



# GEWÄSSERBELASTUNGEN AUS ABWASSEREINLEITUNGEN

## 9.1 GEWÄSSERBELASTUNGEN AUS KOMMUNALEN UND INDUSTRIELLEN EINLEITUNGEN

Im Rahmen der amtlichen Überwachung gemäß § 94 LWG werden alle Abwassereinleitungen auf die Einhaltung der im wasserrechtlichen Bescheid festgelegten Grenzwerte für Abwasserinhaltsstoffe (Parameter) hin überprüft. Eine Zusammenstellung der Gewässerbelastungen aus den verschiedenen Abwassereinleitungen zeigt Tabelle 9.1.1 für die Parameter Abwassermenge, TOC (gesamter organisch gebundener Kohlenstoff als Maß für die Konzentration an organischer Substanz im Abwasser), Nährstoffe (Stickstoff ( $N_{\text{ges}}$ ) und Phosphor ( $P_{\text{ges}}$ )), für den Summenparameter AOX (adsorbierbare organische Halogenverbindungen als Maß für bestimmte potenziell gefähr-

liche Stoffe) sowie für die Schwermetalle Kupfer (Cu), Zink (Zn), Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Nickel (Ni) und Quecksilber (Hg). Diese Parameter stellen in Deutschland die klassischen Überwachungsparameter dar.

Die Ermittlung der Wassermengen ist ausführlich in Kapitel 3 dargestellt. Sie erfolgt auf Basis von Daten der landesbehördlichen Überwachung (kommunale Abwasserbehandlung, industrielle Direkteinleitungen), auf Berechnungen anhand mittlerer Niederschlagsreihen und versiegelter außerörtlicher Straßenflächen (Niederschlagswassereinleitungen von außerörtlichen Straßen) bzw. auf Basis von an kommunalen und industriellen Trennsystemen angeschlossenen Flächen (Niederschlagswassereinleitung aus Trennsystemen) sowie anhand von Berechnungen zu kommunalen Entlastungsvolumenströmen (Mischwasserentlastung) aus Mischsystemen.

Die Frachtaberschätzung auf Basis von Überwachungsdaten (kommunale Abwasserbehandlung und industrielle Direkteinleitungen) erfolgt entsprechend der empfohlenen Methodik der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA-Empfehlung). In dieser Empfehlung wird die Berechnung von Abwasserfrachten beziehungsweise der Umgang mit Konzentrationswerten unterhalb der Bestimmungsgrenze geregelt. Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze gehen mit halbem Wert in die Berechnung ein. Sind die Bestimmungsgrenzen deutlich höher als die Emissionsfaktoren wurden bei einzelnen Schwermetallen statt der halben Bestimmungsgrenze die Emissionsfaktoren verwendet. Liegen jedoch mehr als 90 % der Messergebnisse unterhalb der Bestimmungsgrenze, wird die Fracht z. T. als „0“ angegeben (Details siehe Anhang C).

Die Frachtaberschätzung der übrigen Eintragungspfade beruht auf mittleren Konzentrationen ausgewerteter Literaturangaben (niederschlagsrelevante Einleitungen) oder geschätzten Konzentrationsangaben (Kleinkläranlagen). In Bezug auf die Abwassermenge stellen kommunale Kläranlagen mit einem Anteil von 52 % den größten Eintragungspfad dar. Dieses gilt ebenfalls für den Nährstoff  $N_{\text{ges}}$  (54 %). Für den Parameter AOX sind die prozentualen Anteile der eingeleiteten Frachten durch kommunale Kläranlagen (39 %) und durch industrielle Direkteinleitungen (30 %) von ähnlicher Bedeutung.

**Tabelle 9.1.1 Gewässerbelastungen aus kommunalen und industriellen Einleitungen in NRW**

Eintragungspfad	Abwassermenge		TOC-Fracht		$N_{\text{ges}}$ -Fracht		$P_{\text{ges}}$ -Fracht		AOX-Fracht	
	[Mio. m <sup>3</sup> /a]	[%]	[t/a]	[%]	[t/a]	[%]	[t/a]	[%]	[t/a]	[%]
Kommunale Abwasserbehandlung	2.364	52	19.215	30	14.163	54	829	28	45	39
Kleinkläranlagen	26	<1	1.701	3	1.403	5	164	5	<1	<1
Niederschlagswassereinleitung aus Trennsystemen	1.198	26	29.948	46	4.792	18	1.198	41	24	21
Niederschlagswassereinleitung von außerörtlichen Straßen	49	1	1.234	2	197	<1	49	2	1	<1
Mischwasserentlastung	206	5	7.213	11	1.649	6	412	14	10	9
Industrielle Direkteinleitungen	724	16	5.255	8	3.838	15	300	10	33	30
<b>Gesamt NRW</b>	<b>4.567</b>	<b>100</b>	<b>64.566</b>	<b>100</b>	<b>26.042</b>	<b>100</b>	<b>2.952</b>	<b>100</b>	<b>113</b>	<b>100</b>

Eintragungspfad	Cu-Fracht		Zn-Fracht		Pb-Fracht		Cd-Fracht		Cr-Fracht		Ni-Fracht		Hg-Fracht	
	[t/a]	[%]	[t/a]	[%]	[t/a]	[%]	[t/a]	[%]	[t/a]	[%]	[t/a]	[%]	[t/a]	[%]
Kommunale Abwasserbehandlung	12	10	74	10	<1	<1	0,03	<1	4	13	11	22	0,006	18
Kleinkläranlagen	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<0,01	<1	<1	<1	<1	<1	<0,001	<1
Niederschlagswassereinleitung aus Trennsystemen	78	68	515	72	114	88	2,88	88	18	60	35	69	0,012	35
Niederschlagswassereinleitung von außerörtlichen Straßen	3	3	21	3	3	2	0,06	2	<1	3	<1	2	0,001	3
Mischwasserentlastung	19	17	80	11	11	9	0,25	8	4	13	2	4	0,004	12
Industrielle Direkteinleitungen	2	2	25	3	<1	<1	0,07	2	3	10	2	4	0,011	32
<b>Gesamt NRW</b>	<b>113</b>	<b>100</b>	<b>715</b>	<b>100</b>	<b>128</b>	<b>100</b>	<b>3,29</b>	<b>100</b>	<b>29</b>	<b>100</b>	<b>51</b>	<b>100</b>	<b>0,034</b>	<b>100</b>

Stand: 2020

Bei den Schwermetallen Kupfer, Zink, Blei, Cadmium, Chrom und Nickel dominiert der Eintragungspfad der Niederschlagswassereinleitungen aus Trennsystemen mit entsprechenden prozentualen Anteilen von 68 %, 72 %, 88 %, 88 %, 60 % und 69 %. Die hohen Schwermetallkonzentrationen im Niederschlagsabfluss liegen vor allem an der Abschwemmung von Metalldächern (Zink und Kupfer), verzinkten Niederschlagsrinnen, Fallrohren, Verkleidungsblechen oder Dachluken durch Verwitterung oder Korrosion, am Austrag aus Abgasen und Katalysatoren und am Abrieb von Reifen, Bremsbelägen und Fahrbahnen.

Für den Parameter Quecksilber sind die Eintragungspfade Niederschlagswassereinleitung aus dem Trennsystem

und industrielle Einleitungen mit den prozentualen Anteilen von 35 % und 32 % gegenüber den übrigen Eintragungspfaden bestimmend.

Der Eintrag aus Mischwasserentlastungen ist für keinen aufgezeigten Parameter dominant, die Einträge sind insgesamt allerdings auch nicht vernachlässigbar.

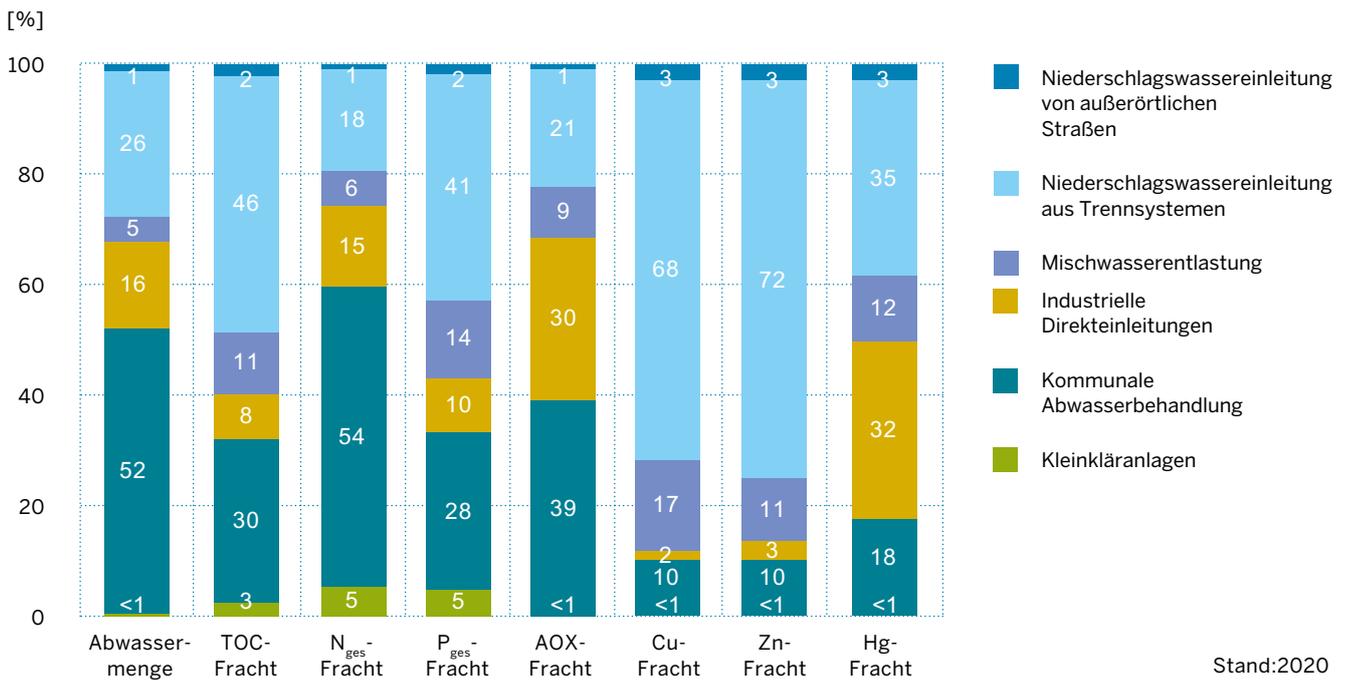
Der Handlungsbedarf bei der Niederschlagswasserbeseitigung wird besonders deutlich, weil die Belastungen aus Niederschlagswassereinleitungen im Vergleich zu kommunalen und industriellen Einleitungen nur zeitweilig erfolgen, dann aber während des Regenabflusses die Belastungen aus kommunalen Kläranlagen um ein Mehrfaches übertreffen können.

In Abbildung 9.1.1 sind die prozentualen Anteile der jeweiligen Eintragspfade an den Gesamtfrachten, grafisch aufgearbeitet, dargestellt. Die Schwermetalle Kupfer und Zink sind beispielhaft auch für die Parameter Blei, Cadmium, Chrom und Nickel aufgeführt. Wie in Tabelle 9.1.1 sind ebenfalls die in Abbildung 5.3 (Kapitel 5.4) aufgeführten Einträge aus kommunalen und industriellen Trennsystemregenbecken sowie von sonstigen Trennsystemflä-

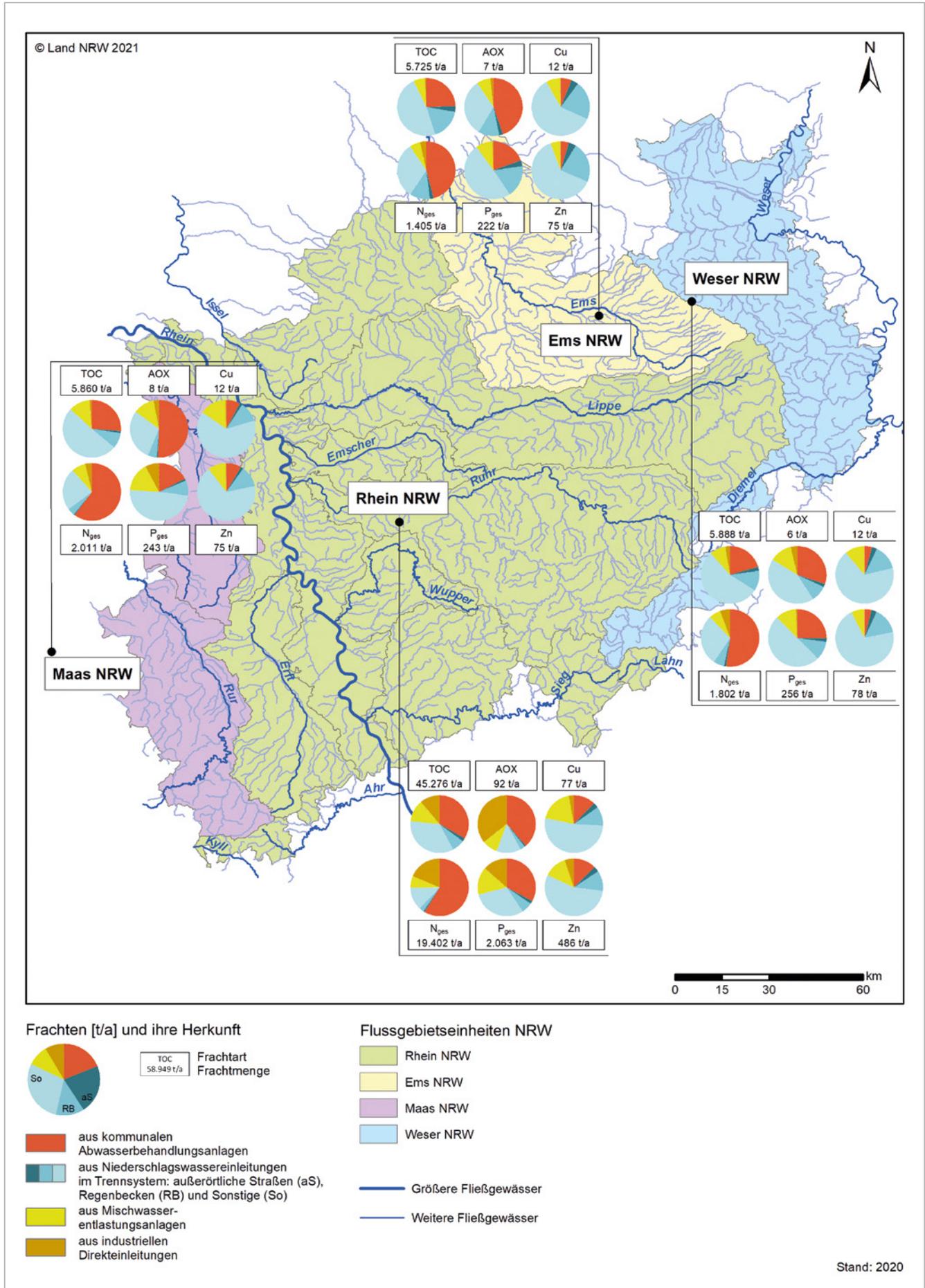
chen in dem Eintragspfad Niederschlagswassereinleitung aus Trennsystemen zusammengefasst.

Karte 9.1.1 zeigt die Gewässerbelastungen aus kommunalen und industriellen Einleitungen zusammengefasst für die großen Flussgebiete für das Jahr 2020. In diesen Darstellungen sind die Einträge aus Kleinkläranlagen nicht berücksichtigt, da die Frachten auf Schätzungen beruhen.

**Abbildung 9.1.1 Frachten kommunaler und industrieller Einleitungen im Jahr 2020 (in %)**



Karte 9.1.1 Gewässerbelastungen aus kommunalen und industriellen Einleitungen



Die EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist seit dem Jahr 2000 die europaweit gültige Grundlage für den Gewässerschutz. Ziel der WRRL ist es, den guten ökologischen und chemischen Zustand der Gewässer bis 2015, in Ausnahmefällen bis 2027, zu erreichen und zu erhalten. Ausgehend von einer umfassenden Zustandsbewertung wurden 2005 für die Gewässer, die nicht den guten Zustand erreichen, erstmals die Belastungsursachen untersucht. Gemäß WRRL ist spätestens 13 Jahre nach Inkrafttreten der Richtlinie (2000) und danach alle sechs Jahre die vorliegende Bestandsaufnahme zu überprüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren. 2009 wurden unter Berücksichtigung der bestehenden Gewässernutzungen erstmals ein Bewirtschaftungsplan und ein Maßnahmenprogramm aufgestellt, mit dem behördenverbindliche Vorgaben zur Umsetzung der wasserwirtschaftlichen Maßnahmen vorgelegt wurden. Aktuell liegt der Entwurf des 3. Bewirtschaftungsplans (2022-2027) der Öffentlichkeit bis zum 22.06.2021 zur Stellungnahme vor (veröffentlicht unter [www.flussgebiete.nrw.de](http://www.flussgebiete.nrw.de)).

Entsprechend den behördenverbindlichen Bewirtschaftungsplänen sind die Maßnahmen des Maßnahmenprogramms umzusetzen. Dies betrifft auch den Bereich der Abwasserbeseitigung. Im Abwasserbereich sind – in Fortsetzung der bisherigen Gewässerschutzpolitik – quasi flächendeckend Maßnahmen vorgesehen. Diese Maßnahmen betreffen den Bereich der kommunalen und industriellen Abwasserbehandlung sowie insbesondere die Niederschlagswasserbeseitigung im Trenn- und Mischsystem sowie von außerörtlichen Straßen.

Neben den Stoffen, die aktuell gemäß WRRL bzw. Oberflächengewässerverordnung konkret geregelt sind, rücken zunehmend weitere Gewässerbelastungen in den Fokus, die zu chronisch-toxikologischen Wirkungen auf die Biozönose und zu Problemen bei Wassernutzungen, wie z. B. der Trinkwasseraufbereitung, führen können. Hierzu zählt ein breites Spektrum von Mikroverunreinigungen, von denen einige erst in den letzten Jahren durch die fortschreitende Entwicklung der Analysetechnik nachweisbar sind, viele andere aber auch erst in den letzten Jahren neu entwickelt wurden und nun über einen großflächigen Einsatz, z. B. als Haushaltschemikalien oder Humanarzneimittel, über die Kläranlagen in die Gewässer gelangen. Mikroschadstoffe in der aquatischen Umwelt und das Hinzukommen neuer immer kleinerer Stoffe (Nanopartikel) sind ein weltweites Problem, das insbesondere in den Gebieten anzugehen ist, in denen das Rohwasser zur Trinkwasseraufbereitung durch anthropogene, industrielle und auch natürliche Einflüsse beeinträchtigt wird (siehe hierzu auch Kapitel 6.6).

## 9.2 MODELLIERUNG VON STOFFEINTRÄGEN IN DIE GEWÄSSER

Im Landesumweltamt (LANUV) werden derzeit unterschiedliche modellbasierte Methoden zur Quantifizierung der Stoffeinträge, auch hinsichtlich unterschiedlicher Eintragspfade, in Oberflächengewässer betrieben. Diese Modelle werden teilweise durch das LANUV selber betrieben und gepflegt, oder auch über externe Auftragnehmer. Ältere Modellprojekte sind an dieser Stelle nicht genannt.

Die verwendeten Modelle unterscheiden sich bezüglich ihre räumlichen und zeitlichen Auflösung, sowie ihrer Eingangsdaten als auch ihrer Ergebnisse (Tabelle 9.2.1). Auch sind die Modelle für unterschiedliche Stoffe bzw. Stoffgruppen geeignet. Darüber hinaus werden verschiedene Berechnungsgrundlagen zugrunde gelegt.

Eine modellbasierte Methode bietet die Modellsoftware MoRE (Modeling of Regionalized Emissions), die bereits mehrfach deutschlandweit angewandt wurde (z. B. Fuchs et al., 2017). Für Nordrhein-Westfalen wurde aufbauend auf dem deutschlandweiten Modell im Rahmen des Projekts „Modellierung der Nährstoff- und Schwermetalleinträge in die Oberflächengewässer NRWs mithilfe des Modells MoRE unter besonderer Berücksichtigung der Niederschlagswassereinleitungen“ eine aktualisierte und verbesserte Modellversion **MoRE NRW** erstellt. Die Modellversion wurde mithilfe von NRW-weit vorliegenden höher aufgelösten Eingangsdaten, NRW-spezifischen Daten und Berechnungsansätzen angepasst. Die Modellversion MoRE NRW wurde für einen Berechnungszeitraum von 5 Jahren (2010-2014) angelegt. Auf Basis dieses IST-Zustandes (Ausgangssituation) wurden Maßnahmen zur Stoffeintragsminderung modelliert.

Ein weiteres Modell ist GREAT-ER (Georeferenced Regional Exposure Assessment Tool for European Rivers), welches zur Abschätzung und Risikobewertung von Umweltkonzentrationen chemischer Stoffe entwickelt und ebenfalls bereits deutschlandweit angewendet wurde (z. B. Lämmchen et al., 2021). Mittels NRW spezifischen GREAT-ER GIS Addin (**GREAT-ER NRW**) werden Stoffeinträge ausgehend von kommunalen Kläranlagen in Oberflächengewässer berechnet. Dazu ist das gesamte NRW-Gewässernetz in maximal 2 km lange Abschnitte unterteilt. Jeder Abschnitt ist mit Werten für die Abflusskenngrößen MQ (mittlerer Abfluss) und MNQ (mittlerer Niedrigwasserabfluss) parametrisiert. Unter der Annahme eines Fließgleichgewichts werden unter Verrechnung des Pro-Kopf-Verbrauchs, Abwassermengen sowie des Abflusses daraus resultierende Konzentrationen je Gewässerabschnitt berechnet. Dementsprechend ist die räumliche Auflösung eine Stoffkonzentration entlang des Gewässerverlaufs. Dabei werden substanzabhängig über einen Faktor Abbauprozesse (z. B. durch Photolyse) im

**Tabelle 9.2.1 Übersicht über die derzeit verwendeten Modelle mit Bezug auf Oberflächengewässer im LANUV. Informationen zu den betrachteten Stoffen, den berücksichtigten Eintragspfaden, sowie ihrer räumlichen und zeitlichen Auflösung sind gegeben.**

Betrachtete Größen	Modelle		
	MoRE NRW	GREAT-ER	GROWA+ NRW2021
<b>Stoffe</b>			
Stickstoff	x		x
Phosphor	x		x
Schwermetalle	x		
Mikroschadstoffe		x	
<b>Eintragspfade</b>			
Punktquellen	Kommunale Kläranlagen	x	x
	Industrielle Direkteinleiter	x	x
	Kleinkläranlagen		x
	Trennkanalisation*	x	x
	Mischwasserentlastung*	x	x
Diffuse Quellen	Altbergbau	x	x
	Atmosphärische Deposition	x	x
	Grundwasser	x	x
	Zwischenabfluss		x
	Dränagen	x	x
	Erosion	x	x
	Abschwemmung	x	x
<b>Zielgröße</b>			
Frachten	x		x
Konzentrationen		x	
<b>Auflösung</b>			
Räumliche	227 Gebiete	max. 2 km lange Gewässerabschnitte	100 x 100 m / 10 x 10 m Raster; Bilanziert für Flussgebiete
Zeitlich, Bezugszeitraum	Jährliche Mittelwerte, 2010 - 2014	Abwassermengen, Lagebericht 2016	Jährliche Mittelwerte, 2014 - 2016

\* Misch- und Trennkanalisation werden in MoRE unter Kanalisationssysteme zusammengefasst und den diffusen Quellen zugeordnet. Stand: 2020

Gewässerverlauf berücksichtigt. Aufbauend auf dem berechneten IST-Zustand können auch hier Szenarien (z. B. Ertüchtigung einzelner Anlagen) berechnet und mit dem IST-Zustand verglichen werden. In NRW werden entsprechende Berechnungen für Mikroschadstoffe wie z. B. Arzneimittel (Diclofenac) durchgeführt. Die resultierenden Modellergebnisse können von den Bezirksregierungen im wasserwirtschaftlichen Vollzug berücksichtigt werden.

Im Rahmen des Kooperationsprojekts **GROWA+ NRW2021** mit dem Titel „Regionalisierte Quantifizierung der diffusen Stickstoff- und Phosphoreinträge ins Grundwasser und die Oberflächengewässer NRWs“ wurde mit der Modellkette RAUMIS-mGROWA-DENUZ-WEKU-MEPhos-MONERIS der IST-Zustand bezogen auf die Herkunft und die Höhe der Nährstoff-Einträge ins Grundwasser und die Oberflächengewässer bestimmt. Damit erfahren die in Wendland et al. (2010) veröffentlichten Ergebnisse eine grundlegende Überarbeitung, indem sämtliche Eingangsdaten aktualisiert wurden. Die diffusen Phosphoreinträge werden mit dem Modell MEPhos berechnet. Diffuse Stickstoff-Einträge werden mit dem Modellsystem mGROWA-DENUZ-WEKU berechnet. Des Weiteren sind für Punktquellen Ergebnisse aus dem Modell MoRE NRW

eingeflossen. Die Modellierung erfolgt abhängig nach Eintragspfad im Raster von 100 x 100 m oder 10 x 10 m. Die Emissionen über alle Pfade werden für die Flussgebiete summiert und gegebenenfalls Verluste infolge gewässerinterner Retention bilanziert. Aufbauend auf dem IST-Zustand wurden auch hier Szenarien gerechnet.

An dieser Stelle ist ergänzend das Projekt AGRUM-DE zu nennen. In dessen Rahmen wurde deutschlandweit mit der eben genannten Modellkette gerechnet. Allerdings ist hier darauf hinzuweisen, dass sich teilweise die Eingangsdaten und auch die Berechnungsansätze im Vergleich zu GOWA+ NRW2021 unterscheiden. Daher lassen sich die Ergebnisse nicht direkt miteinander vergleichen.

Dieses Beispiel zeigt, dass Ergebnisse aus Modellberechnungen niemals alleinstehend betrachtet werden können. Es müssen unbedingt die unterschiedlichen Randbedingungen, sprich Eingangsdaten in ihrer räumlichen und zeitlichen Auflösung, sowie die zugrunde gelegten Berechnungsansätze berücksichtigt werden. Für die Modellberechnungen werden je nach Modellsoftware zahlreiche aktuelle klimatische, hydrologische, bodenkundliche, topographische, hydrogeologische sowie statistische Daten in teilweise hoher räumlicher Auflösung benötigt. Deren Güte und Umfang spiegelt sich maßgeblich in den Modellergebnissen und deren Güte wieder. Die Modellergebnisse können immer nur so gut wie ihre Eingangsdaten sein. Daraus ergibt sich, dass die Ergebnisse unterschiedlicher Modelle nicht eins zu eins miteinander verglichen werden können. Bei der Interpretation und Verwendung der Modellergebnisse müssen die Grundlagen unbedingt Beachtung finden. Perspektivisch ist eine Homogenisierung von Eingangsdaten und Berechnungsansätzen anzustreben, um eine bessere Vergleichbarkeit zu ermöglichen.

### Literatur

Fuchs, S.; Kaiser, M.; Kiemle, L.; Kittlaus, S.; Rothvoß, S.; Toshovski, S. et al. (2017a): Modeling of Regionalized Emissions (MoRE) into Water Bodies. An Open-Source River Basin Management System. In: *Water* 9 (4), S. 239.

Lämmchen, V., Niebaum, G., Berlekamp, J., Klasmeier, J. (2021): Geo-referenced simulation of pharmaceuticals in whole watersheds: application of GREAT-ER 4.1 in Germany. *Environmental Science and Pollution Research*, accepted.

Wendland, F., Kreins, P., Kuhr, P., Kunkel, R., Tetzlaff, B. u. Vereecken, H. (2010): Räumlich differenzierte Quantifizierung der N- und P-Einträge in Grundwasser und Oberflächengewässer in Nordrhein-Westfalen unter besonderer Berücksichtigung diffuser landwirtschaftlicher Quellen.- Forschungszentrum Jülich, Reihe Energie und Umwelt, 88, 216 S. ISBN 978-3-89336-674-3.

