Metoprolol	Naproxen	Sotalol	Sulfa-methoxazol	Summe 4- und 5-Methylbenzotriazol	Trimethoprim
(A 50) vor Mdg. in die Lippe							8													
(L 14) in Lippborg		139		22	84	22	52	23	49	147	13	133	232	110	55		49	21	84	
(M 75) vor Mdg. in die Ruhr					4		5												5	
AM PEGEL HASPE							9													
AN DER LANDESGRENZE		60	8	7		11	18	8	35	6	39	23	152		50	10	8	12		6
Bad Godesberg		21'114				1'500	3'124		4'899		12'252	17'127	18'102	7'697	3'209	2'042	2'346	1'862		
BEI KLEIN-VERNICH							9													
Düsseldorf-Flehe		14'440	1'130		21'277	1'482	3'434		3'773	15'828	3'101	21'195	20'582	8'611	3'938	2'255	2'119	1'961	25'811	
E 17a bei Einen - EU		78		34	236	20	50	27	62	48	15	225	189		95	9	30	21	387	13
E 1a uh KA Rheine-Nord - EU		382	31	92	1'057	44	124	58	165	88	95	120	906	906	313	40	92	83	575	38
Emscher-Mündung		1'204	159		2'475	254	218	127	288	88	268	5'116	2'161	1'038	529	106	203	141	7'805	82
Eppinghoven		104	13			16	32	10	42		11	52	90	33	41	8	23	19		8
Fröndenberg		116	12		184	23	30	21	47	43	74	165	228	72	59	16	32	20	214	12
Hattingen		724	51		626	91	138	26	121		214	1'602	696	694	229		118	65	599	36
in Schötmar		30				4	12	5	13	5	3	8	14		20		7	5		
in Troisdorf; Str-Br		110				17	26	4	44			26	201	14	46		46	16		4
Kohlfurther Brücke			9			22	43	11	57	9					83	12	29	25		12
Lobith		21'987	1'418			2'450	4'562		4'117			37'933	24'896	19'816	5'363		3'078	2'576		
M2 uh Wöstebach							5													
Menden		265	114		364	48	96	51	97	68	139	135	818	65	119	41	55	47	413	17
Mülheim-Kahlenberg		642	42		717	87	143	52	145	84	105	1'074	811	235	257	68	114	87	641	35
Opladen		225	19		354	32	61	15	79	19	39	416	152	54	107	17	47	44	276	18
PEGEL HOHENLIMBURG		157		29	218	26	41	20	68	33	36	216	266	165	78	26	26	17	178	13
Pegel Porta	1'706	1'661			1'299	170	456		465	282		2'143	2'843	570	464		206	230		
Pegel Weilerswist							8													
R.Arm uh Amelunxen							6													
Sf1 vor Vechte/ mün1010 - EU		1	1	2		2	5	2	5	6	2		22	0	8	1	3	3		2
Str-Br in Au		204	17			22	68	10	96	9	80	194	333	85	122	15	25	38		12
Stuerzelberg		13'731				1'541	3'717		3'997		9'921	21'324	17'546	9'592	3'573		2'429	2'401		
UH HARKORTSEE		365				42	149	27	43			541	518	192	85		43	50		19
UH HATTINGEN		491	22	29		70	165	24	172	89	70	810	594	253	244		93	88		
uh KA Bad Oeynhausen		366	22			56	159	34	174	15	51	1'506	244	27	308	29	133	98		25
uh KA Kirchlengern		14	1			4	9	3	19	2	1	36	15	2	24	2	6	8		2
uh KA Warburg		42				12	25	11	28		10		60	21	31			13		49
uh Mdg Rotbach							19													
uh Mutzbach oh. Mdg in Wupper		17				1	2		4	1		5	3		4	1	1	2		
uh. Freibad (NL)		39	2			5	9	4	9	3	3	9	19	7	15	2	4	5		2
V MDG I D RUHR		20	7	4	68	16	15	5	28	9	30	32	38	8	39	8	15	9	126	5
v Mdg in Werre (hf)		35	2			8	32	3	27	1	15	44	55	6	46	3	8	15		3
V2, vor Mdg i d Steinfurter Aa			2	4		2	4	3	5	12	2				7	2	3	2		2
Vlodrop(=Z 3)		92	14	15		12	26	13	32	15	13	39	80	46	44	8	17	12		6
vor Mdg der Wörmke							7													
vor Mdg in die Lippe		3					2		2				4					2		
vor Mdg in Ems		36	1			4	8	1	10	1	2	8	18	4	17	2	3	3		1
W2 uh Havichhorster Mühle/uh KA MS-Han. EU			12			2	6	4	5	2	4				11	1	2	4		1
Wesel		613	39		540	81	137	29	189	26	78	994	490	2'188	268	56	121	87	810	31
WkSt Rhein-Nord Kleve-Bimmen		14'699	1'364		27'085	2'223	3'890	2'498	4'433	3'914	5'360	24'709	18'303	11'353	4'779	1'873	2'590	2'400	33'688	
WkSt Süd/Bad Honnef		10'965	2'124		23'690	1'462	3'147		3'627	6'208		19'218	14'097	9'367	3'414		1'947	1'931	27'451	

Standardabweichung von Stofffracht (kg/Jahr)

Standardabweichung (Grundgesamtheit) von Stoff Stoffname

Messstelle	5,6-Dimethylbenzotriazol	Amidotrizoesaeure	Atenolol	Azithromycin	Benzotriazol	Bezafibrat	Carbamazepin	Clarithromycin	Diclofenac	Erythromycin	Ibuprofen	Iomeprol	Iopamidol	Iopromid	Metoprolol	Naproxen	Sotalol	Sulfamethoxazol	Summe 4- und 5-Methylbenzotriazol	Trimethoprim
(A 50) vor Mdg. in die Lippe							5													
(L 14) in Lippborg		65		1	0	7	33	0	23	176	4	97	126	205	18		13	7	0	
(M 75) vor Mdg. in die Ruhr					0		0												0	
AM PEGEL HASPE							8													
AN DER LANDESGRENZE		0	6	5		8	15	5	23	3	35	7	0		26	6	4	5		4
Bad Godesberg		30'377				0	754		2'625		0	10'529	8'847	4'481	1'120	0	598	543		
BEI KLEIN-VERNICH							4													
Düsseldorf-Flehe		6'316	0		823	447	820		1'678	0	0	9'450	12'788	3'793	1'140	0	637	537	1'354	
E 17a bei Einen - EU		1		6	0	9	28	11	36	45	6	137	53		38	6	14	6	0	0
E 1a uh KA Rheine-Nord - EU		0	15	0	680	20	88	40	113	96	0	0	0	0	198	23	61	55	197	16
Emscher-Mündung		416	52		855	108	75	123	110	40	429	2'514	1'075	462	226	47	84	55	4'679	32
Eppinghoven		38	4			5	13	0	27		3	41	72	10	15	1	8	8		0
Fröndenberg		58	4		26	12	11	11	19	37	121	149	170	60	19	8	11	7	34	3
Hattingen		313	21		1	55	49	0	83		11	1'701	398	1'385	105		57	23	36	10
in Schötmar		22				3	5	1	9	1	0	1	12		6		3	5		
in Troisdorf; Str-Br		73				7	9	1	36			19	54	0	17		83	8		0
Kohlfurther Brücke			3			10	15	8	15	3					36	8	11	11		4
Lobith		7'722	157			987	849		2'203			21'198	10'757	9'895	1'557		848	558		
M2 uh Wöstebach							4													
Menden		116	85		20	28	41	24	59	86	92	80	441	34	61	12	26	18	10	6
Mülheim-Kahlenberg		337	17		21	51	66	30	111	88	76	663	413	139	112	18	45	26	6	9
Opladen		86	10		84	19	27	4	37	18	13	481	86	51	45	12	17	20	26	10
PEGEL HOHENLIMBURG		41		15	0	15	11	14	87	12	24	110	192	71	33	10	6	6	0	4
Pegel Porta	0	824			0	58	277		405	62		1'839	2'493	380	310		67	125		
Pegel Weilerswist							3													
R.Arm uh Amelunxen							4													
Sf1 vor Vechte/ mün1010 - EU		0	1	1		1	4	0	2	5	0		0	0	3	1	2	2		1
Str-Br in Au		54	3			14	25	4	85	7	68	84	165	41	57	6	11	23		6
Stuerzelberg		4'749				0	857		2'021		0	9'432	7'602	4'456	1'285		830	818		
UH HARKORTSEE		103				0	53	0	0			192	150	56	0		0	0		0
UH HATTINGEN		132	0	8		56	57	5	224	11	48	464	231	165	147		44	49		
uh KA Bad Oeynhausen		206	17			53	74	30	126	11	32	1'542	216	10	187	18	61	62		16
uh KA Kirchlengern		12	0			3	5	4	17	1	0	34	8	0	14	0	3	7		0
uh KA Warburg		0				0	9	0	0		0		0	0	0			0		0
uh Mdg Rotbach							9													
uh Mutzbach oh. Mdg in Wupper		2				0	1		2	0		2	0		1	0	0	1		
uh. Freibad (NL)		16	1			4	3	2	5	1	0	5	6	5	5	1	1	2		1
V MDG I D RUHR		8	5	3	0	11	8	4	25	6	23	20	42	0	18	6	7	4	0	2
v Mdg in Werre (hf)		15	1			5	28	2	15	0	6	21	44	0	14	2	2	6		0
V2, vor Mdg i d Steinfurter Aa			1	0		2	2	1	4	5	0				7	0	2	1		0
Vlodrop(=Z 3)		106	21	16		16	37	13	54	22	12	61	90	76	62	8	21	14		7
vor Mdg der Wörmke							8													
vor Mdg in die Lippe		0					1		0				0					0		
vor Mdg in Ems		19	0			1	4	1	5	0	0	5	7	0	6	1	1	2		0
W2 uh Havichhorster Mühle/uh KA MS-Han. EU			12			2	7	2	5	1	0				9	1	2	3		0
Wesel		256	15		0	48	57	10	113	14	107	775	272	4'506	108	65	40	31	0	12
WkSt Rhein-Nord Kleve-Bimmen		4'621	0		2'181	561	1'000	0	2'688	0	3'348	10'298	12'812	5'721	1'754	0	890	625	3'146	
WkSt Süd/Bad Honnef		3'554	0		4'125	481	904		1'647	0		9'877	6'022	4'177	1'378		625	453	5'662	

Mittelwert der Konzentrationen an den Validierungsmessstellen (µg/Liter), normiert auf MNQ

Mittelwert von Stofffracht (kg/Jahr)	Stoffname																			
Messstelle	5,6-Dimethyl-benzotriazol	Amidotrizoe-saeure	Atenolol	Azithromycin	Benzotriazol	Bezafibrat	Carbamazepin	Clarithromycin	Diclofenac	Erythromycin	Ibuprofen	Iomeprol	Iopamidol	Iopromid	Metoprolol	Naproxen	Sotalol	Sulfa-methoxazol	Summe 4- und 5-Methylbenzotria zol	Trimethoprim
(A 50) vor Mdg. in die Lippe							0.24													
(L 14) in Lippborg		0.64		0.10	0.39	0.10	0.24	0.11	0.23	0.68	0.06	0.62	1.08	0.51	0.25		0.23	0.10	0.39	
(M 75) vor Mdg. in die Ruhr					0.19		0.24												0.24	
AM PEGEL HASPE							0.45													
AN DER LANDESGRENZE		2.05	0.28	0.23		0.36	0.62	0.27	1.17	0.19	1.31	0.79	5.15		1.71	0.33	0.28	0.42		0.20
Bad Godesberg		0.71				0.05	0.11		0.17		0.41	0.58	0.61	0.26	0.11	0.07	0.08	0.06		
BEI KLEIN-VERNICH																				
Düsseldorf-Flehe		0.47	0.04		0.70	0.05	0.11		0.12	0.52	0.10	0.69	0.67	0.28	0.13	0.07	0.07	0.06	0.84	
E 17a bei Einen - EU		0.97		0.42	2.94	0.25	0.62	0.33	0.77	0.60	0.18	2.80	2.35		1.18	0.12	0.38	0.26	4.82	0.16
E 1a uh KA Rheine-Nord - EU		2.16	0.17	0.52	5.98	0.25	0.70	0.33	0.93	0.50	0.53	0.68	5.12	5.12	1.77	0.23	0.52	0.47	3.25	0.21
Emscher-Mündung																				
Eppinghoven		0.33	0.04			0.05	0.10	0.03	0.13		0.04	0.16	0.28	0.10	0.13	0.03	0.07	0.06		0.03
Fröndenberg		0.57	0.06		0.91	0.11	0.15	0.11	0.23	0.21	0.37	0.81	1.12	0.36	0.29	0.08	0.16	0.10	1.05	0.06
Hattingen		1.23	0.09		1.07	0.15	0.23	0.04	0.21		0.37	2.73	1.19	1.18	0.39		0.20	0.11	1.02	0.06
in Schötmar		0.82				0.11	0.33	0.14	0.36	0.14	0.08	0.21	0.38		0.57		0.20	0.14		
in Troisdorf; Str-Br		1.46				0.23	0.35	0.05	0.58			0.34	2.66	0.19	0.61		0.60	0.21		0.05
Kohlfurther Brücke			0.06			0.16	0.30	0.08	0.40	0.06					0.58	0.09	0.20	0.18		0.08
Lobith		0.66	0.04			0.07	0.14		0.12			1.15	0.75	0.60	0.16		0.09	0.08		
M2 uh Wöstebach							3.10													
Menden		1.24	0.53		1.70	0.23	0.45	0.24	0.45	0.32	0.65	0.63	3.82	0.30	0.56	0.19	0.25	0.22	1.93	0.08
Mülheim-Kahlenberg		1.09	0.07		1.22	0.15	0.24	0.09	0.25	0.14	0.18	1.83	1.38	0.40	0.44	0.12	0.19	0.15	1.09	0.06
Opladen		1.40	0.12		2.20	0.20	0.38	0.09	0.49	0.12	0.24	2.57	0.94	0.33	0.66	0.10	0.29	0.27	1.71	0.11
PEGEL HOHENLIMBURG		0.58		0.11	0.81	0.10	0.15	0.08	0.25	0.12	0.13	0.80	0.99	0.61	0.29	0.10	0.10	0.06	0.66	0.05
Pegel Porta	1	0.78			0.61	0.08	0.21		0.22	0.13		1.00	1.33	0.27	0.22		0.10	0.11		
Pegel Weilerswist							1.29													
R.Arm uh Amelunxen							0.12													
Sf1 vor Vechte/ mün1010 - EU		0.16	0.28	0.47		0.37	1.04	0.37	1.00	1.27	0.31		4.44	0.07	1.66	0.20	0.69	0.69		0.36
Str-Br in Au		1.99	0.16			0.22	0.66	0.10	0.93	0.09	0.77	1.89	3.24	0.82	1.19	0.14	0.24	0.37		0.11
Stuerzelberg		0.45				0.05	0.12		0.13		0.32	0.70	0.57	0.31	0.12		0.08	0.08		
UH HARKORTSEE		0.64				0.07	0.26	0.05	0.08			0.95	0.91	0.34	0.15		0.08	0.09		0.03
UH HATTINGEN		0.84	0.04	0.05		0.12	0.28	0.04	0.29	0.15	0.12	1.38	1.01	0.43	0.42		0.16	0.15		
uh KA Bad Oeynhausen		2.46	0.15			0.37	1.07	0.23	1.17	0.10	0.34	10.12	1.64	0.18	2.07	0.20	0.89	0.66		0.17
uh KA Kirchlengern		0.69	0.06			0.20	0.44	0.17	0.97	0.10	0.05	1.83	0.78	0.10	1.19	0.08	0.30	0.38		0.09
uh KA Warburg																				
uh Mdg Rotbach							0.79													
uh Mutzbach oh. Mdg in Wupper		0.66				0.04	0.10		0.16	0.05		0.18	0.13		0.15	0.05	0.06	0.06		
uh. Freibad (NL)		1.40	0.07			0.17	0.31	0.13	0.33	0.10	0.12	0.30	0.67	0.23	0.54	0.07	0.13	0.16		0.06
V MDG I D RUHR		0.90	0.30	0.18	3.07	0.70	0.67	0.25	1.27	0.40	1.37	1.43	1.73	0.36	1.77	0.35	0.67	0.41	5.74	0.24
v Mdg in Werre (hf)		1.28	0.06			0.29	1.17	0.11	0.99	0.02	0.54	1.60	2.03	0.22	1.67	0.13	0.30	0.54		0.12
V2, vor Mdg i d Steinfurter Aa			0.26	0.57		0.33	0.51	0.39	0.70	1.71	0.28				0.93	0.28	0.45	0.29		0.34
Vlodrop(=Z 3)		0.25	0.04	0.04		0.03	0.07	0.04	0.09	0.04	0.03	0.10	0.21	0.12	0.12	0.02	0.04	0.03		0.02
vor Mdg der Wörmke							0.22													
vor Mdg in die Lippe		0.25					0.14		0.13				0.35					0.14		
vor Mdg in Ems		3.16	0.11			0.32	0.73	0.13	0.87	0.08	0.17	0.71	1.59	0.31	1.49	0.15	0.26	0.29		0.11
W2 uh Havichhorster Mühle/uh KA MS-Han. EU			0.85			0.12	0.45	0.25	0.33	0.14	0.28				0.80	0.10	0.16	0.26		0.05
Wesel		1.14	0.07		1.00	0.15	0.25	0.05	0.35	0.05	0.15	1.84	0.91	4.06	0.50	0.10	0.22	0.16	1.50	0.06
WkSt Rhein-Nord Kleve-Bimmen		0.44	0.04		0.82	0.07	0.12	0.08	0.13	0.12	0.16	0.75	0.55	0.34	0.14	0.06	0.08	0.07	1.02	
WkSt Süd/Bad Honnef		0.37	0.07		0.80	0.05	0.11		0.12	0.21		0.65	0.48	0.32	0.12		0.07	0.07	0.93	

ANHANG 4:
FESTLEGUNG DER QUALITÄTSZIELE MIT BLICK AUF DIE ÖKOLOGISCHE / ÖKOTOXIKOLOGISCHE GEWÄSSERGÜTE

Festlegung der Qualitätsziele mit Blick auf die ökologische / ökotoxikologische Gewässergüte:

1. Es gelten die Umweltqualitätsnormen gemäss Oberflächengewässerverordnung (OGewV) und Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), die gemäss Umweltqualitätsnorm (UQN)-Richtlinie für das Schutzgut aquatische Lebensgemeinschaften ökotoxikologisch abgeleitet sind.

Falls diese nicht vorhanden sind:

2. Ersatzweise gelten die auf EU-Ebene bzw. in Deutschland. konsentierten UQN-Vorschläge der EU-Kommission des Umweltbundesamtes (UBA) oder des Expertenkreises Stoffe der Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Für weitere Stoffe gilt ergänzend die Bewertung des Oekotoxzentrums (CH).

Falls diese nicht vorhanden sind:

3a) Für die Arzneistoffe, zu denen dennoch kein ökotoxikologisch abgeleitetes Qualitätsziel vorliegt, wird pauschal der Wert 0,1 µg/L für die gewässerseitige Bewertung festgelegt (ökologischer/ökotoxikologischer Präventivwert, ähnlich wie für andere biologisch Wirkstoffe z.B. PBSM). Dieser Wert steht im Einklang mit den generellen Anforderungswerten aus dem Rhein, Donau, Maas-Memorandum 2008 und dem GOW-Konzept des UBA.

3b) Für Industriechemikalien und sonstige anthropogene Spurenstoffe (außer Arzneistoffe, Biozide, PBSM), zu denen noch kein ökotoxikologisch abgeleitetes Qualitätsziel vorliegt, wird pauschal auf 10 µg/L begrenzt (ökologischer/ökotoxikologischer Präventivwert!).

Falls dieser vorhanden ist, aber > 10 µg/L:

Für Arzneistoffe inkl. Röntgenkontrastmittel (iRKM), zu denen ein ökotoxikologisch abgeleitetes Qualitätsziel vorliegt, das größer ist als 10 µg/L, wird das ökotoxikologisches. Qualitätsziel auf 10 µg/L begrenzt (Präventivwert.)

Für Industriechemikalien (auch Süßstoffe o.ä.) wird ebenfalls auf 10 µg/L begrenzt (Präventivwert).

Festlegung der Qualitätsziele in Einzugsgebieten von Trinkwassergewinnungsanlagen:

Arzneistoffe inkl. Röntgenkontrastmittel (RKM):

Grundsätzlich gilt der allgemeine Vorsorgewert (VWa) von 0,1 µg/L (gemäß UBA, 2011). Es sei denn, ein niedrigerer gesundheitlicher Orientierungswert (GOW) oder gesundheitlicher Leitwert (LW) <0,1 µg/L liegt vor, dann gilt der niedrigere Wert. Dabei ist ggf. die Summenbewertung in Anlehnung an TRGS 403 vorzunehmen (Quotientensummenregel für die Bewertung von gleichzeitig anwesenden Stoffen aus Gruppen mit ähnlicher Wirkung).

Liegt ein ökotoxikologisch abgeleitetes, wirkungsbasiertes Qualitätsziel vor, das niedriger ist als der VWa oder GOW, wird das niedrigere Qualitätsziel verwendet.

Industriechemikalien und andere anthropogene, synthetische Spurenstoffe (z.B. auch Süßstoffe):

Es gilt der toxikologisch abgeleiteter LW (gemäß WHO 1998, UBA 2001), maximal jedoch 10 µg/L (VWs). (Grund für VWs: allg., auch ästhet. Reinheitsanforderung für Trinkwasser u Ressourcen).

Wenn kein toxikologisch abgeleiteter Wert vorhanden ist kommt es zur Anwendung des GOW-Prinzips gemäß UBA 2003 oder QSAR (in der Regel 0,01 bis maximal 10 µg/L).

Wenn noch keine Einstufung vorliegt, wird der GOW1 (VWa) 0,1 µg/L verwendet.

Liegt ein ökotoxikologisch abgeleitetes, wirkungsbasiertes Qualitätsziel vor, das niedriger ist als der VWa oder GOW, wird das niedrigere Qualitätsziel verwendet.

Risikoquotienten werden nur aus den wirkungsbasierten Qualitätszielen gebildet. Bei Präventivwerten oder trinkwasserspezifischen Vorsorgewerten werden keine Risikoquotienten dargestellt – es erfolgt nur ein Vergleich. Werte, die über dem PV oder VW liegen, werden als Überschreitungen dargestellt.

ANHANG 5:
MODELLIERTE KONZENTRATIONEN (IST-ZUSTAND)

KA_NUMMER	Kläranlagen-/GUES-Name	Vorfluter	angeschl. Einwohner	RWQ (L/s) (korrigiert mit Abwassermenge, falls ZAbwasser > RWQ) (L/s)	Benzotriazol [µg/L]	Carbamazepin [µg/L]	Clarithromycin [µg/L]	Diclofenac [µg/L]	Metoprolol [µg/L]	Sotalol [µg/L]	Sulfamethoxazol [µg/L]
1	Aachen-Soers	Wurm	994'250	1'135	6.85	0.62	0.25	0.73	1.44	0.43	0.52
2	Eilendorf	Haarbach	29'453	181	7.32	0.51	0.21	0.60	1.19	0.36	0.43
3	Aachen-Horbach	Arnefelbach	15'755	75	9.48	0.66	0.27	0.78	1.54	0.46	0.56
6	Aachen-Süd	Inde	22'930	160	9.20	0.64	0.26	0.76	1.49	0.45	0.55
7	Alsdorf-Broichtal	Broicher Bach	15'557	140	13.60	0.95	0.39	1.12	2.21	0.67	0.81
8	Bettendorf	Freialdenhovener Fließ	24'924	49	22.90	1.59	0.65	1.88	3.70	1.12	1.35
9	Setterich	Geneiniswaller Fließ	32'829	67	17.00	1.18	0.48	1.40	2.75	0.83	1.01
12	Eschweiler-Weisweiler-ZKA	Inde	67'470	129	9.86	0.69	0.28	0.81	1.60	0.48	0.58
13	Herzogenrath-Worm	Wurm	21'539	1'435	9.57	0.67	0.27	0.79	1.55	0.47	0.57
14	Steinbusch	Wurm	18'314	1'240	8.77	0.61	0.25	0.72	1.42	0.43	0.52
17	Konzen	Laufenbach	6'675	67	4.51	0.31	0.13	0.37	0.73	0.22	0.27
18	Monschau	Rur	4'461	313	6.62	0.46	0.19	0.55	1.07	0.32	0.39
19	Kalterherberg	Rur	2'432	201	4.57	0.32	0.13	0.38	0.74	0.22	0.27
20	Mulartshütte	Vichtbach	2'032	73	5.29	0.37	0.15	0.44	0.86	0.26	0.31
21	Roetgen	Vichtbach	6'601	40	7.38	0.51	0.21	0.61	1.20	0.36	0.44
22	Einruhr	Rur	1'399	1'432	1.49	0.10	0.04	0.12	0.24	0.07	0.09
25	Wüstebach	Rur	2'863	5'872	0.39	0.03	0.01	0.03	0.06	0.02	0.02
26	Simmerath	Kall	11'151	51	9.76	0.68	0.28	0.81	1.59	0.48	0.58
28	Steinfurt	Inde	51'234	484	8.60	0.60	0.24	0.71	1.40	0.42	0.51
31	Würselen-Euchen	Euchener Bach	26'748	48	24.99	1.74	0.71	2.06	4.06	1.22	1.48
33	Aldenhoven	Merzbach	8'551	77	4.99	0.35	0.14	0.41	0.81	0.24	0.30
35	Düren	Rur	123'364	6'924	1.57	0.11	0.04	0.13	0.25	0.08	0.09
36	Heimbach	Rur	2'306	6'215	0.73	0.05	0.02	0.06	0.12	0.04	0.04
37	Hausen-Blens	Rur	535	6'175	0.74	0.05	0.02	0.06	0.12	0.04	0.04
41	Hürtgenwald-Gey	Birgeler Bach	3'243	14	10.18	0.71	0.29	0.84	1.65	0.50	0.60
44	Schophoven	Rur	990	6'144	1.81	0.13	0.05	0.15	0.29	0.09	0.11
45	Jülich	Rur	29'599	8'547	2.35	0.16	0.07	0.19	0.38	0.12	0.14
54	Langerwehe	Wehebach	10'020	103	4.36	0.30	0.12	0.36	0.71	0.21	0.26
58	Linnich	Rur	13'988	9'516	2.38	0.17	0.07	0.20	0.39	0.12	0.14
63	Schmidt	Sellerbach	3'191	18	8.19	0.57	0.23	0.68	1.33	0.40	0.49
64	Nideggen-Embken	Nettelbach	3'834	30	5.77	0.40	0.16	0.48	0.94	0.28	0.34
65	Kreuzhausen	Rur	4'760	7'150	1.54	0.11	0.04	0.13	0.25	0.08	0.09
66	Hambach	Ellebach	9'853	38	12.33	0.86	0.35	1.02	2.00	0.60	0.73
70	Noervenich	Nettelbach	11'541	156	8.03	0.56	0.23	0.66	1.30	0.39	0.48
72	Wissenheim	Wissenheimer Fließ	2'466	11	9.75	0.68	0.28	0.80	1.58	0.48	0.58
73	Hompesch	Malefinkbach	8'460	86	3.37	0.23	0.10	0.28	0.55	0.17	0.20
74	Roedingen	Finkelbach	2'038	48	1.92	0.13	0.05	0.16	0.31	0.09	0.11
75	Vettweiss	Merzheimer Graben	2'260	21	4.83	0.34	0.14	0.40	0.78	0.24	0.29
77	Froitzheim	Ellemeistergraben	986	19	2.28	0.16	0.06	0.19	0.37	0.11	0.14
78	Soter (1)	Kettenheimer Graben	938	2	19.36	1.35	0.55	1.60	3.14	0.95	1.15
79	Bad Münstereifel-Kirspen Mü	Erft	11'456	115	5.01	0.35	0.14	0.41	0.81	0.25	0.30
80	Nöthen-Glasdorf	Nöthener Bach	760	29	1.19	0.08	0.03	0.10	0.19	0.06	0.07
95	Wald	Effelsberger Bach	1'367	3	19.43	1.35	0.55	1.60	3.15	0.95	1.15
96	Blankenheim	Ahr	3'299	23	6.44	0.45	0.18	0.53	1.05	0.32	0.38
97	Freilingen	Mühlenbach	1'261	18	3.21	0.22	0.09	0.26	0.52	0.16	0.19
98	Alendorf	Altbach	463	190	0.11	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01
99	Ahrhütte	Ahr	947	409	0.82	0.06	0.02	0.07	0.13	0.04	0.05
100	Reetz	Reetzer Bach	388	2	10.37	0.72	0.29	0.86	1.68	0.51	0.61
101	Huangerdorf	Borbach	935	4	9.43	0.66	0.27	0.78	1.53	0.46	0.56
102	Nonnenbach	Nonnenbach	92	6	0.65	0.05	0.02	0.05	0.11	0.03	0.04
103	Rohr	Arnulfsbach	525	81	0.29	0.02	0.01	0.02	0.05	0.01	0.02
104	Waldorf-Alendorf	Schaafbach	537	1	19.47	1.36	0.55	1.61	3.16	0.96	1.15
106	Kronenburg	Kyll	2'423	90	1.20	0.08	0.03	0.10	0.20	0.06	0.07
107	Dahlem	Glaadtbach	3'000	30	4.56	0.32	0.13	0.38	0.74	0.22	0.27
108	Kesseirich	Erft	64'627	388	10.25	0.71	0.29	0.85	1.66	0.50	0.61
112	Kall	Urft	7'136	58	7.31	0.51	0.21	0.60	1.19	0.36	0.43
118	Mechernich-Glehn	Rotbach	2'266	21	4.87	0.34	0.14	0.40	0.79	0.24	0.29
119	Mechernich	Veybach	11'242	249	2.03	0.14	0.06	0.17	0.33	0.10	0.12
121	Floisdorf	Bergbach	1'101	5	9.51	0.66	0.27	0.78	1.54	0.47	0.56
123	Marmagen	Gillesbach	2'082	15	6.06	0.42	0.17	0.50	0.98	0.30	0.36
124	Posch	Eschweiler Bach	584	13	2.02	0.14	0.06	0.17	0.33	0.10	0.12
127	Schleiden-Gemünd	Urft	6'701	904	2.38	0.17	0.07	0.20	0.39	0.12	0.14
128	Schleiden	Olef	15'200	745	1.52	0.11	0.04	0.13	0.25	0.07	0.09
129	Weiler-swist,Auf der Hochfahrt	Erft	15'999	419	11.20	0.78	0.32	0.92	1.82	0.55	0.66
130	Buesnenich	Vlattaner Bach	1'040	27	1.70	0.12	0.05	0.14	0.28	0.08	0.10
132	Dverschowen	Bleibach	1'082	68	8.69	0.60	0.24	0.71	1.39	0.42	0.51
133	Bessenich	Nettelbach	8'906	86	6.19	0.43	0.18	0.51	1.01	0.30	0.37
137	Erkelenz-Mitte	Beeckbach	36'196	88	18.24	1.27	0.52	1.50	2.96	0.89	1.08
142	Kuckhoven	Kückhover Fließ	2'600	5	23.35	1.63	0.66	1.93	3.79	1.14	1.38
144	Flahstraas	Wurm	28'298	1'883	9.29	0.65	0.26	0.77	1.51	0.45	0.55
146	Kirchhoven	Flutgraben	33'957	178	8.57	0.60	0.24	0.71	1.39	0.42	0.51
148	Dremmen (1)	Wurm	7'120	2'128	9.06	0.63	0.26	0.75	1.47	0.44	0.54
149	Hückelhoven-Ratheim	Mühlenbach Ratheim	38'596	88	20.18	1.40	0.57	1.66	3.28	0.99	1.20
153	Freienberg	Wurm	30'567	1'908	8.50	0.59	0.24	0.70	1.38	0.42	0.50
154	Haaren	Kitschbach	9'272	58	7.01	0.49	0.20	0.58	1.14	0.34	0.42
155	Wassenberg	Gesthaerbach	17'156								
158	Wegberg-Mitte	Schwalm	22'405	169	15.53	1.08	0.44	1.28	2.52	0.76	0.92
159	Arsbeck	Helpersteiner Bach	6'570	21	14.01	0.98	0.40	1.16	2.28	0.69	0.83
160	Houverath	Sahrbach	1'328	21	2.78	0.19	0.08	0.23	0.45	0.14	0.16
161	Obergartzem-Erzen	Bleibach	12'061	64	8.47	0.59	0.24	0.70	1.37	0.41	0.50
164	Buchholzbach	Buchholzbach	2'193	32	3.13	0.22	0.09	0.26	0.51	0.15	0.19
165	Urft-Nettersheim	Urft	6'769	49	8.09	0.56	0.23	0.67	1.31	0.40	0.48
166	Haus Gollheim	Rotbach	33	116	1.72	0.12	0.05	0.14	0.28	0.08	0.10
301	Bielefeld, Heepen	Wellbach	81'000	411	8.84	0.62	0.25	0.73	1.44	0.43	0.52
302	Bielefeld, Brake	Aa	160'000	1'184	10.06	0.70	0.29	0.83	1.63	0.49	0.60
309	Bielefeld, Sennestadt	Dalkebach	17'900	56	14.23	0.99	0.40	1.17	2.31	0.70	0.84
315	Gütersloh, Putzhagen	Dalkebach	80'000	317	14.48	1.01	0.41	1.19	2.35	0.71	0.86
316	Abwasserverband Obere Lutter	Lutter	73'000	249	13.18	0.92	0.37	1.09	2.14	0.65	0.78
319	Halle, Brandheide	Rheder Bach	7'294	33	9.79	0.68	0.28	0.81	1.59	0.48	0.58
321	Halle, Hörste	Ruthebach	1'261	6	8.85	0.62	0.25	0.73	1.44	0.43	0.52
322	Halle, Künsebeck	Künsebecker Bach	10'982	51	9.68	0.67	0.27	0.80	1.57	0.47	0.57
324	Hansewinkel	Aarooksbach	22'837	187	9.90	0.69	0.28	0.82	1.62	0.49	0.59

KA_NUMMER	Kläranlagen-/GUES-Name	Vorfluter	angeschl. Einwohner	MNQ (L/s) (korrigiert mit Abwassermenge, falls ΣAbwasser > MNQ) (L/s)	Benzotriazol [µg/L]	Carbamazepin [µg/L]	Clarithromycin [µg/L]	Diclofenac [µg/L]	Metoprolol [µg/L]	Sotalol [µg/L]	Sulfa-methoxazol [µg/L]
326	Herzebrock	Ems	15'580	396	1.76	0.12	0.05	0.15	0.29	0.09	0.10
327	Langenberg	Forthbach	7'614	31	11.07	0.77	0.31	0.91	1.80	0.54	0.66
329	Rheda-Wiedenbrück, Rheda	Ems	46'977	392	11.43	0.80	0.32	0.94	1.86	0.56	0.68
333	Rietberg	Ems	30'332	270	7.51	0.52	0.21	0.62	1.22	0.37	0.45
334	Schloß Holte-Stukenbrock	Wapelbach	22'700	57	11.74	0.82	0.33	0.97	1.91	0.57	0.70
335	Steinhagen	Abrookesbach	17'900	82	9.83	0.68	0.28	0.81	1.60	0.48	0.58
337	Verl-West	Alter Ölbach	21'900	132	7.46	0.52	0.21	0.61	1.21	0.37	0.44
338	Verl, Sende	Landerbach	16'600	101	7.38	0.51	0.21	0.61	1.20	0.36	0.44
339	Versmold	N.N.	21'799								
346	Werther, Arrode-Schwarzbach	Schwarzbach	5'800	33	7.95	0.55	0.23	0.66	1.29	0.39	0.47
347	Werther, Warmenau	Warmenau	4'750	28	7.79	0.54	0.22	0.64	1.26	0.38	0.46
348	Werther, Theenhausen	Holzbach	800	5	6.84	0.48	0.19	0.56	1.11	0.34	0.41
349	Bad Driburg, Herste	Aa	22'229	179	5.59	0.39	0.16	0.46	0.91	0.27	0.33
352	Beverungen, Dalhausen	Bever	3'200	100	2.41	0.17	0.07	0.20	0.39	0.12	0.14
353	Beverungen, Osterfeld	4	14'300	44'693	1.99	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12
354	Borgentreich, Borgholz	Jordan	2'187	38	2.82	0.20	0.08	0.23	0.46	0.14	0.17
358	Borgentreich, Alsleben	Aslar	1'850	15	5.72	0.40	0.16	0.47	0.93	0.28	0.34
359	Brakel, Brakeler Mönch	Bruchl	12'398	284	2.73	0.19	0.08	0.23	0.44	0.13	0.16
360	Brakel, Hembsen	Nethe	1'873	1'157	1.95	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12
363	Brakel, Bellersen	Bruchl	1'442	92	2.40	0.17	0.07	0.20	0.39	0.12	0.14
364	Höxter	4	18'850	46'602	1.99	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12
366	Höxter, Ottbergen	Nethe	2'265	1'422	1.66	0.12	0.05	0.14	0.27	0.08	0.10
368	Marienmünster, Löwendorf-Saumer	Saumer Bach	250	3	4.07	0.28	0.12	0.34	0.66	0.20	0.24
369	Marienmünster, Würdem	Bruchl	3'450	26	6.00	0.42	0.17	0.49	0.97	0.29	0.36
370	Marienmünster, Bredenborn	Bebertbach	1'520	20	3.40	0.24	0.10	0.28	0.55	0.17	0.20
371	Nieheim, Sommersell	Kleinenbredener Bach	920	43	0.96	0.07	0.03	0.08	0.16	0.05	0.06
372	Nieheim	Emmer	6'970	380	1.00	0.07	0.03	0.09	0.16	0.05	0.06
374	Steinheim	Emmer	14'451	610	1.69	0.12	0.05	0.14	0.27	0.08	0.10
375	Warburg	Diemel	22'518	3'228	1.72	0.12	0.05	0.14	0.28	0.08	0.10
381	Warburg, Daseburg -NEU-	Eggel	6'771	116	2.62	0.18	0.07	0.22	0.43	0.13	0.16
383	Willebadessen	Nethe	3'026	177	0.77	0.05	0.02	0.06	0.12	0.04	0.05
384	Willebadessen, Nieson	Nethe	5'827	305	1.30	0.09	0.04	0.11	0.21	0.06	0.08
385	Altenbeken, Schwaney	Eilertbach	4'076	69	2.67	0.19	0.08	0.22	0.43	0.13	0.16
387	Altenbeken	Beke	5'177	333	0.70	0.05	0.02	0.06	0.11	0.03	0.04
388	Bad Lippspringe	Lippe	15'581	390	1.79	0.12	0.05	0.15	0.29	0.09	0.11
390	Borchen, Etteln	Alterau	1'683	73	10.55	0.73	0.30	0.87	1.71	0.52	0.63
391	Borchen, Nordborchen	Lohme	10'933								
392	Buren-Nord	Alme	18'000	992	1.43	0.10	0.04	0.12	0.23	0.07	0.08
393	Buren, Steinhausen	Osterschledde	3'800	10	16.50	1.18	0.48	1.39	2.74	0.83	1.00
394	Buren, Weweisburg	Alme	5'100	148	11.10	0.77	0.31	0.92	1.80	0.54	0.66
395	Delbrück-Kernstadt	Glenne	23'333	245	4.28	0.30	0.12	0.35	0.68	0.21	0.25
396	Hasselhof	Ems	14'756	75	8.83	0.61	0.25	0.73	1.43	0.43	0.52
397	Lichtenau, Blankenrode	Alterau	157	7	0.99	0.07	0.03	0.08	0.16	0.05	0.06
398	Lichtenau, Holtheim	Holtheimer Bach	944	4	9.46	0.66	0.27	0.78	1.54	0.46	0.56
399	Lichtenau, Grundsteinheim	Sauer	6'039	107	2.70	0.19	0.08	0.22	0.44	0.13	0.16
400	Lichtenau, Kleinenberg	Bach von Kleinenberg	1'365	43	1.42	0.10	0.04	0.12	0.23	0.07	0.08
401	Lichtenau, Altenautal	Alterau	4'138	54	9.72	0.68	0.28	0.80	1.58	0.48	0.58
403	Paderborn, Dahl	Eilertbach	2'828	112	2.77	0.19	0.08	0.23	0.45	0.14	0.16
404	Paderborn, Sande	Lippe	149'000	1'190	9.60	0.67	0.27	0.79	1.56	0.47	0.57
406	Salzkotten, Verne	Heder	19'700	1'123	0.79	0.05	0.02	0.06	0.13	0.04	0.05
407	Salzkotten, Hengelsberg	Alme	4'050	167	10.91	0.76	0.31	0.90	1.77	0.53	0.65
409	Bad Wünnenberg, Haaren	Alterau	3'800	59	10.06	0.70	0.29	0.83	1.64	0.49	0.60
410	Bad Wünnenberg -Neu-	Afte	7'600	247	1.61	0.11	0.05	0.13	0.26	0.08	0.10
411	Borgholzhausen, Im Radke	Hessel	6'373	41	6.91	0.48	0.20	0.57	1.12	0.34	0.41
601	Düsseldorf-Süd	Rhein	320'450	956'966	1.77	0.12	0.05	0.15	0.29	0.09	0.11
602	Düsseldorf-Hubbelrath-Dorf	Hubbelrather Bach	436	3	6.71	0.47	0.19	0.55	1.09	0.33	0.40
603	Düsseldorf-Hubbelrath-Sauerweg	Koppelsbach	146	2	3.63	0.25	0.10	0.30	0.59	0.18	0.22
605	Solingen-Burg	Wupper	60'478	4'722	5.51	0.38	0.16	0.45	0.90	0.27	0.33
606	Solingen-Grüfrath	Itter	11'419	57	9.03	0.63	0.26	0.74	1.47	0.44	0.54
607	Solingen-Ohligs	Itter	85'585	360	12.11	0.84	0.34	1.00	1.97	0.59	0.72
608	Wuppertal-Buchenhofen	Wupper	300'166	3'628	5.12	0.36	0.15	0.42	0.83	0.25	0.30
609	Wuppertal-Kohlfurth	Wupper	105'362	3'706	6.15	0.43	0.17	0.51	1.00	0.30	0.36
610	Wuppertal-Schöller	Düssel	169	49	3.58	0.25	0.10	0.30	0.58	0.18	0.21
611	Erkrath-Hochdahl	Eselsbach	32'070	96	14.96	1.04	0.42	1.24	2.43	0.73	0.89
612	Haan-Gruiten	Düssel	5'259	78	5.30	0.37	0.15	0.44	0.86	0.26	0.31
613	Heiligenhaus-Abteiküche	Rinderbach	25'991	121	11.08	0.77	0.31	0.91	1.80	0.54	0.66
615	Heiligenhaus-Angertal	Anger	43'692	247	8.42	0.59	0.24	0.69	1.37	0.41	0.50
616	Hilden	Itter	65'588	558	13.09	0.91	0.37	1.08	2.13	0.64	0.78
617	Mettmann	Mettmanner Bach	31'208	147	9.54	0.66	0.27	0.79	1.56	0.47	0.57
618	Mettmann-Metzkausen	Krumbach	6'020	8	27.05	1.88	0.77	2.23	4.39	1.32	1.60
619	Mettmann-Obschwarzbach	Hasenhannengraben	1'544	3	24.96	1.74	0.71	2.06	4.05	1.22	1.48
620	Erkrath-Neandertal	Düssel	786	91	4.93	0.34	0.14	0.41	0.80	0.24	0.29
621	Monheim	Rhein	101'060	944'464	1.74	0.12	0.05	0.14	0.28	0.09	0.10
623	Ratingen-Breitscheid	Breitscheider Bach	5'933	45	5.87	0.41	0.17	0.48	0.95	0.29	0.35
624	Ratingen-Hösel-Bahnhof	Schlebrucher Bach	5'810	18	14.15	0.98	0.40	1.17	2.30	0.69	0.84
625	Ratingen-Hösel-Dickelsbach	Dickelsbach	2'340	24	4.47	0.31	0.13	0.37	0.73	0.22	0.26
627	Ratingen	Anger	60'450	418	11.52	0.80	0.33	0.95	1.87	0.56	0.68
628	Ratingen-Homberg-Süd	Schwerzbach	2'830	31	6.35	0.44	0.18	0.52	1.03	0.31	0.38
631	Velbert-Hespertal	Hesperbach	8'253	35	10.50	0.73	0.30	0.87	1.70	0.51	0.62
632	Velbert-Tönisheide	Eigener Bach	2'992	7	17.70	1.23	0.50	1.46	2.87	0.87	1.06
633	Wülfrath-Düssel	Düssel	3'380	32	5.31	0.37	0.15	0.44	0.86	0.26	0.31
634	Bergische Diakonie Aprath	Oberdüsseler Bach	375	2	6.94	0.48	0.20	0.57	1.13	0.34	0.41
901	Duisburg-Hochfeld	Anger	92'197	713	12.53	0.87	0.36	1.03	2.03	0.61	0.74
902	Duisburg-Vierlinden	Brusbach	23'308	52	26.14	1.40	0.67	1.99	3.27	0.99	1.19
903	Duisburg-Hochfeld	Rhein	53'923	956'956	1.82	0.13	0.05	0.15	0.30	0.09	0.11
904	Duisburg-Kaiserfeld	Ruhr	252'315	18'143	5.79	0.40	0.16	0.48	0.94	0.28	0.34
905	Emscherkläranlage	Emscher	908'188	10'820	8.41	0.58	0.24	0.69	1.37	0.41	0.50
906	Duisburg-Alte Emscher	Alte Emscher	239'083	1'973	6.42	0.45	0.18	0.53	1.04	0.31	0.38
909	Duisburg-Rheinhausen	Rhein	131'807	957'112	1.82	0.13	0.05	0.15	0.30	0.09	0.11
910	Moers-Gerdt	Rhein	113'482	986'310	1.87	0.13	0.05	0.15	0.30	0.09	0.11
911	Essen-Burgaltendorf	Ruhr	34'012	18'194	3.82	0.27	0.11	0.31	0.62	0.19	0.23
914	Essen-Kupferdreh	Ruhr	66'735	17'595	4.43	0.31	0.13	0.37	0.72	0.22	0.26

KA_NUMMER	Kläranlagen-IGUES-Name	Vorfluter	angeschl. Einwohner	MNQ (L/s) korrigiert mit Abwassermenge, falls ZAbwasser > MNQ) (L/s)	Benzotriazol [µg/L]	Carbamazepin [µg/L]	Clarithromycin [µg/L]	Diclofenac [µg/L]	Metoprolol [µg/L]	Sotalol [µg/L]	Sulfa-methoxazol [µg/L]
917	Essen-Kettwig	Ruhr	54'918	17'555	4.67	0.33	0.13	0.39	0.76	0.23	0.28
920	Dinslaken	Rotbach	59'250	455	5.85	0.41	0.17	0.48	0.95	0.29	0.35
921	Hamminkeln	Issel	20'625	103	11.94	0.83	0.34	0.98	1.94	0.58	0.71
922	Hamminkeln-Marienthal	Issel	524	34	8.92	0.62	0.25	0.74	1.45	0.44	0.53
923	Huenxe	Lippe	6'973	17'450	4.46	0.31	0.13	0.37	0.72	0.22	0.26
924	Hoenstgen	Hoenstgener Kendel	991	25	1.82	0.13	0.05	0.15	0.29	0.09	0.11
925	Kamp-Lintfort	Große Goorley	38'485	92	18.89	1.31	0.54	1.56	3.07	0.92	1.12
926	Rheinberg	Moersbach / Rheinberger Altrh	32'087	1'512	2.12	0.15	0.06	0.18	0.35	0.10	0.13
927	Schermbeck	Schermbecker Mühlenbach	12'556	45	16.11	1.12	0.46	1.33	2.62	0.79	0.96
928	Labbeck	Kalflack	668	38	1.17	0.08	0.03	0.10	0.19	0.06	0.07
929	Sonsbeck	Kervenheimer Mühlenflauth	5'300	18	14.44	1.00	0.41	1.19	2.34	0.71	0.86
930	Voerde	Mommbach	21'509	40	23.88	1.66	0.68	1.97	3.88	1.17	1.42
931	Wesel	Rhein	79'000	1'026'172	1.98	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12
932	Wesel-Bislich	Rhein	1'355	1'026'535	1.98	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12
933	Xanten-Vynen	Rhein	3'094	1'034'561	1.97	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12
934	Xanten-Lüttingen	Rhein	16'247	1'034'885	1.97	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12
940	Essen-Süd	Ruhr	121'514	17'560	4.26	0.30	0.12	0.35	0.69	0.21	0.25
1201	Bochum-Oelbachtal	Oelbach	161'979	829	9.86	0.69	0.28	0.81	1.60	0.48	0.58
1203	Dortmund-Scharnhorst	N.N.	110'963	496	10.87	0.76	0.31	0.90	1.76	0.53	0.64
1204	Dortmund-Deusen	Emscher	391'606	2'256	7.79	0.54	0.22	0.64	1.27	0.38	0.46
1205	Hagen Fley	Lenne	35'407	8'658	1.82	0.13	0.05	0.15	0.30	0.09	0.11
1206	Hagen Vorhalle	Ruhr	186'625	17'935	3.11	0.22	0.09	0.26	0.51	0.15	0.18
1208	Breckerfeld	Epscheider Bach	6'518	58	5.26	0.37	0.15	0.43	0.85	0.26	0.31
1210	Ennepetal Oberbauer	Dahlenbecke	1'523	7	9.72	0.68	0.28	0.80	1.58	0.46	0.56
1211	Ennepetal Rüggeberg	Heilenbecke	1'566	4	19.40	1.35	0.55	1.60	3.15	0.95	1.15
1213	Gevelsberg	Ennepe	67'123	601	5.25	0.37	0.15	0.43	0.85	0.26	0.31
1215	Am Werth in Oberstueter/Hattingen	Am Vogelbruch	128								
1216	Hattingen	Ruhr	75'004	18'998	3.58	0.25	0.10	0.30	0.58	0.18	0.21
1219	Schwelm	Schwelme	27'101	152	8.01	0.56	0.23	0.66	1.30	0.39	0.47
1222	Wetter-Albringhausen	Elbache	1'887	13	6.41	0.45	0.18	0.53	1.04	0.31	0.38
1224	Witten-Herbede	Ruhr	9'335	18'592	3.47	0.24	0.10	0.28	0.56	0.17	0.21
1225	Rahmedetal	Rahmede	30'372	207	6.58	0.46	0.19	0.54	1.07	0.32	0.39
1226	Altena	Lenne	21'618	7'550	1.67	0.12	0.05	0.14	0.27	0.08	0.10
1227	Balve	Hönne	11'943	173	5.74	0.40	0.16	0.47	0.93	0.28	0.34
1228	Balve Biesten	Hönne	2'288	243	4.51	0.31	0.13	0.37	0.73	0.22	0.27
1229	Herscheid Kesbert	Oester	84	10	0.38	0.03	0.01	0.03	0.06	0.02	0.02
1230	Hemer	Öse	37'347	365	4.59	0.32	0.13	0.38	0.75	0.23	0.27
1231	Herscheid Berghagen/Oberstuberg	Stuberger-Bach	68	0	6.64	0.46	0.19	0.55	1.08	0.33	0.39
1232	Herscheid Oberholte	Schwarze Ahe	42	0	3.90	0.27	0.11	0.32	0.63	0.19	0.23
1233	Herscheid Wellin	Solmbecke	48	0	5.39	0.38	0.15	0.44	0.88	0.26	0.32
1235	Herscheid	Ahe	4'661	38	6.24	0.43	0.18	0.51	1.01	0.31	0.37
1237	Iserlohn Baerbachtal	Baerbach	68'954	395	7.84	0.55	0.22	0.65	1.27	0.38	0.46
1238	Iserlohn Letmathe	Lenne	36'272	7'911	1.80	0.12	0.05	0.15	0.29	0.09	0.11
1239	Kierspe Bahnhof	Volme	6'057	135	7.10	0.49	0.20	0.59	1.15	0.35	0.42
1241	Lüdenscheid Schlittenbachtal	Schlittenbach	18'220	122	6.72	0.47	0.19	0.55	1.09	0.33	0.40
1243	Volmetal	Volme	29'765	344	6.95	0.46	0.19	0.55	1.08	0.33	0.39
1244	Meinerzhagen Windebruch	Bigge	2'262	784	1.35	0.09	0.04	0.11	0.22	0.07	0.08
1245	Meinerzhagen Valbert	Ihne	3'440	25	7.97	0.55	0.22	0.65	1.28	0.39	0.47
1246	Meinerzhagen	Volme	15'074	88	7.99	0.53	0.22	0.63	1.23	0.37	0.45
1247	Menden	Ruhr	70'045	8'694	2.09	0.15	0.06	0.17	0.34	0.10	0.12
1248	Neuenrade	Hönne	10'200	82	5.59	0.39	0.16	0.46	0.91	0.27	0.33
1250	Plettenberg	Lenne	28'614	6'620	1.28	0.09	0.04	0.11	0.21	0.06	0.08
1252	Schalksmühle	Volme	24'281	464	7.30	0.51	0.21	0.60	1.18	0.36	0.43
1254	Werdohl	Lenne	21'582	7'164	1.43	0.10	0.04	0.12	0.23	0.07	0.08
1255	Hagen-Boele	Lenne	35'762	8'936	1.95	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12
1256	Dortmund-Klusenberg	Ruhr	36	14'482	2.80	0.19	0.08	0.23	0.45	0.14	0.17
1257	Kierspe Dünschein			165	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1258	Herdecke-Voßkuhle	Ende/bach	38	12	0.15	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01
1502	Bottrop	Emscher	126'785	6'563	7.85	0.55	0.22	0.63	1.24	0.37	0.45
1503	Gelsenkirchen-Pickermühlenbach	Pickermühlenbach	49'349	250	8.85	0.62	0.25	0.73	1.44	0.43	0.52
1506	Zentralkläranlage Ahaus	Ahauser Aa	37'477	115	14.56	1.01	0.41	1.20	2.37	0.71	0.86
1509	Bocholt-Mussum	Alte Aa	70'527	292	10.65	0.75	0.31	0.89	1.76	0.53	0.64
1512	Borken	Bocholter Aa	47'600	370	7.33	0.51	0.21	0.60	1.19	0.36	0.43
1513	Gescher-Hanack	Berkel	16'164	410	7.30	0.51	0.21	0.60	1.19	0.36	0.43
1515	Gronau	Dinkel	45'300	350	7.99	0.56	0.23	0.66	1.30	0.39	0.47
1516	Heek	Dinkel	7'681	155	4.91	0.34	0.14	0.40	0.80	0.24	0.29
1517	Heiden	Dorfbach	7'511	28	12.76	0.89	0.36	1.05	2.08	0.63	0.76
1518	Isselburg	Issel	11'312	432	11.36	0.79	0.32	0.94	1.84	0.56	0.67
1521	Legden II	Dinkel	6'300	58	7.14	0.50	0.20	0.59	1.16	0.35	0.42
1522	Raesfeld	Lüchter Mühlenbach	6'317	33	8.56	0.60	0.24	0.71	1.39	0.42	0.51
1523	Raesfeld-Erle	Schermbecker Mühlenbach	3'419	7	20.69	1.45	0.59	1.72	3.39	1.02	1.24
1524	Rekum	Boombach	8'560	37	10.35	0.72	0.29	0.85	1.68	0.51	0.61
1525	Rekum Maria-Veen	N.N.	3'137	11	12.37	0.86	0.35	1.02	2.01	0.61	0.73
1526	Rhede-Vardeighoft	Rheider Bach	294	30	0.45	0.03	0.01	0.04	0.07	0.02	0.03
1527	Rhede	Rheider Bach	17'213	71	11.07	0.77	0.31	0.91	1.80	0.54	0.66
1528	Schöppingen	Vechte	5'411	95	2.57	0.18	0.07	0.21	0.42	0.13	0.15
1530	Stadtlohn-Büren	N.N.	92	3	1.38	0.10	0.04	0.11	0.22	0.07	0.08
1531	Stadtlohn	Berkel	18'200	538	7.09	0.49	0.20	0.58	1.15	0.35	0.42
1532	Zentralkläranlage Südlohn	Schlinge	6'373	48	7.83	0.55	0.22	0.65	1.27	0.38	0.46
1533	Velen	Bocholter Aa	11'286	168	3.02	0.21	0.09	0.25	0.49	0.15	0.18
1536	Vreden	Berkel	20'781	612	7.76	0.54	0.22	0.64	1.26	0.38	0.46
1537	Dattelner-Mühlenbach	Dattelner Mühlenbach	64'661	527	5.53	0.39	0.16	0.46	0.90	0.27	0.33
1539	Dorsten	Hammbach	58'526	290	8.08	0.63	0.26	0.75	1.47	0.44	0.54
1542	Dorsten-Wulfen	Geckisbach(Mittellauf)	21'070	121	7.84	0.55	0.22	0.65	1.27	0.38	0.46
1545	Haltern-Hullern	Lippe	2'129	12'393	4.67	0.33	0.13	0.39	0.76	0.23	0.28
1547	Haltern-West	Lippe	35'565	13'894	4.82	0.34	0.14	0.40	0.78	0.24	0.29
1548	Haltern-Westerholt	Rapphofs Mühlenbach	25'117	103	10.90	0.76	0.31	0.90	1.77	0.53	0.65
1549	Marl-Ost	Sickingmühlenbach	30'829	166	13.06	0.91	0.37	1.08	2.12	0.64	0.77
1550	Marl-West	Weierbach	37'834	149	11.39	0.79	0.32	0.94	1.85	0.56	0.68
1551	Marl-Lankerbeck	Sickingmühlenbach	17'311	85	9.15	0.64	0.26	0.75	1.49	0.45	0.54
1553	Waltrop	Schwarzbach	28'606	154	8.34	0.58	0.24	0.69	1.35	0.41	0.49
1801	Bonn Bad Godesberg	Rhein	83'489	915'786	1.61	0.11	0.05	0.13	0.26	0.08	0.10

KA_NUMMER	Kläranlages-/GUES-Name	Vorfluter	angeschl. Einwohner	MNQ (L/s) (korrigiert mit Abwassermenge, falls ΣAbwasser > MNQ) (L/s)	Bezafibrat [µg/L]	Carbamazepin [µg/L]	Clarithromycin [µg/L]	Diclofenac [µg/L]	Metoprolol [µg/L]	Sotalol [µg/L]	Sulfa-methoxazol [µg/L]
1802	Bonn Duesdorf	Rhein	23'646	935'168	1.64	0.11	0.05	0.14	0.27	0.08	0.10
1803	Bonn Beuel	Rhein	58'744	916'006	1.61	0.11	0.05	0.13	0.26	0.08	0.10
1804	Bonn Salierweg	Rhein	170'040	916'026	1.62	0.11	0.05	0.13	0.26	0.08	0.10
1805	Köln Stammheim	Rhein	768'273	938'425	1.69	0.12	0.05	0.14	0.27	0.08	0.10
1806	Köln Rodenkirchen	Rhein	54'198	937'300	1.65	0.11	0.05	0.14	0.27	0.08	0.10
1807	Köln Langel	Rhein	68'573	938'964	1.73	0.12	0.05	0.14	0.28	0.08	0.10
1808	Köln Westen	Kölner-Randkanal	49'090	148	14.91	1.04	0.42	1.23	2.42	0.73	0.88
1809	Köln Wahn	Rhein	63'817	937'157	1.65	0.11	0.05	0.14	0.27	0.08	0.10
1810	Bedburg Kaster	Erft	44'176	9'276	2.08	0.14	0.06	0.17	0.34	0.10	0.12
1812	Bergheim Auenheim	Gillbach	15'993	33	21.09	1.47	0.60	1.74	3.42	1.03	1.25
1815	Bergheim Giesen	Pulheimer Bach	7'025	25	12.38	0.86	0.35	1.02	2.01	0.61	0.73
1817	Bergheim Kenten	Erft	92'949	1'371	12.14	0.84	0.34	1.00	1.97	0.59	0.72
1818	Brühl	Palmersdorfer Bach	44'690	140	14.37	1.00	0.41	1.18	2.33	0.70	0.85
1819	Elsdorf Niederembt	Finkelbach	2'443	56	3.62	0.25	0.10	0.30	0.59	0.18	0.21
1820	Elsdorf	Elsdorfer Fließ	11'288	34	14.86	1.03	0.42	1.23	2.41	0.73	0.88
1821	Erftstadt	Erft	48'735	1'001	11.09	0.77	0.31	0.91	1.80	0.54	0.66
1822	Frechen	Frechener Bach	35'452	134	11.88	0.83	0.34	0.98	1.93	0.58	0.70
1824	Hürth	Südlicher Randkanal	55'000	211	11.70	0.81	0.33	0.96	1.90	0.57	0.69
1825	Pulheim	Kölner-Randkanal	53'000	663	13.51	0.94	0.38	1.11	2.19	0.66	0.80
1826	Wesseling	Rhein	32'333	935'643	1.64	0.11	0.05	0.14	0.27	0.08	0.10
1827	Wesseling Urfeld	Rhein	4'031	935'545	1.64	0.11	0.05	0.14	0.27	0.08	0.10
1828	Bergneustadt Schönenthal	Dörspe	15'928	187	3.83	0.27	0.11	0.32	0.62	0.19	0.23
1829	Engelskirchen Ründeroth	Agger	8'847	1'044	5.23	0.36	0.15	0.43	0.85	0.26	0.31
1831	Engelskirchen	Agger	9'608	1'253	5.21	0.36	0.15	0.43	0.85	0.26	0.31
1832	Engelskirchen Bickenbach	Leppe	14'302	140	4.59	0.32	0.13	0.38	0.74	0.22	0.27
1833	Gummersbach Rospe	Rospebach	18'463	131	5.63	0.39	0.16	0.46	0.91	0.28	0.33
1834	Gummersbach Krummenohl	Agger	28'850	479	4.54	0.32	0.13	0.37	0.74	0.22	0.27
1835	Gummersbach Brunohl	Agger	10'859	708	4.81	0.33	0.14	0.40	0.78	0.24	0.28
1836	Hückeswagen	Wupper	33'693	1'166	1.62	0.11	0.05	0.13	0.26	0.08	0.10
1838	Lindlar	Lennefe	8'138	62	6.63	0.46	0.19	0.55	1.08	0.32	0.39
1839	Lindlar Bruch	Sülz	4'452	187	1.07	0.07	0.03	0.09	0.17	0.05	0.06
1840	Marienheide	Wupper	9'272	150	2.77	0.19	0.08	0.23	0.45	0.14	0.16
1843	Morsbach Volperhausen	Wisserbach	8'708	157	2.48	0.17	0.07	0.21	0.40	0.12	0.15
1845	Morsbach Holpe	Holperbach	2'099	32	2.96	0.21	0.08	0.24	0.48	0.14	0.18
1846	Nümbrecht Homburg-Bröl	Bröl	18'910	136	6.25	0.44	0.18	0.52	1.02	0.31	0.37
1847	Radevormwald	Wupper	43'795	1'640	2.37	0.17	0.07	0.20	0.39	0.12	0.14
1853	Reichshof Brückermühle	Wiehl	6'804	187	2.83	0.20	0.08	0.23	0.46	0.14	0.17
1854	Reichshof Eckenhagen	Steinagger	2'704	29	4.19	0.29	0.12	0.35	0.68	0.21	0.25
1855	Reichshof Ufersmühle	Wiehl	4'075	45	4.92	0.34	0.14	0.41	0.80	0.24	0.29
1857	Waldbröl Brelzingen	Waldbröl/bach	9'850	50	8.85	0.62	0.25	0.73	1.44	0.43	0.52
1858	Wiehl	Wiehl	12'962	269	4.14	0.29	0.12	0.34	0.67	0.20	0.25
1859	Wiehl Weiershagen	Wiehl	12'163	345	4.80	0.33	0.14	0.40	0.79	0.23	0.28
1861	Bergisch-Gladbach	Rechtsrheinischer Kölner Rand	103'612	576'200	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1864	Kürten Dünscheid	Dünschbach	0'838	45	9.82	0.68	0.28	0.81	1.59	0.48	0.58
1867	Kürten	Kürtener Sülz	11'010	247	2.00	0.14	0.06	0.17	0.32	0.10	0.12
1869	Odenthal Osenau	Dhünn	11'300	584	2.15	0.15	0.06	0.18	0.35	0.11	0.13
1870	Overath	Agger	13'906	1'351	5.30	0.37	0.15	0.44	0.86	0.26	0.31
1871	Overath Lehmbach	Sülz	17'020	834	2.78	0.19	0.08	0.23	0.45	0.14	0.16
1872	Rösrath	Sülz	25'563	914	3.79	0.26	0.11	0.31	0.62	0.19	0.22
1873	Wermelskirchen	Braunsberger Bach	13'850								
1875	Wermelskirchen Dhünn	Eifgenbach	3'037	51	2.69	0.19	0.08	0.22	0.44	0.13	0.16
1876	Bad Honnef Aegidienberg	Kochenbach	6'502	34	8.61	0.60	0.24	0.71	1.40	0.42	0.51
1877	Bad Honnef	Rhein	18'156	915'012	1.61	0.11	0.05	0.13	0.26	0.08	0.10
1878	Bornheim	Alfterer Bornheimer Bach	23'939	67	15.96	1.11	0.45	1.32	2.59	0.78	0.95
1879	Bornheim Sechtem	Mühlenbach	18'974	58	13.56	0.94	0.38	1.12	2.20	0.66	0.80
1880	Bornheim Hersel	Rhein	7'328	935'168	1.64	0.11	0.05	0.14	0.27	0.08	0.10
1881	Eitorf	Sieg	19'554	3'255	5.98	0.42	0.17	0.49	0.97	0.29	0.35
1882	Hennef	Sieg	44'382	3'981	6.08	0.42	0.17	0.50	0.99	0.30	0.36
1886	Hennef Greuelsiefen	Sieg	2'274	3'370	5.80	0.40	0.16	0.48	0.94	0.28	0.34
1888	Königswinter	Rhein	20'129	916'019	1.61	0.11	0.05	0.13	0.26	0.08	0.10
1891	Lohmar	Agger	6'552	2'262	5.47	0.38	0.15	0.45	0.89	0.27	0.32
1892	Lohmar Wahlscheid	Agger	9'099	1'367	5.53	0.38	0.16	0.46	0.90	0.27	0.33
1893	Lohmar Donrath	Agger	17'100	1'488	6.85	0.41	0.17	0.48	0.95	0.29	0.35
1896	Much	Wahnbach	7'614	36	9.43	0.66	0.27	0.78	1.53	0.46	0.56
1897	Much Hillesheim	Markelsbach	2'242	15	6.58	0.46	0.19	0.54	1.07	0.32	0.39
1901	N.-Seelscheid Seelscheid	Weingarbach	8'416	28	13.65	0.95	0.39	1.13	2.22	0.67	0.81
1902	N.-Seelscheid Neunkirchen	Bröl	9'838	538	4.74	0.33	0.13	0.39	0.77	0.23	0.28
1903	Niederkassel	Rhein	38'893	935'545	1.64	0.11	0.05	0.14	0.27	0.08	0.10
1904	Rheinbach	Wallbach	20'890	63	14.97	1.04	0.42	1.23	2.43	0.73	0.88
1908	Rheinbach Loch	Günstbach/ Schiefelsbach	828	5	6.79	0.47	0.19	0.56	1.10	0.33	0.40
1909	Rheinbach Flerzheim	Swistbach	35'734	152	10.56	0.73	0.30	0.87	1.71	0.52	0.63
1911	Ruppichteroth Büchel	Bröl	18'170	469	4.22	0.29	0.12	0.35	0.69	0.21	0.25
1912	Ruppichteroth Winterscheid	Derenbach	2'659	19	6.20	0.43	0.18	0.51	1.01	0.30	0.37
1913	St.Augustin Menden	Sieg	130'000	6'217	6.96	0.48	0.20	0.57	1.13	0.34	0.41
1914	Swisttal Miel	Swistbach	10'018	243	12.33	0.86	0.35	1.02	2.00	0.60	0.73
1915	Swisttal Heimerzheim	Swistbach	7'788	520	6.50	0.45	0.18	0.54	1.06	0.32	0.39
1916	Troisdorf	Sieg	64'152	6'224	7.41	0.52	0.21	0.61	1.20	0.36	0.44
1918	Wachtberg Pech	Godesberger Bach	6'174	37	9.05	0.63	0.26	0.75	1.47	0.44	0.54
1919	Wachtberg Züllighoven	Mehlemer Bach	2'222	12	8.04	0.56	0.23	0.66	1.31	0.39	0.48
1920	Wachtberg Arzdorf	Godesberger Bach	1'309	11	5.18	0.36	0.15	0.43	0.84	0.25	0.31
1922	Windeck Dattenfeld	Sieg	5'018	3'019	6.11	0.43	0.17	0.50	0.99	0.30	0.36
1924	Windeck Herchen	Sieg	2'681	3'093	6.03	0.42	0.17	0.50	0.98	0.30	0.36
1925	Windeck Au	Sieg	28'442	2'746	6.40	0.45	0.18	0.53	1.04	0.31	0.38
1926	Windeck Ehrenhausen	Irsenbach/Schrafenbach	7'261	58	5.65	0.39	0.16	0.47	0.92	0.28	0.33
1927	Windeck Rosbach	Sieg	7'261	2'993	6.09	0.42	0.17	0.50	0.99	0.30	0.36
1930	Rösrath Hoffenhof	Hoffenhofer Bach	50	2	1.40	0.10	0.04	0.12	0.23	0.07	0.08
1932	Leverkusen-Bürrig	Rhein	264'662	941'278	1.70	0.12	0.05	0.14	0.28	0.08	0.10
1933	Gummersbach Piene	Krummenau	170	3	2.21	0.15	0.06	0.18	0.36	0.11	0.13
2101	Düsseldorf-Nord	Rhein	301'328	959'871	1.79	0.12	0.05	0.15	0.29	0.09	0.11
2102	Krefeld	Rhein	240'868	961'494	1.80	0.13	0.05	0.15	0.29	0.09	0.11
2104	Mönchengladbach GWK I	Niers	406'000	1'189	15.43	1.07	0.44	1.27	2.51	0.76	0.91
2105	Emmerich	Rhein	28'597	1'041'894	1.96	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12

KA_NUMMER	Kläranlagen-/GUES-Name	Vorfluter	angeschl. Einwohner	MNQ (L/s) (korrigiert mit Abwassermenge, falls ZAbwasser > MNQ) (L/s)	Benzotriazol [µg/L]	Carbamazepin [µg/L]	Clarithromycin [µg/L]	Diclofenac [µg/L]	Metoprolol [µg/L]	Sotalol [µg/L]	Sulfamethoxazol [µg/L]
2110	Geldern	Niers	38'000	1'898	14.51	1.01	0.41	1.20	2.36	0.71	0.86
2112	Goch	Niers	28'100	3'256	9.97	0.69	0.28	0.82	1.62	0.49	0.59
2113	Goch-Hassum	Kendel	1'000	24	1.91	0.13	0.05	0.16	0.31	0.09	0.11
2114	Goch - Kessel	Niers	1'800	3'406	9.55	0.66	0.27	0.79	1.55	0.47	0.57
2115	Kalkar-Hönnepel	Rhein	30'000	1'042'236	1.96	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12
2116	Landwehrbach(Kerken)	Landwehr	12'300	72	7.68	0.53	0.22	0.63	1.25	0.38	0.46
2117	Kevelaer-Weltern	Niers	1'950	1'938	14.53	1.01	0.41	1.20	2.36	0.71	0.86
2118	Kevelaer-Kervenheim	Kervenheimer Mühlenfleuth	1'600	46	8.68	0.46	0.19	0.55	1.08	0.33	0.40
2119	Kevelaer-Weeze	Niers	44'400	2'229	13.71	0.95	0.39	1.13	2.23	0.67	0.81
2120	Kleve-Salmorth	Rhein	68'167	1'041'937	1.96	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12
2122	Kleve-Schenkenschanz	Millersgraben	105	8	0.63	0.04	0.02	0.05	0.10	0.03	0.04
2123	Rees-Haffen	Reeser Aldrhein	2'948	11	11.77	0.82	0.33	0.97	1.91	0.58	0.70
2126	Rheurdt-Schaephuysen	Nanneper Fleuth	1'900	14	17.91	1.23	0.50	1.45	2.86	0.86	1.04
2127	Rheurdt	Nanneper Fleuth	3'500	21	18.91	1.32	0.54	1.56	3.07	0.93	1.12
2128	Haronger	Amandusbach	2'300	21	4.82	0.34	0.14	0.40	0.78	0.24	0.29
2129	Straelen	N.N.	10'000								
2130	Uedem	Uedemer Graben	7'400	33	10.06	0.70	0.29	0.83	1.63	0.49	0.60
2131	Wachtendonk	Hauptentwässerungskanal	6'300	35	8.16	0.57	0.23	0.67	1.32	0.40	0.48
2132	Domagen-Rheinfeld	Rhein	61'000	941'674	1.74	0.12	0.05	0.14	0.28	0.09	0.10
2133	Grevenbroich	Wevelinghoverer Entwässerungskanal	43'494	124	15.70	1.09	0.45	1.29	2.55	0.77	0.93
2134	Wevelinghoven	Erft	21'126	8'781	2.07	0.14	0.06	0.17	0.34	0.10	0.12
2137	Glehn	Jüchener Bach	24'663	66	16.89	1.18	0.48	1.39	2.74	0.83	1.00
2138	Neuss-Ost	Rhein	79'258	968'999	1.76	0.12	0.05	0.15	0.29	0.09	0.11
2139	Neuss-Süd	Erft	70'490	11'038	2.42	0.17	0.07	0.20	0.39	0.12	0.14
2140	Anstel	Gillbach	9'426	72	15.71	1.09	0.45	1.30	2.55	0.77	0.93
2141	Villau	Gillbach	3'215	91	14.00	0.97	0.40	1.15	2.27	0.69	0.83
2142	Brüggen	N.N.	8'800								
2143	Grefrath	Niers	78'600	1'502	14.57	1.01	0.41	1.20	2.37	0.71	0.86
2144	Tönisberg	Nanneper Fleuth	3'400	9	17.92	1.25	0.51	1.48	2.91	0.88	1.06
2145	Nette	Nette	48'300	234	13.75	0.96	0.39	1.13	2.23	0.67	0.82
2146	Niederkrüchten-Overhetfeld	Mühlenbruchgraben	15'297								
2147	Schwalmtal-Amern	Krauenbach	16'619	68	10.93	0.76	0.31	0.90	1.78	0.54	0.65
2149	Dülken	Nette	23'300	56	18.77	1.31	0.53	1.55	3.05	0.92	1.11
2150	Kaarst- Nordkanal	Nordkanal	57'299	314	11.72	0.82	0.33	0.97	1.90	0.57	0.69
2401	Hamm-Westbuennen	Ahse	169	912	5.02	0.35	0.14	0.41	0.82	0.25	0.30
2402	Hamm-Pelinghausen	Seseke	65	86	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
2406	Hamm-Uentrop	Lippe	4'695	8'260	2.40	0.17	0.07	0.20	0.39	0.12	0.14
2407	Hamm-Mattlebecke	Lippe	47'987	9'899	2.68	0.19	0.08	0.22	0.44	0.13	0.16
2409	Arnsberg	Ruhr	21'177	3'969	1.27	0.09	0.04	0.11	0.21	0.06	0.08
2410	Arnsberg-Neheim	Ruhr	56'227	8'777	1.16	0.08	0.03	0.10	0.19	0.06	0.07
2411	Arnsberg-Wildshausen	Ruhr	37'574	3'688	1.11	0.08	0.03	0.09	0.18	0.05	0.07
2413	Bestwig-Velmede	Ruhr	32'133	951	1.66	0.12	0.05	0.14	0.27	0.08	0.10
2415	Brilon-Alme	Alme	4'069	330	0.55	0.04	0.02	0.05	0.09	0.03	0.03
2416	Brilon-Scharfenberg	Bermecke	1'384	7	8.54	0.60	0.27	0.79	1.55	0.47	0.57
2417	Brilon-Messinghausen	Hoppecke	2'046	148	1.18	0.08	0.03	0.10	0.19	0.06	0.07
2418	Brilon-Madfeld	Aabach	1'252	50	1.13	0.08	0.03	0.09	0.18	0.06	0.07
2419	Brilon-Bonkirchen	Itter	463	300	0.18	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01
2420	Brilon-Rixen	N.N.	131	3	2.04	0.14	0.06	0.17	0.33	0.10	0.12
2421	Brilon-Petersborn-Gudenhagen	Hoppecke	1'790	80	1.09	0.07	0.03	0.08	0.16	0.05	0.06
2422	Brilon-Esshoff	Schlagwasser	78	1	4.06	0.28	0.11	0.33	0.66	0.20	0.24
2423	Brilon	Möhne	15'594	108	8.42	0.45	0.18	0.53	1.04	0.31	0.38
2424	Eslohe	Salweybach	6'709	726	0.36	0.02	0.01	0.03	0.06	0.02	0.02
2425	Eslohe-Wenholthausen	Wenne	1'998	677	1.21	0.08	0.03	0.10	0.20	0.06	0.07
2426	Eslohe-Bremke	Wenne	9'927	203	2.40	0.17	0.07	0.20	0.39	0.12	0.14
2427	Hallenberg	Nuhne	3'263	150	2.14	0.15	0.06	0.18	0.35	0.10	0.13
2428	Hallenberg-Hesborn	Öffe	990	7	6.03	0.42	0.17	0.50	0.98	0.30	0.36
2431	Marsberg-Bredelar	Diemel	4'243	1'092	0.75	0.05	0.02	0.06	0.12	0.04	0.04
2434	Marsberg-Westheim	Diemel	3'886	1'324	1.30	0.09	0.04	0.11	0.21	0.06	0.08
2435	Marsberg-Mitte Nieu	Diemel	11'620	1'341	1.12	0.08	0.03	0.09	0.18	0.06	0.07
2437	Medebach-Berge	Orke	5'424	184	2.52	0.18	0.07	0.19	0.38	0.11	0.14
2438	Medebach-Oberschledorn	Wilde Aa	2'224	80	1.24	0.09	0.04	0.10	0.20	0.06	0.07
2439	Medebach-Dreisiar	Öffe	349	29	2.11	0.15	0.06	0.17	0.34	0.10	0.12
2443	Schmallenberg-Bracht	Arpe	530	2	9.70	0.68	0.28	0.80	1.58	0.48	0.58
2445	Schmallenberg-Nordenau	Neuselbach	200	16	0.57	0.04	0.02	0.05	0.09	0.03	0.03
2446	Schmallenberg-Holthausen	N.N.	730	6	5.84	0.41	0.17	0.48	0.95	0.29	0.35
2447	Schmallenberg-Wormbach	Weiste	369	18	0.97	0.07	0.03	0.08	0.16	0.05	0.06
2448	Schmallenberg-Westfeld	Lenne	871	36	1.09	0.08	0.03	0.09	0.18	0.05	0.06
2449	Schmallenberg	Lenne	10'516	208	2.85	0.19	0.08	0.22	0.43	0.13	0.16
2452	Winterberg-Elkeringhausen	Orke	4'110	41	4.58	0.32	0.13	0.38	0.74	0.22	0.27
2453	Winterberg-Züschen	Nuhne	3'889	77	2.28	0.16	0.06	0.19	0.37	0.11	0.13
2454	Winterberg-Niedersfeld	Ruhr	2'920	67	2.29	0.16	0.06	0.19	0.37	0.11	0.14
2455	Anröchte-Altengeseke	Trotzbach	759								
2462	Bad Sassendorf -Neu-	Rosenau	10'161	101	4.50	0.31	0.13	0.37	0.73	0.22	0.27
2463	Ense-Steverlinger	Mühlenbach	364	37	0.70	0.05	0.02	0.06	0.11	0.03	0.04
2464	Ense-Bremen	Bremer Bach	8'491	31	12.36	0.86	0.36	1.02	2.01	0.61	0.73
2469	Erwitte-Bückum	Trotzbach	2'700	18	8.68	0.60	0.25	0.72	1.41	0.43	0.52
2470	Erwitte-Nord	Gaisebach	12'600	157	6.36	0.44	0.18	0.52	1.03	0.31	0.38
2471	Geseke-Eringerfeld	Westerschledde	366								
2476	Geseke	Brandenbäumer Bach	19'558	172	5.11	0.36	0.14	0.42	0.83	0.25	0.30
2477	Lippstadt	Lippe	10'133	7'826	2.51	0.17	0.07	0.21	0.41	0.12	0.15
2482	Lippstadt	Lippe	63'860	8'431	2.53	0.18	0.07	0.21	0.41	0.12	0.15
2483	Lippstadt-Eickelborn	Lippe	3'500	7'628	2.51	0.17	0.07	0.21	0.41	0.12	0.15
2485	Möhnesee-Hewingsen	Hewingser Schledde	220	7	1.52	0.11	0.04	0.13	0.25	0.07	0.09
2487	Möhnesee-Völlinghausen	Möhne	9'739	702	3.52	0.24	0.10	0.29	0.57	0.17	0.21
2492	Ruthen-Kneblinghausen	Wermke	254								
2494	Ruthen-Langenstraße	Westerschledde	594								
2495	Ruthen	Möhne	6'740	155	6.63	0.46	0.19	0.59	1.11	0.33	0.40
2498	Soest	Soestbach	50'108	246	9.17	0.64	0.26	0.76	1.49	0.45	0.54
2500	Warstein	Wester	12'030	140	3.85	0.27	0.11	0.32	0.62	0.19	0.23
2501	Warstein-Belecke	Möhne	9'375	608	3.34	0.23	0.09	0.28	0.54	0.16	0.20
2503	Welver	Ahse	9'199	978	3.19	0.22	0.09	0.26	0.52	0.16	0.19
2508	Werl-Westönnen	Mühlenbach	12'281	155	3.72	0.26	0.11	0.31	0.60	0.18	0.22

KA_NUMMER	Kläranlagen-/GUES-Name	Vorfluter	angeschl. Einwohner	MNQ (L/s) (korrigiert mit Abwassermenge, falls ZAbwasser > MNQ) (L/s)	Benzotriazol [µg/L]	Carbamazepin [µg/L]	Clarithromycin [µg/L]	Diclofenac [µg/L]	Metoprolol [µg/L]	Sotalol [µg/L]	Sulfamethoxazol [µg/L]
2509	Werl -Neu-	Salzbach	19'351	147	5.90	0.41	0.17	0.49	0.96	0.29	0.35
2511	Fröndenberg-Frohnem	Lürenner Bach	1'446	11	5.85	0.41	0.17	0.48	0.95	0.29	0.35
2512	Fröndenberg-Ostbüren	N.N.	740	9	3.65	0.25	0.10	0.30	0.59	0.18	0.22
2513	Wickede	Ruhr	10'640	8'540	1.28	0.09	0.04	0.11	0.21	0.06	0.08
2516	Lünen-Gesekemaendung	Seseke	141'240	2'295	8.26	0.57	0.23	0.68	1.34	0.40	0.49
2519	Schwerte	Ruhr	41'856	8'494	3.56	0.25	0.10	0.29	0.58	0.17	0.21
2521	Selm-Cappenberg	Gerlingbach	1'773	8	10.24	0.71	0.29	0.84	1.66	0.50	0.61
2522	Selm	Selmer Bach	18'505	830	1.32	0.09	0.04	0.11	0.21	0.06	0.08
2523	Selm-Bork	Lippe	6'367	12'155	4.37	0.30	0.12	0.36	0.71	0.21	0.26
2524	Unna-Billmerich	N.N.	2'283	17	6.02	0.42	0.17	0.50	0.98	0.29	0.36
2525	Unna-Hemmerde	Annacke Bach	4'784	33	6.56	0.46	0.19	0.54	1.07	0.32	0.39
2526	Unna-Uelzen	Heeremer Mühlbach	3'823	44	3.90	0.27	0.11	0.32	0.63	0.19	0.23
2528	Werne	Horne	37'847	186	9.16	0.64	0.26	0.76	1.49	0.45	0.54
2529	Kamen-Körnebach	Seseke	108'781	1'418	8.90	0.62	0.25	0.73	1.44	0.44	0.53
2530	Hamm-West	Lippe	124'901	10'262	3.13	0.22	0.09	0.26	0.51	0.15	0.19
2531	Rüthen-Kallinghausen	N.N.	66								
2534	Rüthen-Heidberg	Möhne	19	112	6.80	0.47	0.19	0.56	1.10	0.33	0.40
2535	Sundern-Röhrenspring	Ruhr	70								
2537	Hamm-Wambeln	Beverbach	158	42	0.17	0.01	0.00	0.01	0.03	0.01	0.01
2539	Rüthen-Menze	Aschentalbach	335								
2540	Büren	Rexebach	39'038								
2544	Arnsberg -Neu-	Glaseebach	9'592								
2548	Sundern-Brenschede	Ruhr	65	5	1.35	0.09	0.04	0.11	0.22	0.07	0.08
2549	Sundern II Reigern	Ruhr	26'338	691	1.91	0.13	0.05	0.16	0.31	0.09	0.11
2550	Rüthen-Westenraden -Neu-	Hamkhauser Bach	1'706	8	9.52	0.66	0.27	0.78	1.55	0.47	0.56
2701	Bünde, Spradow	Else	44'900	726	12.01	0.84	0.34	0.99	1.95	0.59	0.71
2705	Enger, Belke - Steinbeck	Brandbach	15'360	56	12.41	0.86	0.35	1.02	2.02	0.61	0.74
2711	Hiddenh.,Schweicheln-Bermbeck	Werre	4'230	3'627	7.23	0.50	0.21	0.60	1.17	0.35	0.43
2712	Hiddenhausen	Brandbach	9'240	100	11.01	0.77	0.31	0.91	1.79	0.54	0.65
2717	Löhne-Ulenburg	Gewinghauser-Bach	65'000	248	11.79	0.82	0.33	0.97	1.91	0.58	0.70
2723	Spenge, ZKA	Spenger Mühlenbach	16'749	192	3.92	0.27	0.11	0.32	0.64	0.19	0.23
2727	Vlotho-Zentral	4	18'200	62'727	1.93	0.13	0.05	0.16	0.31	0.09	0.11
2729	Augustdorf	Öbach	9'451	22	19.10	1.33	0.54	1.58	3.10	0.94	1.13
2730	Bad Salzuflen	Werre	47'475	2'421	4.47	0.31	0.13	0.37	0.73	0.22	0.26
2731	Bad Salzuflen,Holzhausen	Moddenbach	5'686	14	18.39	1.28	0.52	1.52	2.99	0.90	1.09
2733	Barntrup	Barntruper Bach	8'898	125	3.21	0.22	0.09	0.26	0.52	0.16	0.19
2735	Blomberg,Reelkirchen-Hornsmühle	Brokes Wasser	1'166	9	5.82	0.40	0.16	0.48	0.94	0.28	0.34
2736	Blomberg,Eschenbruch	N.N.	375	3	5.61	0.39	0.16	0.46	0.91	0.27	0.33
2739	Blomberg,Istrup	Istruper Bach	3'354	26	5.72	0.40	0.16	0.47	0.93	0.28	0.34
2740	Blomberg Zentralkläranlage	Königsbach	8'764	158	3.77	0.26	0.11	0.31	0.61	0.18	0.22
2742	Detmold-Zentral	Werre	64'884	292	9.96	0.69	0.28	0.82	1.62	0.49	0.59
2743	Dörentrup	Begie	7'903	393	1.93	0.13	0.05	0.16	0.31	0.09	0.11
2746	Extertal-Almena	Exter	13'500	153	4.29	0.30	0.12	0.35	0.70	0.21	0.25
2747	Horn-Bad Meinberg,Horn	Wiembecke	17'200	91	8.52	0.59	0.24	0.70	1.38	0.42	0.51
2753	Kalletal,Varenholz-Stemmer	4	1'616	62'620	1.90	0.13	0.05	0.16	0.31	0.09	0.11
2754	Kalletal,Langenholzhausen	Kalle	3'001	155	0.87	0.06	0.02	0.07	0.14	0.04	0.05
2755	Lage, Zentralkläranlage	Werre	41'981	743	7.49	0.52	0.21	0.62	1.22	0.37	0.44
2759	Lemgo-Grevenmarsch	Begie	41'370	724	3.74	0.26	0.11	0.31	0.61	0.18	0.22
2764	Leopoldshöhe,Helpke	Werre	3'697	905	6.32	0.44	0.18	0.52	1.03	0.31	0.37
2766	Lügde,Rischenau	Wörmke	2'374	27	4.01	0.28	0.11	0.33	0.65	0.20	0.24
2767	Lügde,Elbinxen	Wörmke	2'325	144	1.46	0.10	0.04	0.12	0.24	0.07	0.09
2771	Oerlinghausen-Nord	Menkebach	4'489	11	18.97	1.32	0.54	1.58	3.08	0.93	1.12
2773	Schieder-Schwalenberg	Emmer	9'105	1'125	1.85	0.13	0.05	0.15	0.30	0.09	0.11
2774	Schlangen	Strothe	8'948	122	3.30	0.23	0.09	0.27	0.54	0.16	0.20
2775	Bad Oeynhausen	Werre	48'000	4'749	8.17	0.57	0.23	0.67	1.33	0.40	0.48
2776	Espelkamp	Kleine Aue	22'764	62	16.61	1.16	0.47	1.37	2.70	0.81	0.98
2778	Hille,Hartum	N.N.	17'190	55	14.06	0.98	0.40	1.16	2.28	0.69	0.83
2779	Hüllhorst,Tengern-Wiedehorst	Tengerner Bach	13'370	75	7.96	0.55	0.23	0.68	1.29	0.39	0.47
2781	Löbbecke	Renoxwiebach	39'300	185	8.55	0.66	0.27	0.79	1.56	0.47	0.57
2782	Minden, Leteln	4	129'340	69'540	2.40	0.17	0.07	0.20	0.39	0.12	0.14
2784	Porta Westfalica,Möllbergen	N.N.	6'862								
2785	Porta Westfalica, Nammen	Sandfurthbach	6'368	37	7.74	0.54	0.22	0.64	1.26	0.38	0.46
2788	Rahden	Kleine Aue	11'944	96	16.24	1.13	0.46	1.34	2.64	0.80	0.96
2796	Stemwede,Wehden (1)	N.N.	11'328	46	10.57	0.74	0.30	0.87	1.72	0.52	0.63
2797	Herford, ZKA	Werre	73'580	3'682	7.07	0.49	0.20	0.58	1.15	0.35	0.42
2798	Rödinghausen, Bruchmühlen (neu)	Bennier Graben	9'226								
2799	Blomberg, Hügelland	Werpe	2'094	33	2.87	0.20	0.08	0.24	0.47	0.14	0.17
2800	Leopoldshöhe, Schuckenbaum (neu)	Mühlenbach	11'934	66	9.57	0.67	0.27	0.79	1.55	0.47	0.57
2801	Kalletal, ZKA Kalldorf (neu)	Kalle	9'308	247	2.24	0.16	0.06	0.18	0.36	0.11	0.13
3001	Münster-Geist	N.N.	10'686	44	10.99	0.76	0.31	0.91	1.78	0.54	0.65
3002	Münster-Am Loddenbach	Loddenbach	25'781	194	10.18	0.71	0.29	0.84	1.65	0.50	0.60
3003	Münster-Hiltrup	Emmerbach	23'483	162	13.08	0.91	0.37	1.08	2.12	0.64	0.78
3006	Münster-Höger	N.N.	500	1	19.40	1.35	0.55	1.60	3.15	0.95	1.15
3008	Münster-Hauptkläranlage	N.N.	201'750	881	10.28	0.72	0.29	0.85	1.67	0.50	0.61
3009	Münster-Mariendorf		7'865								
3010	Ascheberg	Emmerbach	8'804	52	11.25	0.78	0.32	0.93	1.83	0.55	0.67
3011	Ascheberg-Herbern	Dorfbach	4'105	24	7.63	0.53	0.22	0.63	1.24	0.37	0.45
3012	Billerbeck	Berkel	9'509	64	6.72	0.47	0.19	0.55	1.09	0.33	0.40
3013	Coesfeld	Berkel	34'836	333	6.82	0.47	0.19	0.56	1.11	0.33	0.40
3014	Dülmen	Tibenbach	34'579	190	9.78	0.68	0.28	0.81	1.59	0.48	0.58
3015	Dülmen-Buldern	N.N.	7'084	27	11.99	0.83	0.34	0.99	1.95	0.59	0.71
3018	Dülmen-Rorup	Kleuterbach	2'935	17	6.63	0.46	0.19	0.55	1.08	0.32	0.39
3019	Havixbeck-Tilbeck	Tilbecker Bach	290	3	5.21	0.36	0.15	0.43	0.85	0.26	0.31
3020	Havixbeck	Hemkerbach	10'645	37	12.79	0.89	0.36	1.05	2.08	0.63	0.76
3023	Lüdinghausen	Stever	20'611	303	10.09	0.70	0.29	0.83	1.64	0.49	0.60
3024	Nordkirchen	Twellebach	9'592	51	8.45	0.59	0.24	0.70	1.37	0.41	0.50
3026	Nottuln-Appelhülsen	Stever	16'916	119	7.11	0.49	0.20	0.59	1.15	0.35	0.42
3027	Olfen-Vinnum	N.N.	714	2	17.87	1.24	0.51	1.47	2.90	0.88	1.06
3028	Olfen	Lippe	9'724	12'647	4.57	0.32	0.13	0.38	0.74	0.22	0.27
3029	Rosendahl-Osterwick	Vorderer Mühlenbach	6'102	59	4.72	0.33	0.13	0.39	0.77	0.23	0.28
3030	Rosendahl-Holtwick	Holtwicker Bach	2'934	26	5.07	0.35	0.14	0.42	0.82	0.25	0.30
3031	Senden	Laubach	18'621	52	16.06	1.12	0.46	1.32	2.61	0.79	0.95

KA_NUMMER	Kläranlagen-/GUES-Name	Vorfluter	angeschl. Einwohner	MNQ (L/s) (korrigiert mit Abwassermenge, falls ZAbwasser > MNQ) (L/s)	Benzotriazol [µg/L]	Carbamazepin [µg/L]	Clarithromycin [µg/L]	Diclofenac [µg/L]	Metoprolol [µg/L]	Sotalol [µg/L]	Sulfa-methoxazol [µg/L]
3032	Altenberge	Eschluesbach	9'043	23	17.86	1.24	0.51	1.47	2.56	0.87	1.06
3033	Emsdetten-Austum	Ems	35'000	4'541	11.00	0.77	0.31	0.91	1.79	0.54	0.65
3035	Greven-Reckenfeld	N.N.	33'174								
3036	Greven-Schmiedehausen	Ellingmühlenbach	157	227	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
3037	Hörstel	Ibbenbürener Aa	18'809	718	4.36	0.30	0.12	0.36	0.71	0.21	0.26
3038	Hopsten-Schale	N.N.	727								
3039	Hopsten	Giegel Aa	5'169	14	16.07	1.12	0.46	1.33	2.61	0.79	0.95
3041	Horstmar-Leer	Leerbach	5'680	28	9.11	0.63	0.26	0.75	1.48	0.45	0.54
3044	Ibbenbüren-Püsselbüren	Ibbenbürener Aa	49'534	209	10.95	0.76	0.31	0.90	1.78	0.54	0.65
3045	Ladbergen	Lengerscher Aa Bach	4'601	158	8.56	0.63	0.25	0.74	1.48	0.44	0.53
3047	Laer	Ewaldibach	5'906	40	6.56	0.46	0.19	0.54	1.07	0.32	0.39
3048	Lengerich	Lengerscher Aa Bach	27'000	144	8.39	0.58	0.24	0.69	1.36	0.41	0.50
3049	Lienen-Kattenvenne	N.N.	1'300	3	19.40	1.35	0.55	1.60	3.15	0.95	1.15
3050	Lienen-Höster Mark	Glanebach	80	37	0.10	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01
3051	Lotte	Hechebach	3'665	62	2.82	0.20	0.08	0.23	0.46	0.14	0.17
3052	Lotte-Wersen	Hase	8'868	584	0.68	0.05	0.02	0.06	0.11	0.03	0.04
3053	Metelen	Vechte	6'481	119	4.49	0.31	0.13	0.37	0.73	0.22	0.27
3054	Mettingen	Speller Aa	10'050	73	6.18	0.43	0.18	0.51	1.00	0.30	0.37
3055	Neuenkirchen/Wettringen	Düsterbach	26'327	85	13.95	0.97	0.40	1.15	2.27	0.68	0.83
3057	Nordwalde	Emsdettener Mühlenbach	10'505	26	18.35	1.26	0.52	1.51	2.98	0.90	1.09
3058	Ochtrup	Kuhnebbach	17'067								
3059	Recke	N.N.	9'850								
3061	Rheine-Nord	N.N.	77'500								
3062	Saerbeck	Ems	6'985	4'442	10.89	0.76	0.31	0.90	1.77	0.53	0.65
3063	Steinfurt-Borghorst-Süd	Kohlenbach	7'812	53	8.63	0.46	0.19	0.55	1.08	0.32	0.39
3064	Steinfurt-Burgsteinfurt	Steinfurter Aa	14'794	203	7.56	0.53	0.21	0.62	1.23	0.37	0.45
3065	Steinfurt-Borghorst-Nord	Klinderbach	11'719	62	8.45	0.59	0.24	0.70	1.37	0.41	0.50
3066	Tecklenburg-Leeden	Frischebach	1'785	11	7.29	0.51	0.21	0.60	1.18	0.36	0.43
3068	Tecklenburg-Lotte	Ibbenbürener Aa	1'517	18	3.78	0.26	0.11	0.31	0.61	0.19	0.22
3069	Westerkappeln-Velpe	Hechebach	1'985	37	2.26	0.16	0.06	0.19	0.37	0.11	0.13
3070	Westerkappeln	Düstendieker Aa	6'750	18	16.67	1.16	0.47	1.37	2.71	0.82	0.99
3071	Altes-Stadt	Kleine Olfe	48'996	257	9.27	0.65	0.26	0.76	1.51	0.45	0.55
3075	Beckum-Neubeckum	Angel	12'350	94	5.92	0.41	0.17	0.49	0.96	0.29	0.35
3077	Beckum	Werse	22'978	157	6.56	0.46	0.19	0.54	1.06	0.32	0.39
3078	Beelen	Axbach	4'928	204	7.69	0.53	0.22	0.63	1.25	0.38	0.46
3079	Drensteinfurt	Werse	10'246	445	8.30	0.58	0.24	0.68	1.35	0.41	0.49
3080	Drensteinfurt-Rinkerode	Flaggenbach	2'847	16	8.25	0.57	0.23	0.68	1.34	0.40	0.49
3081	Ensigerloh	Biesterbach	14'259	111	5.76	0.40	0.16	0.47	0.93	0.28	0.34
3084	Ensigerloh-Westkirchen	Westkirchener Bach	3'842	41	4.24	0.30	0.12	0.35	0.69	0.21	0.25
3085	Everswinkel	Hagenbach	9'480	57	7.45	0.52	0.21	0.61	1.21	0.36	0.44
3087	Oelde	Axbach	29'983	121	11.13	0.77	0.32	0.92	1.81	0.54	0.66
3088	Ostbevern	Bever	8'837	277	1.96	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12
3090	Sassenberg	Hessel	7'500	268	6.03	0.42	0.17	0.50	0.98	0.30	0.36
3091	Sassenberg-Füchtorf	Bever	3'168	196	0.72	0.05	0.02	0.06	0.12	0.04	0.04
3093	Sendenhorst	Alstetbach	13'336	42	14.23	0.99	0.40	1.17	2.31	0.70	0.84
3095	Telgte	Ems	19'297	2'579	9.72	0.68	0.28	0.80	1.58	0.48	0.58
3096	Wadersloh	Liese	10'256	58	7.93	0.55	0.22	0.65	1.29	0.39	0.47
3097	Warendorf	Hellegraben	32'791								
3099	Warendorf-Hoetmar	Weninger Bach	1'549	27	2.61	0.18	0.07	0.22	0.42	0.13	0.15
3301	Lennestadt Grevenbrück	Lenne	14'630	1'181	2.21	0.15	0.06	0.18	0.36	0.11	0.13
3306	Drolshagen Bleche	Krummenau	737	13	3.16	0.22	0.09	0.26	0.51	0.15	0.19
3308	Finnentrop	Lenne	12'137	4'682	1.47	0.10	0.04	0.12	0.24	0.07	0.09
3310	Kirchhundem Oberhundem	Hundem	1'034	15	5.01	0.35	0.14	0.41	0.81	0.25	0.30
3311	Lennestadt	Lenne	26'428	719	2.52	0.18	0.07	0.21	0.41	0.12	0.15
3312	Lennestadt Bilstein	Veischede	2'313	59	2.35	0.16	0.07	0.19	0.38	0.12	0.14
3317	Olpe Altenkleusheim	Olpe	777	5	7.63	0.53	0.22	0.63	1.24	0.37	0.45
3321	Olpe Oberveischede	Veischede	776	23	1.53	0.11	0.04	0.13	0.25	0.07	0.09
3322	Werdohl	Bigge	18'622	154	5.73	0.40	0.16	0.47	0.93	0.28	0.34
3323	Bad Berleburg-Aue	Eder	3'000	427	1.14	0.08	0.03	0.09	0.19	0.06	0.07
3324	Bad Berleburg	Odeborn	6'266	241	1.55	0.11	0.04	0.13	0.25	0.08	0.09
3325	Bad Berleburg Beddelhausen	Eder	4'964	608	1.39	0.10	0.04	0.11	0.23	0.07	0.08
3326	Bad Berleburg Raumland	Eder	3'648	773	1.33	0.09	0.04	0.11	0.22	0.06	0.08
3328	Burbach Lippe	Buchheller	503	4	6.30	0.44	0.18	0.52	1.03	0.31	0.37
3329	Erndtebrück	Eder	5'549	106	2.55	0.18	0.07	0.21	0.41	0.12	0.15
3330	Erndtebrück Roseipe	Eder	1'861	260	1.26	0.09	0.04	0.10	0.20	0.06	0.07
3331	Freudenberg-Lindenberg	Leiebach	822	6	6.48	0.45	0.18	0.53	1.05	0.32	0.38
3333	Freudenberg	Asdorfer Bach	14'918	125	5.27	0.37	0.15	0.43	0.86	0.26	0.31
3334	Hilchenbach Fernsdorfbach	Fernsdorfbach	18'131	160	5.10	0.36	0.14	0.42	0.83	0.25	0.30
3335	Hilchenbach Lützel	Lützelbach	442	2	12.53	0.87	0.36	1.03	2.03	0.61	0.74
3336	Kreuztal	Fernsdorfbach	34'719	416	4.62	0.32	0.13	0.38	0.75	0.23	0.27
3337	Kreuztal Buschhütten	Fernsdorfbach	7'389	472	4.78	0.33	0.14	0.39	0.78	0.23	0.28
3341	Netphen-Deuz	Sieg	8'090	120	3.04	0.21	0.09	0.25	0.49	0.15	0.18
3342	Netphen	Sieg	7'895	188	3.97	0.28	0.11	0.33	0.64	0.19	0.24
3343	Netphen-Eckmannshausen	Dreisbach	3'206	35	4.06	0.28	0.12	0.34	0.66	0.20	0.24
3345	Netphen-Sohlbach	Netphe	123	5	1.16	0.08	0.03	0.10	0.19	0.06	0.07
3346	Netphen Afholderbach	Netphe	202	11	1.30	0.09	0.04	0.11	0.21	0.06	0.08
3347	Siegen	Sieg	53'630	1'408	5.65	0.39	0.16	0.47	0.92	0.28	0.34
3348	Siegen-Weidenau	Sieg	38'745	904	5.39	0.37	0.15	0.44	0.87	0.26	0.32
3349	Wilnsdorf Niederdielfen	Weiß	14'105	84	7.54	0.52	0.21	0.62	1.22	0.37	0.45
3350	Wilnsdorf Rinsdorf	Eisenbach	5'964	51	5.28	0.37	0.15	0.44	0.86	0.26	0.31
3351	Biggesee	Bigge	55'753	1'864	2.01	0.14	0.06	0.17	0.33	0.10	0.12
5001	Herscheid Vogelsang	Schwarze Aße	37	30	0.26	0.02	0.01	0.02	0.04	0.01	0.02
5002	Herscheid Schönebecke	Schwarze Aße	29	24	0.26	0.02	0.01	0.02	0.04	0.01	0.02
5003	Meinerzhagen Lengelscheid	Wiebelsaat	140	1	6.29	0.44	0.18	0.52	1.02	0.31	0.37
5004	Meinerzhagen Wurtscheid	Wortscheider Bach	200	5	2.00	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12
5006	Meinerzhagen Elberg	Weebach	59	5	0.49	0.03	0.01	0.04	0.08	0.02	0.03
5014	Schalkermühle Winkeln	N.N.	209								
5021	Oberfrielinghausen	N.N.	99	1	4.26	0.30	0.12	0.36	0.71	0.21	0.26
5024	Hommerich	Sülz	81	473	1.48	0.10	0.04	0.12	0.24	0.07	0.09
gues_000103	Rhein, Wk3t Süd/Bad Honnef	Rhein		941'000	1.56	0.11	0.04	0.13	0.25	0.08	0.09
gues_000152	Rhein, Bad Godesberg	Rhein		941'000	1.56	0.11	0.04	0.13	0.25	0.08	0.09
gues_000220	Rhein, Stürzelberg	Rhein		970'000	1.70	0.12	0.05	0.14	0.28	0.08	0.10

KA_NUMMER	Kläranlagen-/GUES-Name	Vorfluter	angeschl. Einwohner	MNQ (L/s) (korrigiert mit Abwassermenge, falls ΣAbwasser > MNQ) (L/s)	Benzotriazol [µg/L]	Carbamazepin [µg/L]	Clarithromycin [µg/L]	Diclofenac [µg/L]	Metoprolol [µg/L]	Sotalol [µg/L]	Sulfa-methoxazol [µg/L]
gues_000309	Rhein, Düsseldorf-Flehe	Rhein		970'000	1.70	0.12	0.05	0.14	0.28	0.08	0.10
gues_000504	Rhein, WKSI Nord Kleve-Bimmen	Rhein		1'050'000	1.95	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12
gues_000553	Lobith	Rhein		1'050'000	1.95	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12
gues_001004	Sieg, Menden	Sieg		6'790	5.51	0.38	0.16	0.45	0.90	0.27	0.33
gues_002008	Wupper, Opladen	Wupper		5'120	5.09	0.35	0.14	0.42	0.83	0.25	0.30
gues_003001	Erft, Eppinghoven	Erft		10'100	2.20	0.15	0.06	0.18	0.36	0.11	0.13
gues_004005	Ruhr, Mündung	Ruhr		11'796	6.96	0.48	0.20	0.57	1.13	0.34	0.41
gues_004108	Ruhr, Fröndenberg	Ruhr		6'430	2.83	0.20	0.08	0.23	0.46	0.14	0.17
gues_004157	Hattingen	Ruhr		18'600	3.47	0.24	0.10	0.29	0.56	0.17	0.21
gues_005009	Emscher, Mündung	Emscher		10'820	8.41	0.59	0.24	0.69	1.37	0.41	0.50
gues_006002	Lippe, Wesel	Lippe		17'100	4.55	0.32	0.13	0.38	0.74	0.22	0.27
gues_022810	Ruhr, Mülheim-Kahlenberg	Ruhr		18'600	4.41	0.31	0.13	0.36	0.72	0.22	0.26
gues_107657	Rur, Vlodrop	Rur		11'600	3.92	0.27	0.11	0.32	0.64	0.19	0.23
gues_137200	BEI KLEIN-VERNICH	Erft		388	10.25	0.71	0.29	0.85	1.68	0.50	0.61
gues_137315	uh Mdg Rotbach	Erft		971	11.44	0.80	0.32	0.94	1.86	0.56	0.68
gues_200106	Agger, Troisdorf Str.-Brücke	Agger		2'400	5.20	0.36	0.15	0.43	0.84	0.25	0.31
gues_212350	Sieg, Str.-Brücke in Au	Sieg		3'280	5.00	0.35	0.14	0.41	0.81	0.24	0.30
gues_265901	Pegel Weilerswist	Swistbach		260	12.98	0.90	0.37	1.07	2.11	0.64	0.77
gues_273600	Dhünn, uh. Mutzb. oh. Mdg. Wupper	Dhünn		612	1.55	0.11	0.04	0.13	0.25	0.08	0.09
gues_300238	Kohlfurther Brücke	Wupper		4'520	4.11	0.29	0.12	0.34	0.67	0.20	0.24
gues_315321	Niers, bei Kessel	Niers		3'320	9.78	0.68	0.28	0.81	1.59	0.48	0.58
gues_318644	Schwalm, uh. Freibed (NL)	Schwalm		698	4.97	0.35	0.14	0.41	0.81	0.24	0.29
gues_416204	Möhne, vor Mdg. in die Ruhr	Möhne		655	3.77	0.26	0.11	0.31	0.61	0.18	0.22
gues_417002	V MDG I D RUHR	Hönne		698	3.57	0.28	0.11	0.33	0.65	0.19	0.24
gues_422800	Lenne, Pegel Hohenlimburg	Lenne		6'510	1.67	0.12	0.05	0.14	0.27	0.08	0.10
gues_441200	Volme, vor Mdg. Ruhr	Volme		1'320	5.17	0.36	0.15	0.43	0.84	0.25	0.31
gues_443104	AM PEGEL HASPE	Ennepe		600	5.26	0.37	0.15	0.43	0.85	0.26	0.31
gues_451400	Sieg, Landesgrenze	Sieg		1'457	5.64	0.39	0.16	0.47	0.92	0.28	0.33
gues_463309	Eder, Landesgrenze	Eder		853	1.20	0.08	0.03	0.10	0.20	0.06	0.07
gues_501580	Stever, uh. KA Haltern	Stever		626	10.24	0.71	0.29	0.84	1.66	0.50	0.61
gues_503204	UH HARKORTSEE	Ruhr		18'100	3.09	0.21	0.09	0.25	0.50	0.15	0.18
gues_503708	UH HATTINGEN	Ruhr		18'600	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
gues_517800	Ahse, vor Mdg. Lippe	Ahse		1'090	4.20	0.29	0.12	0.35	0.68	0.21	0.25
gues_602700	Alme, vor Mdg. Lippe	Alme		395	8.60	0.60	0.24	0.71	1.40	0.42	0.51
gues_614208	Lippe, Lippborg	Lippe		6'850	2.86	0.20	0.08	0.24	0.47	0.14	0.17
gues_702705	Weser, Pegel Porta	Weser		67'700	2.36	0.16	0.07	0.19	0.38	0.12	0.14
gues_723502	Lutter, vor Mdg. Ems	Lutter		364	9.01	0.63	0.26	0.74	1.46	0.44	0.53
gues_731808	Werre, uh. KA Bad Oeynhausen	Werre		4'720	8.22	0.57	0.23	0.68	1.33	0.40	0.49
gues_735012	Bega, Str.-Brücke Hoeisen	Bega		1'140	2.60	0.18	0.07	0.21	0.42	0.13	0.15
gues_740706	Johannisbach, vor Mdg. Werre	Johannisbach		1'184	10.06	0.70	0.29	0.83	1.63	0.49	0.60
gues_741917	Else, uh. KA Kirchlengern	Else		684	14.38	1.00	0.41	1.18	2.33	0.70	0.85
gues_745900	Diemel, uh. KA Warburg	Diemel		301	18.47	1.28	0.52	1.52	3.00	0.90	1.09
gues_749618	Nethe, r. Arm uh. Amelunxen	Nethe		1'700	1.39	0.10	0.04	0.11	0.23	0.07	0.08
gues_752824	Emmer, vor Mdg. der Woermke	Emmer		1'070	1.94	0.14	0.06	0.16	0.32	0.10	0.12
gues_755813	Große Aue, Landesgrenze	Große Aue		144	14.35	1.00	0.41	1.18	2.33	0.70	0.85
gues_800016	Vechte, oh. Steinfurter Aa	Vechte		225	5.78	0.40	0.16	0.48	0.94	0.28	0.34
gues_800132	Steinfurter Aa, vor Mdg. Vechte	Steinfurter Aa		288	9.44	0.66	0.27	0.78	1.53	0.46	0.56
gues_800703	Berkel, Landesgrenze	Berkel		628	7.56	0.53	0.21	0.62	1.23	0.37	0.45
gues_801562	SI20 Füchtelner Mühle -	Stever		252	3.30	0.23	0.09	0.27	0.54	0.16	0.20
gues_803157	Ems, Einen	Ems		2'550	9.16	0.64	0.26	0.76	1.49	0.45	0.54
gues_803510	Werse, uh. Havichhorster Mühle	Werse		444	10.01	0.70	0.28	0.83	1.63	0.49	0.59
gues_804411	M2 uh Wöstebach	Münstersche Aa		52	9.19	0.64	0.26	0.76	1.49	0.45	0.54
gues_805180	Ems, uh. KA Rheine-Nord	Ems		5'610	9.70	0.68	0.28	0.80	1.58	0.48	0.58
3097MNQ	MNQ Messstelle unterhalb Warendorf	Ems		2'076	10.48	0.73	0.30	0.86	1.70	0.51	0.62
339MNQ	MNQ Messstelle unter. Versmold	Aabach		102	9.61	0.67	0.27	0.79	1.56	0.47	0.57
3061MNQ	MNQ Messstelle unter. Rheine-Nord	Ems		5'714	9.52	0.66	0.27	0.79	1.55	0.47	0.56
3038MNQ	MNQ Messstelle unter. Hopsten-Schale	Schaler Aa		128	5.17	0.36	0.15	0.43	0.84	0.25	0.31
3059MNQ	MNQ Messstelle unter. Recke	Spatter Aa (Hopstener Aa, Re		119	10.10	0.70	0.29	0.83	1.64	0.49	0.60
3058MNQ	MNQ Messstelle unter. Ochtrup	Farbbach		86	8.95	0.62	0.25	0.74	1.45	0.44	0.53
155MNQ	MNQ Messstelle unter. Wassenberg	Baaler Bach		43	18.07	1.26	0.51	1.49	2.93	0.89	1.07
2148MNQ	MNQ Messstelle unter. Niederkrüchten-Overhetfe	Schwalm		794	0.87	0.06	0.02	0.07	0.14	0.04	0.05
2142MNQ	MNQ Messstelle unter. Brüggen	Schwalm		760	4.96	0.35	0.14	0.41	0.81	0.24	0.29
2129MNQ	MNQ Messstelle unter. Straelen	Niers		1'913	11.82	0.82	0.34	0.97	1.92	0.58	0.70
1873MNQ	MNQ Messstelle unter. Wermelskirchen	Erlgenbach		95	7.82	0.55	0.22	0.65	1.29	0.39	0.47
2133MNQ	MNQ Messstelle unter. Grevenbroich	Erft		9'490	2.34	0.16	0.07	0.19	0.38	0.11	0.14
391MNQ	MNQ Messstelle unter. Borchen, Nordborchi	Alme		3'552	0.87	0.06	0.02	0.07	0.14	0.04	0.05
2540MNQ	MNQ Messstelle unter. Bönen	Seseke		260	6.75	0.47	0.19	0.56	1.10	0.33	0.40
2784MNQ	MNQ Messstelle unter. Porta Westfalica Mitt	Weser		12'456	9.62	0.67	0.27	0.79	1.56	0.47	0.57
2798MNQ	MNQ Messstelle unter. Rödingsauen, Bruchmühl	Else		243	10.09	0.70	0.29	0.83	1.64	0.49	0.60

ANHANG 6:
KURZCHARAKTERISIERUNG DER MODELLIERTEN SUBSTANZEN

Benzotriazol (Industrie- und Haushaltschemikalie)

Anwendung: Benzotriazol wird als Korrosionsschutz in Spülmittel, Kühlflüssigkeiten, Frostschutzmitteln und Enteisungsmitteln eingesetzt (Hinterbuchner 2006).

Wirkungsweise: Starke Komplexbildung mit Metallen. Die physiologischen Wirkmechanismen sind derzeit nicht genau geklärt (Hinterbuchner 2006).

Verwendetes Qualitätskriterium: 10 µg/L als Präventivwert des LANUV, das ökotoxikologische Qualitätskriterium liegt bei 30 µg/L (http://www.oekotoxzentrum.ch/qualitaetskriterien)

Carbamazepin (Antiepileptikum und Antidepressivum)

Anwendung: Carbamazepin wird als Anti-Epileptikum und zur Behandlung von affektiven Störungen eingesetzt. Das trizyklische Dibenzazepin-Derivat Carbamazepin wurde 1957 synthetisiert und gehört heute zu den wichtigsten und am meisten verwendten Antiepileptika. (Mutschler 1996, Schwabe und Pfaffrath 2003). Darüber hinaus findet es breiten Einsatz als Stimmungsaufheller und Antidepressivum.

Wirkungsweise: Der Wirkmechanismus ist noch nicht vollständig geklärt. Es wurde gezeigt, dass Carbamazepin spannungsabhängige Natriumkanäle in den Axonen der Nervenzellen blockiert (e.g. Willow et al., 1983).

Verwendetes Qualitätskriterium: 0,5 µg/L (LAWA) und Oekotoxzentrum (http://www.oekotoxzentrum.ch/qualitaetskriterien)

Clarithromycin (Antibiotikum)

Anwendung: Clarithromycin ist ein Makrolidantibiotikum, welches bei der Behandlung von Infektionen der Atemwege der Mandeln des Magens und der Haut eingesetzt wird.

Wirkungsweise: Clarithromycin bindet an die bakterielle 50s Ribosomen Untereinheit und unterbindet die Proteinbiosynthese.

Verwendetes Qualitätskriterium: 0,06 µg/L Oekotoxzentrum (http://www.oekotoxzentrum.ch/qualitaetskriterien)

Diclofenac (Schmerzmittel)

Anwendung: Diclofenac ist ein nicht steroidaler entzündungshemmender Wirkstoff (NSAID) und in Arzneimitteln enthalten, welche als Analgetikum, Antirheumatikum und Antiphlogistikum eingesetzt werden (Mersmann 2003).

Wirkungsweise: Als amphiphile Säure bindet Diclofenac an Zellmembranen und hemmt die Synthese von Prostaglandinen (Schwaiger 2004, Kuschinsky und Lüllmann1981). Verantwortlich für diese Wirksamkeit ist eine Inhibition der Cyclooxygenasen (COX-1 und COX-2), so dass

diese keine entzündungsfördernden Prostaglandine mehr herstellen können. Möglicherweise ist Diclofenac direkt am Lipoxygenase-Stoffwechsel beteiligt und unterdrückt die Bildung von Leukotrienen.

Verwendetes Qualitätskriterium: 0,1 µg/L (LAWA) und Vorschlag der EU-Kommission zur WRRL 2012. Gemäss dem EQS Dossier (prepared by the Sub-Group on Review of the Priority Substances List (under Working Group E of the Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive, http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/thematic_documents/priority_substances/supporting_substances/eqs_dossiers&vm=compact&sb=Version) aufgenommen in: „Vorschlag für eine RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik“ Brüssel, 31.01.2012 (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0876:FIN:DE:PDF).

Metoprolol (Beta-Blocker)

Anwendung: Metoprolol wird bei Herzrhythmusstörungen, insbesondere supraventrikuläre Tachyarrhythmien, Hypertonie oder bei bestätigtem oder vermutetem Myokardinfarkt angewendet (http://www.kompendium.ch, Zugriff am 23/07/2010).

Wirkungsweise: Metoprolol ist ein relativ selektiver β-Adrenorezeptorenblocker, vor allem werden β_1-Adrenorezeptoren blockiert, die sich überwiegend im Erregungsbildungs- und Leitungsgewebe des Herzens (Sinusknoten, Vorhöfe, AV-Knoten, Kammermuskulatur) befinden. Es senkt damit die Erregungsleitungsgeschwindikeit, die Schlagfrequenz und die Kontraktionskraft des Herzens, was eine Blutdrucksenkung bewirkt. Metoprolol besitzt keine stimulierende Wirkung auf das Nervensystem (http://www.drugbank.ca/drugs/DB00264, Zugriff am 26/7/2010).

Verwendetes Qualitätskriterium: 7,3 µg/L (LANUV)

Sotalol (Beta-Blocker)

Anwendung: Sotalol ist ein nichtselektiver beta-Adrenorezeptoren Antagonist (Blocker), der bei Herzrhythmusstörungen, bzw. bei sinusalen und supraventrikulären Tachykardien eingesetzt wird und bei der Behandlung und Prophylaxe lebensbedrohender oder prognostisch ungünstiger ventrikulärer Arrhythmien sowie bei Vorhofflattern und -flimmern. Ebenfalls wird Sotalol, bei Arrhythmien aufgrund einer Kohlendioxyd-Akkumulation, exogener Katecholamine, einer Narkose bzw. eines Myokardinfarkts, die auf die übliche Behandlung nicht reagieren, eingesetzt (Zusammenstellung aus: http://www.kompendium.ch)

Wirkungsweise: Sotalol ist ein hydrophiles Klasse III-Antiarrhythmikum und ein ausgeprägter Beta-Rezeptorenblocker. Die Klasse III-antiarrhythmische Wirkung beruht auf einer akut einsetzenden Verlängerung der terminalen Phase des monophasischen Aktionspotentials ohne

Beeinflussung der Leitungsgeschwindigkeit. Die absolute Refraktärzeit wird verlängert. (Zusammenstellung aus: http://www.kompendium.ch)

Analytik: Eine derzeitige Nachweisgrenze (LOD) kann mittels SPE-HPLC–MS/MS mit 3,9 ng/L für Abwässer und Oberflächengewässer angegeben werden (Santos et al. 2010). Da sowohl Sotalol, als auch das Sotalol-Hydrochlorid Anwendung finden sollten beide Substanzen für ein Monitoring, bzw. die dissoziierten Formen, berücksichtigt werden.

Verwendetes Qualitätskriterium: unzureichend Daten für eine Herleitung (LAWA 2006) und Oektoxzentrum 2011 (http://www.oekotoxzentrum.ch/qualitaetskriterien), es wurde der LANUV Präventivwert von 0,1 µg/L verwendet.

Sulfamethoxazol (Antibiotikum)

Anwendung: Sulfamethoxazol wird als Antibiotikum eingesetzt (BLAC 2003, Forth et al. 1983).

Wirkungsweise: Sulfamethoxazol wirkt bakteriostatisch gegen grampositive und gramnegative Bakterien. Der Wirkungsmechanismus beruht auf einer Beeinflussung der bakteriellen Folsäure-Synthese. Es wirkt als Antagonist der p-Aminobenzoesäure und verdrängt diese kompetitiv (Forth et al. 1983, ARGE Elbe 2003).

Verwendetes Qualitätskriterium: 0,15 µg/L (LAWA). Qualitätsnorm-Vorschlag http://webetox.uba.de/webETOX/public/basics/stoff/ziel.do;jsessionid=6BE51B9B4BF911A8290AF71F1FAA9DEF?stoff=6343

Referenzen:

ARGE Elbe (2003): Arzneistoffe in Elbe und Saale. In: http://www.arge-elbe.de/wge/Download/Berichte/03Arzn.pdf.

BLAC (2003): Bericht an die 61. Umweltministerkonferenz (UMK) am 19./20. November 2003 in Hamburg. In: http://blak-uis.server.de/servlet/is/2146/P-2c.pdf.

Forth W, Henschler D, Rummel W (Hrsg.) (1983): Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie. 4. Aufl. Wissenschaftsverlag, Bibliographisches Institut, Mannheim 1983.

Hinterbuchner (2006): Das Verhalten von Benzotriazolen in Abwasserreingungsanlagen. Diplomarbeit eingereicht an der Fachhochschule Wels zur Erlangung des akademischen Grades Diplom-Ingenieur (FH).

Kuschinsky G, Lüllmann H (1981): Kurzes Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie. 9. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York.

Mersmann P (2003): Transport- und Sorptionsverhalten der Arzneimittelwirkstoffe Carbamazepin, Clofibrinsäurem Diclofenac, Ibuprofen und Propyphenazon in der wassergesättigten und –ungesättigten Zone. Dissertation TU Berlin.

Mutschler E (1996): Arzneimittelwirkungen- Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie. Stuttgart, Germany, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH. 1-991.

Schwabe U und Pfaffrath D (2003): Arzneiverordnungsreport 2002. Aktuelle Daten, Trends, Kosten und Kommentare. Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag.

Schwaiger J, Ferling H, Mallowa U, Wintermayr H, Negele R D (2004): Toxic effects of the non-steroidal anti-inflammatory drug diclofenac. Part I: histopathological alterations and bioaccumulation in rainbow trout. Aquatic Toxicology 68:141–150.

Willow M, Kuenzel E A, Catterall A W (1983): Inhibition of voltage-sensitive sodium channels in neuroblastoma cells and synaptosomes by the anticonvulsant drugs diphenylhydantoin and carbamazepine. Molecular Pharmacology 25: 228-234.