

Chemische Beschaffenheit der Fließgewässer in Hessen

Hintergründe, Monitoring, Bewertung, Perspektiven



Umwelt und Geologie

Chemische Beschaffenheit der Fließgewässer in Hessen

Hintergründe, Monitoring, Bewertung, Perspektiven

Wiesbaden, 2026

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Impressum

Umwelt und Geologie

ISSN 1610-5931
ISBN 978-3-89026-415-8

Chemische Beschaffenheit der Fließgewässer in Hessen - Hintergründe, Monitoring, Bewertung, Perspektiven -

Redaktion: Dezernat W2 Gewässergüte des HLNUG

Titelbild: Nesselbach im Taunus © Felix Ries, Wiesbaden

Herausgeber, © und Vertrieb:

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Postfach 3209, 65022 Wiesbaden

Telefon: 0611 6939-111

E-Mail: vertrieb@hlnug.hessen.de

www.hlnug.de

Social Media

LinkedIn: [linkedin.com/company/hlnug](https://www.linkedin.com/company/hlnug)

Instagram: [@hlnug_hessen](https://www.instagram.com/hlnug_hessen)

YouTube: [@HLNUG_Hessen](https://www.youtube.com/HLNUG_Hessen)

Druck – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Inhalt

Vorwort	1
1 Einleitung	2
2 Rechtliche Rahmenbedingungen	3
3 Vorsorgender Gewässerschutz	4
3.1 Die hessischen Fließgewässer	4
3.2 Punktuelle und diffuse Eintragsquellen	6
3.2.1 Einleitungen von häuslichem oder kommunalem Abwasser	7
3.2.2 Einleitungen aus Misch- und Trennsystemen	10
3.2.3 Industrielle Direkteinleitungen	10
3.3 Alarmpläne	10
4 Erfassung des chemischen Gewässerzustands	12
4.1 Landesweite Messungen/Messstellen	12
4.2 Kontinuierliche Messungen/ortsfeste Messstationen	12
4.2.1 Messverfahren der ortsfesten Messstationen	14
4.2.2 Vorstellung ortsfester Messstationen in Hessen	16
4.2.3 Länderübergreifende Messstationen	19
4.2.3.1 Rheingütestation Worms	19
4.2.3.2 Rheinwasser-Untersuchungsstation Mainz-Wiesbaden	20
4.3 Monitoring-Strategie und Messprogramme in Hessen	21
4.3.1 Allgemein	21
4.3.2 Messprogramme	21
4.3.3 Monitoring- und Überwachungsarten	21
4.3.3.1 Kontinuierliches Monitoring	21
4.3.3.2 Überblicksüberwachung	22
4.3.3.3 Operatives Monitoring	22
4.3.3.4 Ermittlungsmonitoring	22
4.3.3.5 Trendüberwachung	22
5 Ergebnisse	23
5.1 Allgemeine chemisch-physikalische Parameter	23

5.1.1 Übersicht	23
5.1.2 Nährstoffe	23
5.1.2.1 Ammonium und Ammoniak	24
5.1.2.2 Nitrit	28
5.1.2.3 Phosphor	28
5.1.2.4 Abgrenzung von eutrophierten Gebieten zur Umsetzung der Düngeverordnung	33
5.2 Spurenstoffe	36
5.2.1 Allgemeines	36
5.2.2 Matrices	37
5.2.3 Bewertung der Belastung in Gewässern	38
5.2.4 Arzneimittel	40
5.2.4.1 Allgemeines	40
5.2.4.2 Umweltrisiken durch Arzneimittel und Beurteilungskriterien	40
5.2.4.3 Messungen von Arzneimittelkonzentrationen in Hessen	42
5.2.5 Pestizide	46
5.2.5.1 Allgemeines	46
5.2.5.2 Umweltrisiken durch Pestizide und Beurteilungskriterien	46
5.2.5.3 Messungen von Pestiziden in Hessen	47
5.2.5.4 Identifikation von Eintragspfaden	51
5.2.5.5 Ausblick des Pestizid-Monitorings	52
5.2.6 Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFAS)	53
5.2.6.1 Allgemeines	54
5.2.6.2 Untersuchungen in Hessen	54
5.2.7 Metalle	55
5.2.7.1 Allgemeines	55
5.2.7.2 Untersuchungen in Hessen	55
5.2.8 Untersuchungen von Biota – Fische und Muscheln	56
6 Verringerung von Spurenstoffeinträgen	57
7 Fazit und Ausblick	58
8 Abkürzungen	60
9 Glossar	61
10 Abbildungsverzeichnis	62
11 Tabellenverzeichnis	63
12 Literaturverzeichnis	64

Vorwort



Liebe Leserin, lieber Leser,

ich freue mich, Ihnen hiermit einen umfassenden Bericht über die chemische Beschaffenheit der oberirdischen Fließgewässer in Hessen, sowie die Maßnahmen zur Verbesserung dieser, vorlegen zu können.

Unsere Bäche und Flüsse sind aufgrund vielfältiger Nutzungen aus den Bereichen Siedlungswasserwirtschaft, Landwirtschaft und Industrie zahlreichen Belastungen ausgesetzt, die es zu erfassen, zu bewerten und bestmöglich zu minimieren gilt.

Veränderungen der chemischen Fließgewässerbeschaffenheit können nur durch eine systematische und flächendeckende Erfassung und Auswertung von Daten chemischer und physikalischer Parameter erkannt und bewertet werden, weshalb dies eine unverzichtbare Grundlage sowohl für den Schutz der Oberflächengewässer als auch für den vorsorgenden Grund- und Trinkwasserschutz darstellt.

Der vorliegende Bericht gibt Ihnen Auskünfte zu anthropogenen Einflüssen auf die chemische Beschaffenheit unserer Bäche und Flüsse und ermöglicht es, weitergehende Vergleiche und damit Veränderungen in den hessischen Gewässern aufzuzeigen. Somit bietet der Bericht eine Basis, um vorhandene Belastungen und negative Entwicklungen zu erkennen, damit gegebenenfalls entsprechende Maßnahmen eingeleitet bzw. Erfolge bestehender Maßnahmen bewertet und die Maßnahmen ggf. angepasst werden können.

Trotz bereits erfolgreich umgesetzter Maßnahmen bleibt die Belastung der Fließgewässer mit Nährstoffen noch immer eine große Herausforderung. Dies betrifft insbesondere Einträge von Phosphor und Stickstoff aus der Siedlungswasserwirtschaft und der landwirtschaftlichen Flächennutzung. In den letzten Jahren ist zudem der Eintrag von Spurenstoffen in die Fließgewässer immer mehr in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt, da diese teils langlebigen, mobilen und toxischen Substanzen ebenso einen negativen Effekt auf die aquatische Umwelt haben und zudem über das Oberflächengewässer und das Grundwasser bis ins Trinkwasser gelangen können. Ursachen dieser Belastungen sind insbesondere Einleitungen von gereinigtem Abwasser aus kommunalen und industriellen Kläranlagen, Einleitungen aus Mischwasserentlastungen sowie Einträge aus der landwirtschaftlichen Flächennutzung.

Aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren auf die chemische Beschaffenheit müssen Maßnahmen an diversen Stellen ansetzen – oberstes Ziel im Sinne eines vorsorgenden Gewässerschutzes muss jedoch die Vermeidung bzw. Minimierung jeder Art von Gewässerbelastung sein.

Ich wünsche viele interessante Erkenntnisse beim Lesen!

A handwritten signature in black ink that reads "Thomas Schmid". The signature is fluid and cursive, with a large, stylized 'T' and 'S'.

Prof. Dr. Thomas Schmid
Präsident des Hessischen Landesamtes für Naturschutz,
Umwelt und Geologie

1 Einleitung

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über die Erfassung, Bewertung und Beobachtung der chemischen Beschaffenheit der oberirdischen Fließgewässer Hessens durch das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) und zeigt Hintergründe auf. Dadurch kann das HLNUG beim Erhalt des guten Zustandes der oberirdischen Fließgewässer oder, bei nachgewiesenen Belastungen, bei der Verbesserung des Zustandes beraten und unterstützen.

Einleitend werden die wesentlichen rechtlichen Grundlagen auf europäischer und nationaler Ebene aufgeführt, auf die sich die Tätigkeiten des zuständigen Dezernates W2 „Gewässergüte“ im HLNUG beziehen. Auf die entsprechenden Regelungen wird in den einzelnen themenbezogenen Kapiteln näher eingegangen. In einer kurzen Erläuterung zu den hessischen Fließgewässern, den wichtigsten Flüssen und Flussgebietseinheiten werden anschließend die Nutzung und die vielfältigen diffusen und punktuellen Eintragsquellen der Nähr- und Spurenstoffe beschrieben.

Im Bereich der Abwasserbeseitigung unterstützt das HLNUG die Überwachung der Einhaltung der Anforderungen an Einleitungen in Gewässer durch die hessischen Wasserbehörden mit dem Fachinformationssystem Hessische Abwasseranlagen (FIS HAA), auf dem außerdem verschiedene Viewer zur kartografischen Darstellung von Punktquellen basieren und das zudem auch für zentrale Auswertungen genutzt wird. Dem HLNUG obliegt im Abwasserbereich auch die Anerkennung von Sachverständigen und sachverständigen Stellen, denen auf Grundlage der hessischen Indirekteinleiterverordnung Prüf- und Überwachungstätigkeiten übertragen werden können.

Der chemische Gewässerzustand der hessischen Oberflächengewässer wird von einem Team durch regelmäßige Probenahmen an sieben ortsfesten Messstationen sowie an repräsentativen Messstellen der einzelnen 392 Oberflächenwasserkörper überwacht. Neben der Messung von Parametern vor Ort werden Proben an verschiedene Labore versandt.

Die Analyseergebnisse werden anschließend auf ihre Plausibilität überprüft und in Datenbanken zur Verfügung gestellt. Diese Daten werden im HLNUG ausgewertet und können dann von interessierten Bürgerinnen und Bürgern abgerufen werden, stehen Universitäten, Ingenieurbüros, anderen Behörden etc. zur Verfügung. Auswertungen zu den allgemeinen chemisch-physikalischen Parametern (ACP) und Spurenstoffen finden sich beispielhaft in diesem Bericht, z.B. zu Phosphor, Arzneimittelrückständen, Pestiziden und Metallen.

Neben der Probenahme, Überwachung und Auswertung von Messwerten ist das HLNUG auch in Zusammenarbeit mit anderen Behörden und wissenschaftlichen Einrichtungen der zentrale Ansprechpartner zur Bewertung der Effektivität von Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität wie z.B. von anwendungsorientierten Maßnahmen der Verbraucherinnen und Verbraucher sowie der Landwirtschaft. Ziel dieser Arbeiten ist in erster Linie der Schutz der hessischen Oberflächengewässer vor anthropogenen Belastungen.

In den letzten Jahren rückte aufgrund der länger andauernden Trockenheitsphasen auch die Verfügbarkeit von sauberem Wasser in den Fokus der Öffentlichkeit. Dies zeigt einmal mehr die Bedeutung der in diesem Bericht beschriebenen Aufgaben und Auswertungen und darüber hinaus, wie wichtig es ist, die Anstrengungen noch zu verstärken.

2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die europäische und nationale Wasserpolitik spielt eine entscheidende Rolle bei der Erhaltung und nachhaltigen Nutzung unserer Wasserressourcen.

Ein zentrales Element dieser Politik ist die Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG – WRRL), die im Jahr 2000 von der Europäischen Gemeinschaft erlassen wurde. Diese Richtlinie verfolgt das ehrgeizige Ziel, bis zum Jahr 2027 einen guten ökologischen Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial sowie einen guten chemischen Zustand in den Fließgewässern der Europäischen Union zu erreichen. Hierzu sind in der Umweltqualitätsnormrichtlinie (Richtlinie 2008/105/EG, geändert durch Richtlinie 2013/39/EU), Umweltqualitätsnormen für bestimmte Stoffe bzw. Stoffgruppen in den Oberflächengewässern festgelegt worden, die den Zielen der WRRL entsprechen. Beide Richtlinien wurden unter anderem mit dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG 2009), sowie der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) in nationales Recht umgesetzt.

Von großer Bedeutung in Bezug auf die chemische Beschaffenheit der Fließgewässer sind die europäische Kommunalabwasserrichtlinie (Richtlinie 2024/3019) und die europäische Industrieemissionsrichtlinie (Richtlinie 2024/1785), mit denen die Umwelt vor schädlichen Einwirkungen durch nicht ausreichend gereinigtes kommunales und industrielles Abwasser geschützt werden soll. Sie werden durch das WHG und insbesondere durch die Abwasserverordnung (AbwV 2004) rechtlich umgesetzt.

Die Nitratrichlinie (Richtlinie 91/676/EWG) stellt eine weitere europäische Regelung dar, die Maßnahmen zur Verringerung von stofflichen Belastungen definiert und in Deutschland vor allem durch die Düngeverordnung (DüV 2017) umgesetzt wird.

Zudem existieren verschiedene weitere Regelungen auf der Landesebene Hessen, mit denen Vorgaben und Umsetzungen konkretisiert werden.

Hier ist insbesondere das Hessische Wassergesetz (HWG 2010, geändert 2023) zu nennen, das u. a. auch der Umsetzung der WRRL dient und die Bewirtschaftung und den Schutz der Wasserressourcen in Hessen anhand von Vorschriften regelt. Dazu ge-

hören z. B. Maßnahmen zur Abwasserreinigung von kommunalen Einleitungen und zur Minimierung von Einträgen durch die Landwirtschaft sowie Vorgaben zur Gewässerüberwachung.

Bei der Umsetzung der OGewV kommt dem HLNUG als nachgeordneter Fachbehörde des Hessischen Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat (HMLU) eine zentrale Rolle zu:

Das Dezernat W2 „Gewässergüte“ des HLNUG ist verantwortlich für die Erfassung, Bewertung und Beobachtung der Wasserqualität der Fließgewässer in Hessen. Dies umfasst die regelmäßige Probenahme an Oberflächengewässern, die Analyse von Wasserproben auf chemisch-physikalische Parameter (z. B. Wassertemperatur, gelöster Sauerstoff und Nährstoffe) und Spurenstoffe (organische Schadstoffe und Metalle) sowie zusätzlich die Bewertung der Wasserqualität im Hinblick auf die Vorgaben der WRRL.

Tab. 1: Wesentliche, die chemische Beschaffenheit der Fließgewässer betreffende Regelungen

	Oberflächengewässer	Abwasser
EU	Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)	Kommunalabwasserrichtlinie
	Umweltqualitätsnormrichtlinie (UQN-RL)	
	Nitratrichlinie	
		Industrieemissionsrichtlinie
Bund	Wasserhaushaltsgesetz (WHG)	
	Oberflächengewässerverordnung (OGewV)	Abwasserverordnung (AbwV)
	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (AwSV)	
	Düngeverordnung (DüV)	
	AVV Gebietsausweisung (AVV GeA)	
Land	Hessisches Wassergesetz (HWG)	
		Verordnung zur Umsetzung der EU-Richtlinie 91/271/EWG über die Behandlung von kommunalem Abwasser (KomAbw-VO)
		Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO)
		Indirekteinleiterverordnung (IndV)

3 Vorsorgender Gewässerschutz

3.1 Die hessischen Fließgewässer

Mit einer Fließstrecke von etwa 24 000 km auf einer Fläche von 21 115 km² zählt Hessen zu den fließgewässerreichsten Ländern Deutschlands. Hessen wird von den Flüssen Rhein, Main, Weser und Neckar durchflossen. Der Rhein ist im Südwesten auf einer Länge von ca. 107 km die Landesgrenze zu Rheinland-Pfalz, und der Neckar ist an der Südspitze Hessens auf ca. 17 km die Landesgrenze zu Baden-Württemberg. Lahn, Eder, Diemel, Werra und Fulda zählen zu den großen Mittelgebirgsflüssen in Hessen. Insgesamt betrachtet besteht das hessische Gewässernetz überwiegend aus Mittelgebirgsflüssen und -bächen.

Die Fließgewässer im Norden und Osten Hessens gehören zur Flussgebietseinheit Weser (bräunliche Flächen in Abbildung 1). Alle übrigen Oberflächengewässer fließen nach Süden und Westen und sind der Flussgebietseinheit Rhein zugeordnet (grünliche Flächen) (HMUKLV 2021b). Das Wasser der hessischen Fließgewässer mündet letztendlich über Rhein und Weser in die Nordsee.

Die WRRL gibt zum Erreichen der wasserwirtschaftlichen Ziele u. a. vor, dass auf Flussgebietsebene über Länder- und Verwaltungsgrenzen hinweg Bewirtschaftungspläne (BP) und Maßnahmenprogramme (MP) zur Verbesserung des Zustands der Gewässer zu erstellen sind. Hessen hat dabei Anteile an den Flussgebietseinheiten (FGE) Rhein und Weser. Für die Koordinierung und Abstimmung mit den anderen Mitgliedstaaten und Ländern in den beiden FGE ist das HMLU zuständig. Um die Aufgabenverteilung und die Koordinierung zu erleichtern, wurden die FGE weiter in Bearbeitungsgebiete unterteilt. Die hessischen Anteile der Flussgebietseinheiten sind in neun Bearbeitungsgebiete unterteilt: Fulda/Diemel, Werra, Weser, Leine und Main, Mittelrhein, Oberrhein, Neckar und Niederrhein.

Die kleinste Bewirtschaftungseinheit nach WRRL ist der Oberflächenwasserkörper (OWK), der aus dem Einzugsgebiet eines Baches oder aus dem Teileinzugsgebiet eines Flusses bestehen kann und eine Einzugsgebietsfläche von über 10 km² aufweisen muss. Oberflächenwasserkörper werden aufgrund von fachlichen Kriterien

abgegrenzt (z. B. gleicher Gewässertyp, vergleichbarer Zustand). Das HLNUG ist für die Überwachung des Gewässerzustandes von 392 OWK verantwortlich. Die Überwachung erfolgt an jedem OWK durch eine repräsentative Messstelle an der Mündung (Kapitel 4.1). Darüber hinaus gibt es noch einige Grenzwasserkörper, die sich Hessen mit Nachbarländern teilt und für die die Zuständigkeit in Bezug auf die Erhebung des chemischen Gewässerzustandes beim Nachbarland liegt.

Die vielfältige Nutzung der Fließgewässer durch den Menschen führt zu Beeinträchtigungen und Belastungen. So führen wasserbauliche Maßnahmen für die Schifffahrt, den Hochwasserschutz oder die Abflussregulierung zu Veränderungen des natürlichen Abflussverhaltens und damit auch des ökologischen Gewässerzustands. Wasserentnahmen zur Stromerzeugung oder zu Kühlzwecken in Produktionsprozessen führen zu geringeren Gewassertiefen und Fließgeschwindigkeiten und in den Sommermonaten zu einer schnelleren Erwärmung des Wassers. Wird in den Sommermonaten erwärmtes Wasser, das für Kühlzwecke entnommen wurde, wieder eingeleitet, kann es besonders bei hoher organischer Vorbelastung zu geringen Sauerstoffkonzentrationen kommen, da mit steigenden Wassertemperaturen die Löslichkeit von Sauerstoff abnimmt. Dies kann dann möglicherweise zu Fischsterben führen. Auch die Entnahme von Wasser für die Vielzahl von Fischteichanlagen, die in Hessen vorkommen, und die Wiedereinleitung der mit Nährstoffen angereicherten Teichwässer führen zur Beeinträchtigung der Vorfluter. Die Art und Intensität der Landnutzung haben ebenso unmittelbare Auswirkungen auf die Beschaffenheit der Gewässer, da in ländlichen Gebieten Nährstoffe und/oder Pflanzenschutzmittel durch die landwirtschaftliche Flächennutzung in die Gewässer gelangen können. In dicht besiedelten Gebieten wie z. B. dem Rhein-Main-Gebiet werden die Gewässer durch Abwassereinleitungen belastet.

Eine Belastung der chemischen Beschaffenheit der hessischen Fließgewässer erfolgt überwiegend durch punktuelle und diffuse Eintragsquellen, die im folgenden Kapitel genauer betrachtet werden.

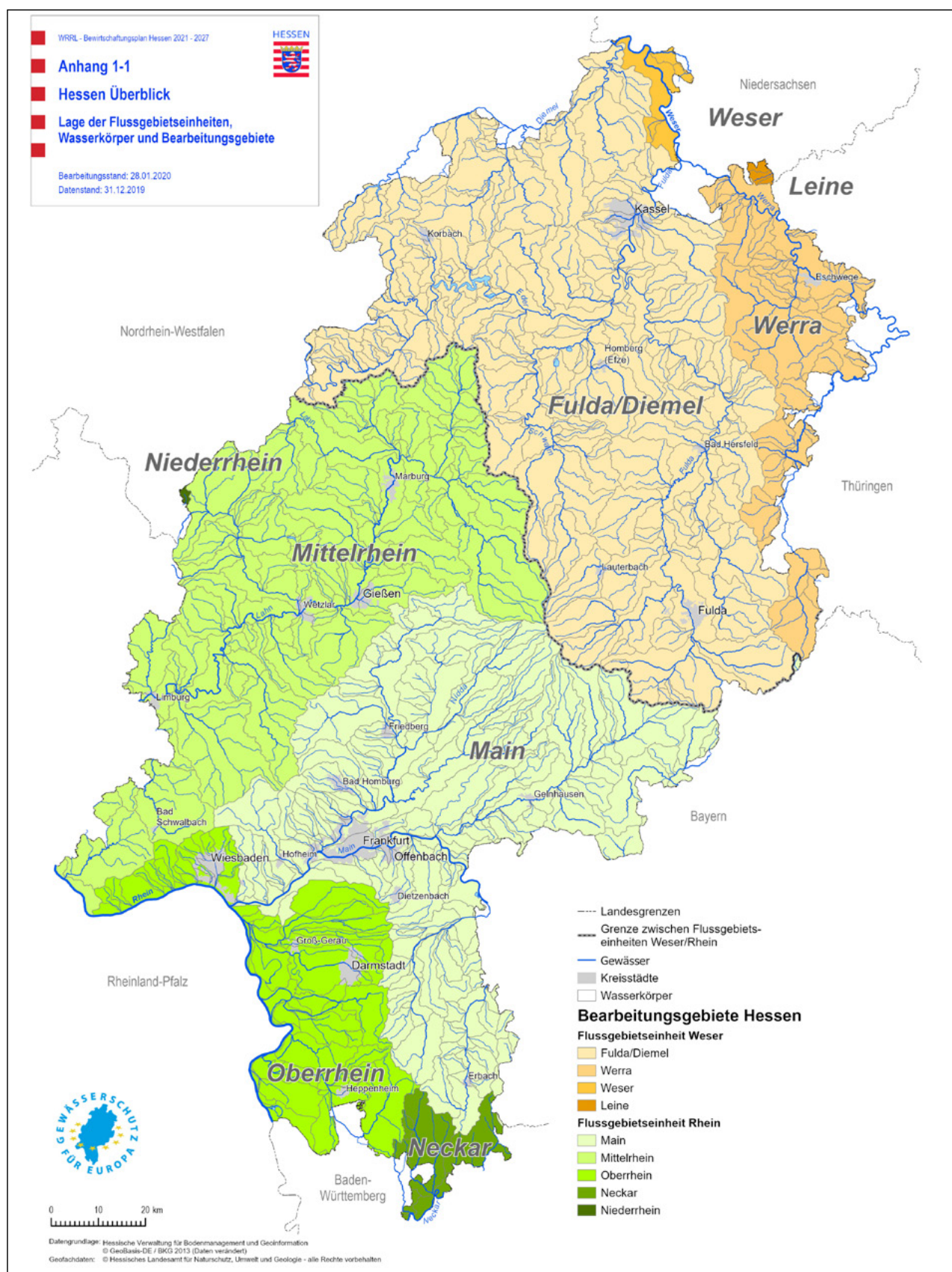


Abb. 1: Hessen Überblick – Lage der Flussgebietseinheiten, Bearbeitungsgebiete und Wasserkörper (Anhang 1-1 des Bewirtschaftungsplans 2021–2027; HMUKLV 2021b)

3.2 Punktuelle und diffuse Eintragsquellen

In Abbildung 2 sind die wesentlichen Eintragspfade von Stoffen in Fließgewässer vereinfacht dargestellt (siehe hierzu auch UBA 2023).

Als **punktuelle Eintragsquellen** in Gewässer werden die Einleitungen von gereinigtem häuslichem und industriellem Abwasser aus Kläranlagen und auch von Niederschlagswasser verstanden (Abbildung 2). In Hessen erfolgt die Abwasserableitung aus Haushalten und indirekteinleitenden Gewerbebetrieben zur Kläranlage überwiegend über Kanäle im Mischsystem. Hierbei wird das Schmutzwasser aus Haushalten und Gewerbebetrieben gemeinsam mit dem Niederschlagswasser von versiegelten Flächen der Kläranlage zugeführt. Im Trennsystem wird das Niederschlagswasser in einem getrennten Kanal erfasst und entweder versickert oder in ein Gewässer eingeleitet. Um eine Überlastung des Kanalsystems und der Kläranlage bei stärkeren Niederschlagsereignissen zu verhindern, werden im Kanaleinzugsgebiet einer Kläranlage z. B. Regenbecken (Sammelbegriff für Anlagen zur Rückhaltung und/oder Behandlung von Regen- und Mischwasser) angeordnet, in denen das Mischwasser zwischengespeichert und erst nach dem Niederschlagsereignis kontrolliert zur Kläranlage abgeleitet wird. Erst bei Vollfüllung eines Beckens erfolgt die Entlastung des Abwassers in ein Gewässer.

Industriebetriebe (Gewerbebetriebe), die nicht in das öffentliche Kanalnetz, sondern direkt in ein Gewässer einleiten, betreiben eigene Kläranlagen, deren Reinigungsverfahren auf die gezielte Entfernung produktionspezifischer Schadstoffe abgestellt ist.

Die Optimierung der Reinigungsleistung von Kläranlagen bezüglich der Reduzierung von Nährstoffen und Chemikalien, aber auch die Überwachung der Einhaltung der Anforderungen aus der Einleiteerlaubnis, des ordnungsgemäßen Betriebes der Anlagen und die Überwachung der Indirekteinleitungen tragen wesentlich zum Schutz der Gewässer bei.

Als **diffuse Eintragsquellen** werden Stoffeinträge in Oberflächengewässer verstanden, die erfolgen z. B. durch (Abbildung 2):

- Abschwemmungen von landwirtschaftlich genutzten Flächen durch den Oberflächenabfluss (Stoffe in gelöster Form),
- Erosion (durch stärkere Niederschläge wird Bodenmaterial und damit die sedimentgebundenen Stoffe von landwirtschaftlich genutzten Flächen abgetragen),
- Drainagen (unterirdische Entwässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen),

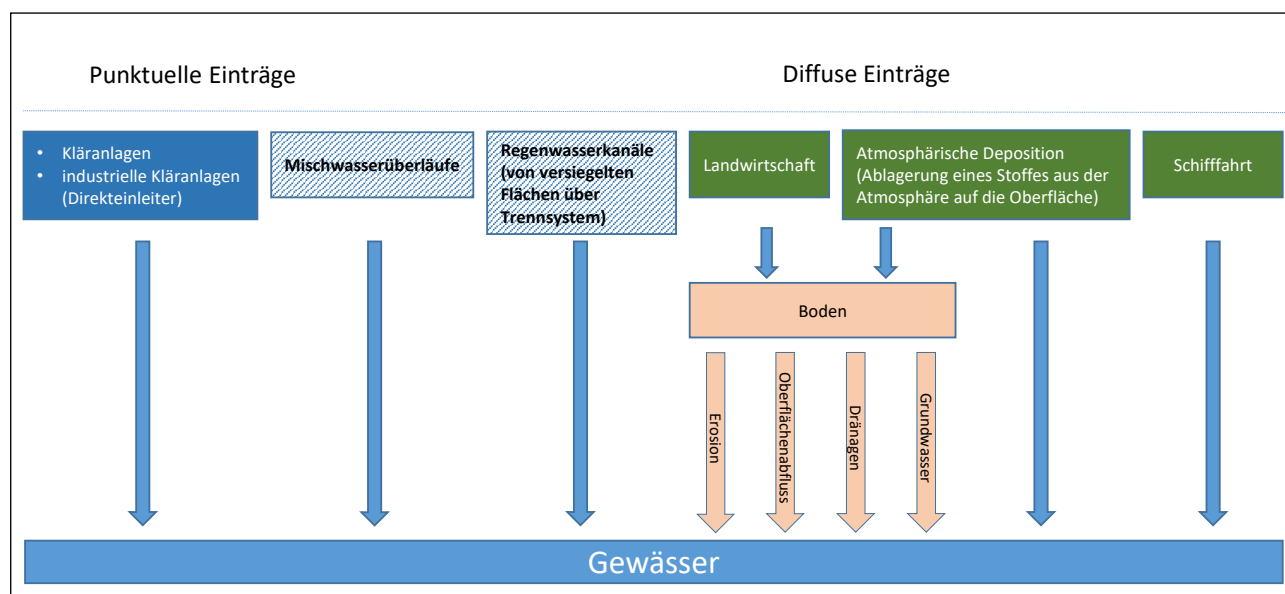


Abb. 2: Vereinfachte Darstellung der wesentlichen Stoffeintragspfade in ein oberirdisches Fließgewässer

- atmosphärische Deposition (Ablagerung von Stoffen aus der Luft (z. B. aus Verbrennungsanlagen) auf Böden und Gewässeroberfläche),
- Eintrag über das Grundwasser (mit den Niederschlägen gelangen Stoffe aus Böden in das Grundwasser, aus dem wiederum Gewässer gespeist werden),
- Nutzung durch die Schifffahrt (Biozide aus Bootsanstrichen, Motoröl, Kraftstoffe, Abwässer).

Die Anteile der einzelnen Eintragspfade, die zur diffusen Belastung beitragen, variieren sowohl räumlich als auch zwischen den verschiedenen Stoffen stark. Gerade die Anteile der flächenhaften Einträge werden durch die Ausprägung von Geographie, Geologie sowie der Landnutzungsart (z. B. Siedlungs- und Verkehrsflächen, Waldflächen, Landwirtschaftsflächen) und hier besonders von der Art der Bodennutzung und Siedlungsdichte bestimmt (Kapitel 5.1.2.4)

Ausführliche und anschauliche Informationen zum Thema „WRRL, Gewässerbelastungen und Maßnahmen“ sind in folgenden Veröffentlichungen des Umweltbundesamtes zu finden:

- BMU/UBA (Hrsg.) (2017): Wasserwirtschaft in Deutschland. Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_wasserwirtschaft_in_deutschland_2017_web_aktualisiert.pdf; Stand 30.09.2025].
- BMUV/UBA – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Umweltbundesamt (2022): Die Wasserrahmenrichtlinie – Gewässer in Deutschland 2021. Fortschritte und Herausforderungen. Bonn, Dessau. [<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/die-wasserrahmenrichtlinie-gewaesser-in-deutschland>; Stand 30.09.2025].

3.2.1 Einleitungen von häuslichem oder kommunalem Abwasser

Das häusliche Abwasser von etwa 99,7 % der hessischen Bevölkerung (6 276 052 Einwohner; Stand: 30. Juni 2024) wird in kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen mechanisch-biologisch behandelt.

In Hessen werden zurzeit 699 kommunale Kläranlagen (siehe Abbildung 4) mit einer Ausbaugröße von insgesamt 10 564 851 EW (Einwohnerwerte) betrie-

ben. In diesen Kläranlagen wird das Abwasser von rd. 6,3 Mio. Einwohnern und das Abwasser aus den indirekt einleitenden industriellen Betrieben gereinigt.

Abbildung 3 verdeutlicht, dass in Hessen 531 kommunale Kläranlagen der Größenklassen 1 bis 3 (bis 10 000 EW) betrieben werden, die einen Anteil von 76 % an den hessischen kommunalen Kläranlagen darstellen, deren Ausbaugröße aber nur etwa 12 % der Gesamtausbaugröße ausmacht. Das bedeutet, dass 168 der 699 hessischen kommunalen Kläranlagen (Größenklasse 4 und 5) 88 % der Gesamtausbaugröße abdecken. Daraus ergibt sich, dass die technische Ausstattung und Reinigungsleistung dieser 168 Kläranlagen von besonderer Bedeutung sind.

Die Entwicklung des technischen Ausbaus der Abwasserbehandlungsanlagen und die jeweils vorhandene Ausstattung zur Entfernung der organischen Belastung sowie der Nährstoffelimination durch Nitrifikation, Denitrifikation und Phosphorelimination ist in Abbildung 5 dargestellt.

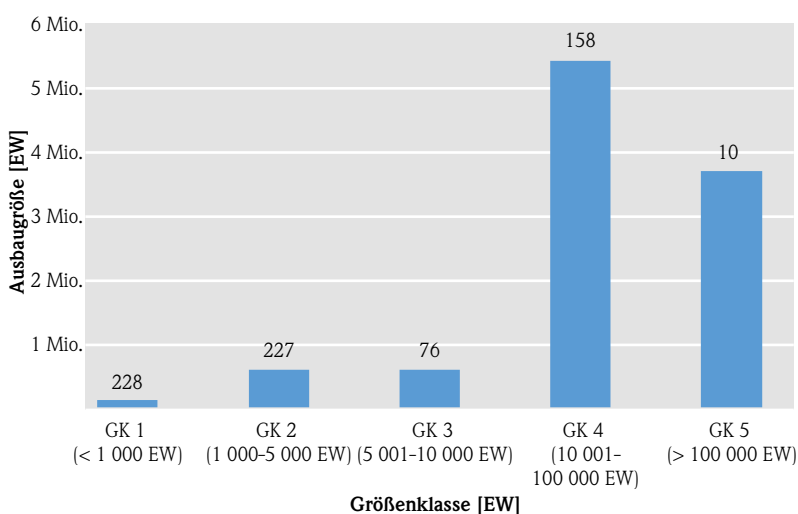


Abb. 3: Anzahl der kommunalen Kläranlagen in Hessen pro Größenklasse bezogen auf die Ausbaugröße (EW) (Stand 31.12.2024) (siehe Lagebericht 2024, S. 11, Tab. 2; HMLU 2025)

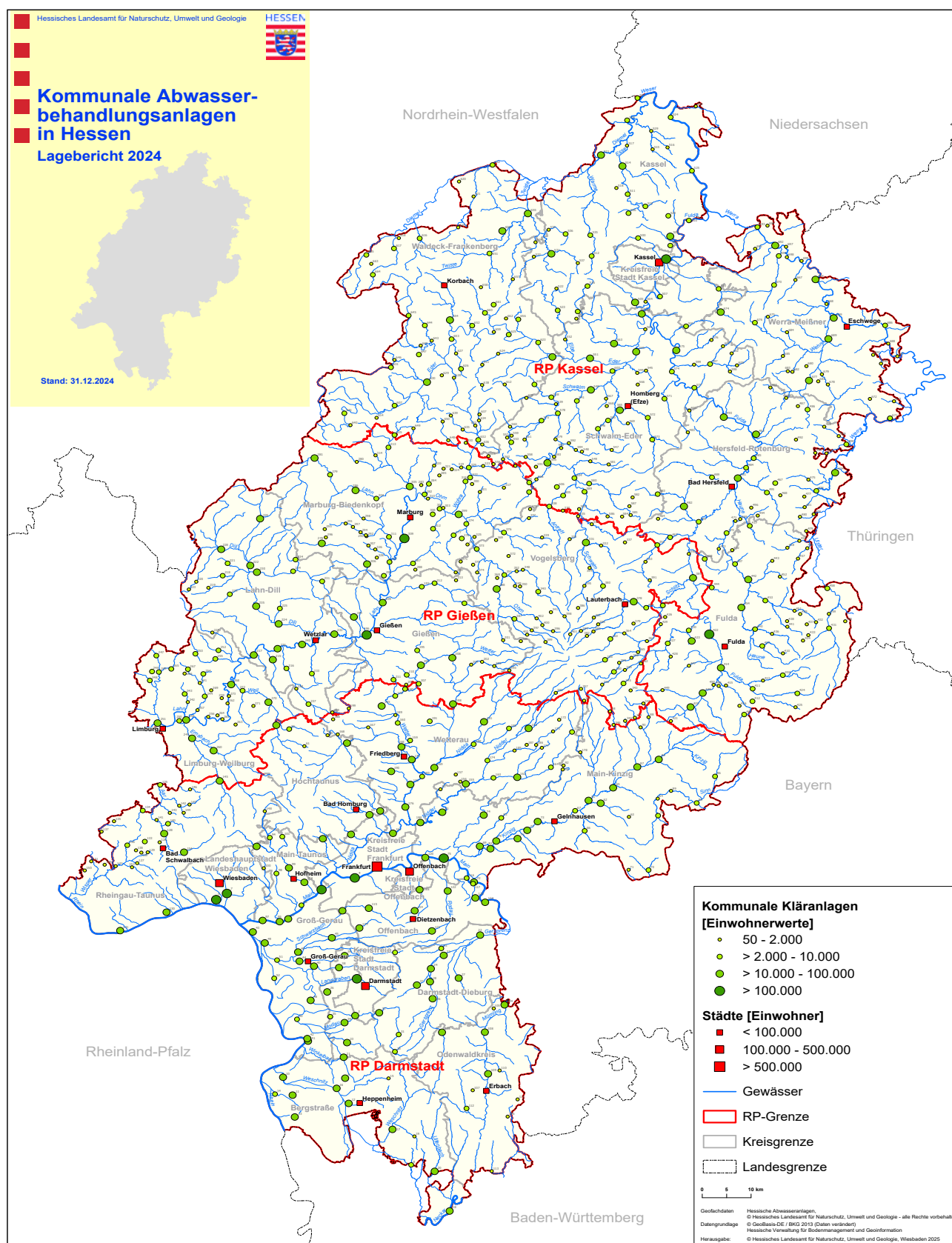


Abb. 4: Karte mit einer Übersicht über die Standorte der 699 kommunalen Kläranlagen in Hessen, Stand 31.12.2024 (veröffentlicht als Anhang des Lageberichtes 2024 „Beseitigung von kommunalen Abwässern in Hessen“; HMLU 2025)

Dabei ist zu beachten, dass die bisherige Kommunalabwasserrichtlinie (Richtlinie 91/271/EWG) nur für Kläranlagen > 10 000 EW zusätzlich zur Reduzierung der organischen Belastung eine Nährstoffreduzierung (Stickstoff und Phosphor) fordert. Von dieser Anforderung sind in Hessen 168 Kläranlagen betroffen, die alle entsprechend ausgestattet sind. Insgesamt besitzen bereits 607 von 699 kommunalen Kläranlagen in Hessen eine weitergehende Behandlung zur Nährstoffreduktion (Abbildung 5).

Die Reinigungsleistung der hessischen kommunalen Kläranlagen für die Nährstoffparameter $N_{\text{ges.anorg.}}$ (anorganischer Gesamtstickstoffgehalt: Summe aus Ammonium, Nitrit und Nitrat) und $P_{\text{ges.}}$ (Gesamtphosphorgehalt) sind für die Jahre 2013 bis 2024 in Abbildung 6 und Abbildung 7 dargestellt. Die Auswertungen beruhen auf Daten der Eigenkontrolle. Im Jahr 2024 beträgt die mittlere Reinigungsleistung der kommunalen Kläranlagen ab einer Ausbaugröße von 2 000 EW bezogen auf den Parameter anorganischer Gesamtstickstoff ($N_{\text{ges.anorg.}}$) 76 %.

Auf Grund erhöhter Anforderungen für die Phosphorelimination durch das Maßnahmenprogramm 2009–2015 (HMu-ELV 2009) mit der ersten Aktualisierung für den Zeitraum 2015–2021 (HMuKLV 2015) und der zweiten Aktualisierung für den Zeitraum 2021–2027 (HMuKLV 2021a) ist gerade bei kleineren Kläranlagen eine deutliche Leistungssteigerung zu erkennen (Abbildung 7).

Im Jahr 2024 beträgt die mittlere Reinigungsleistung der kommunalen Kläranlagen ab einer Ausbaugröße von 2 000 EW für den Parameter $P_{\text{ges.}}$ 94 %.

Der weit überwiegende Anteil des Abwassers der hessischen Industrie- und Gewerbebetriebe wird nach ggf. erforderlicher Vorbehandlung über das öffentliche Kanalnetz in die kommunalen Kläranlagen eingeleitet (Indirekteinleiter).

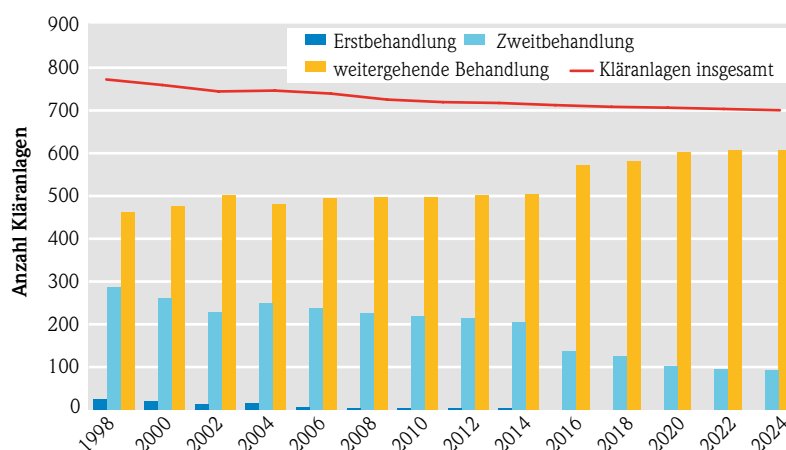


Abb. 5: Zeitliche Entwicklung des technischen Ausbaus der hessischen kommunalen Kläranlagen (Stand 31.12.2024)

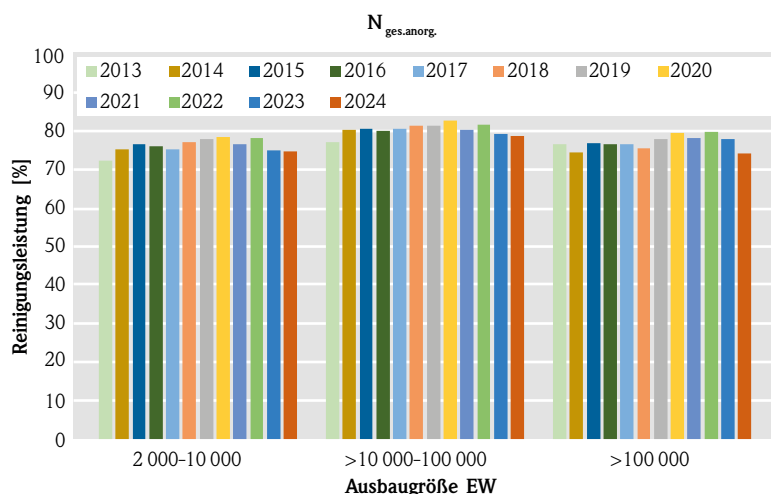


Abb. 6: Reinigungsleistung hessischer Kläranlagen hinsichtlich des Parameters $N_{\text{ges.anorg.}}$ in den Jahren 2013–2024 (Ergebnisse der Eigenkontrolle)

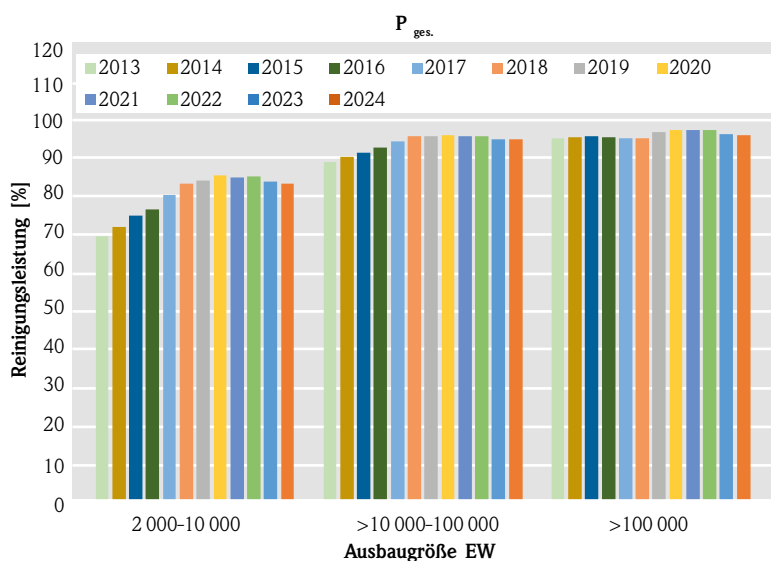


Abb. 7: Reinigungsleistung hessischer Kläranlagen hinsichtlich des Parameters $P_{\text{ges.}}$ in den Jahren 2013–2024 (Ergebnisse der Eigenkontrolle)

3.2.2 Einleitungen aus Misch- und Trennsystemen

Die Niederschlagswasserableitung erfolgt zu ca. 82 % im Mischsystem und zu ca. 18 % im Trennsystem. Zum Schutz der Gewässer werden im Mischsystem etwa 3 300 Becken (Regenüberlaufbecken und Stauraumkanäle) mit einem Speichervolumen von etwa

1,84 Mio. m³ und etwa 2 900 Regenüberläufe betrieben. Daneben werden etwa 200 Regenrückhaltebecken im Mischsystem und etwa 640 Becken (Regenklärbecken und Regenrückhaltebecken) im Trennsystem betrieben.

3.2.3 Industrielle Direkteinleitungen

Neben den Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen führt auch der Abwasseranfall im industriell-gewerblichen Bereich zu Gewässerbelastungen,

obwohl lediglich ein kleiner Teil des Abwassers von den Betrieben direkt in die Gewässer eingeleitet wird (Direkteinleiter).

3.3 Alarmpläne

Treten plötzlich Verunreinigungen mit umweltgefährdenden, insbesondere wassergefährdenden Stoffen auf, die in ihrer Menge oder Konzentration die Gewässergüte der Oberflächengewässer, das Grundwasser oder den Boden nachteilig beeinflussen können, sind diese Ereignisse zu melden. Die zur Bekämpfung von Schadensereignissen zuständigen Behörden und Stellen sind zu warnen bzw. zu informieren, so dass die Gefahrenabwehr, Ursachenfeststellung, Verursacherermittlung, Maßnahmen zur Beseitigung, Vermeidung oder Verringerung von Schäden sowie Folgeschäden veranlasst werden können. Zur Erfüllung dieser Aufgabe sind Gewässer- und Bodenschutzalarmpläne aufzustellen und fortzuschreiben.

Die Gewässer- und Bodenschutz-Alarmrichtlinie [https://landwirtschaft.hessen.de/sites/landwirtschaft.hessen.de/files/2023-05/alarmrichtlinie_bf.pdf; Stand: 25.09.2025] gibt den Rahmen für die von Industrie- und Gewerbebetrieben aufzustellenden betrieblichen sowie von den Kreisausschüssen der Landkreise, Magistrate der kreisfreien Städte und der Regierungspräsidien aufzustellenden behördlichen Alarmpläne vor.

Das HLNUG berät auf Anfrage bei Gewässer- und Bodenverunreinigungen die Wasser- und Bodenschutzbehörden im Rahmen der Gefahrenabwehr. Dies dient der Beurteilung des Schadensereignisses im Hinblick auf die durchzuführenden Maßnahmen. Das HLNUG kann in besonderen Fällen auch selbst

Gewässer- und Bodenuntersuchungen und -bewertungen hierzu durchführen.

Kommt es im **Rhein** zu einer plötzlichen Gewässer-
verunreinigung, greift der Internationale Warn- und Alarmplan Rhein (IWAP) [<https://www.iksr.org/de/themen/verschmutzungen/internationaler-warn-und-alarmplan>; Stand: 29.09.2025], mit dem die zuständigen Behörden und die Trinkwasserwerke in den Rheinanliegerstaaten gewarnt und informiert werden. Über Suchmeldungen können damit auch Verursacher ermittelt werden. Sieben internationale Hauptwarnzentralen sind beteiligt, die jeweils für verschiedene Rheinabschnitte zuständig sind. Die Information erfolgt entlang des Rheins von Basel (R1) in der Schweiz bis Arnheim in den Niederlanden (R7). Die Wasserschutzpolizeistation Wiesbaden in Mainz-Kostheim als Internationale Hauptwarnzentrale (IHWZ) R4 gibt nicht nur Informationen entlang des Rheins weiter, sondern informiert auch als Landeshauptwarnzentrale (LHWZ) die in Hessen möglicherweise betroffenen Stellen (Behörden, Wasserwerke, Wasserbehörden etc.).

Das HLNUG betreibt am Rhein zusammen mit Rheinland-Pfalz die Rheinwasser-Untersuchungsstation Mainz-Wiesbaden (RUST) sowie zusammen mit Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg die Rheingütestation Worms (Kapitel 4.2.3). Mit Hilfe von kontinuierlichen Messungen und/oder Indikatororganismen können Gewässerverunreinigungen nachgewiesen

werden. Anhand von Rückstellproben, die auch die hessische Gewässer-Gütemessstation Bischofsheim am Main vorhält, und Fließzeitmodellen kann auch ein Beitrag bei der Aufklärung von bekannten Alarmfällen geliefert werden. Konzentration und Herkunft wassergefährdender Stoffe können rückwirkend nachweisbar sein, sodass der Ort der Einleitung und ein Verursacher ermittelbar sein können.

Weitere ortsfeste Messstationen sind zur Überwachung der Wasserqualität in Warn- und Alarmpläne mit eingebunden (Kapitel 4.2).

Bei Gewässerverunreinigungen oder anderen gewässergefährdenden Ereignissen mit länderübergreifender Bedeutung an **Weser, Werra und Fulda** veranlasst das Regierungspräsidium Kassel entsprechend der Regelungen im Warnplan Weser [https://www.fgg-weser.de/downloads/warnplan_weser_1704.pdf; Stand: 25.09.2025] die Meldung an das Polizei-

[fgg-weser.de/downloads/warnplan_weser_1704.pdf](https://www.fgg-weser.de/downloads/warnplan_weser_1704.pdf); Stand: 25.09.2025] die Meldung an das Regierungspräsidium Nordhessen als LHWZ.

Der „**Alarmplan Main Gewässerökologie**“ (AMÖ) [https://www.regierung.unterfranken.bayern.de/aufgaben/177673/177696/eigene_leistung/el_00288/index.html; Stand: 25.09.2025] steuert das Zusammenspiel der bayerischen Behörden. Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt und Abfluss sind hier wichtige Parameter für den staugeregelten Main, der kritische ökologische Verhältnisse bei großer Hitze und geringen Abflüssen aufweist. Die Warnstufen „Vorwarnung“, „Warnung“ und „Alarm“ werden ab der bayerischen Landesgrenze bei Kahl am Main an das Regierungspräsidium Darmstadt und das HLNUG gemeldet.

4 Erfassung des chemischen Gewässerzustands

4.1 Landesweite Messungen/Messstellen

Der chemische Gewässerzustand wird landesweit auf Basis von Oberflächenwasserkörpern (OWK) erfasst. Ein OWK stellt dabei ein (Teil-) Einzugsgebiet eines Gewässers dar. Ein jeder OWK hat als ein (Teil-) Einzugsgebiet somit hydromorphologisch gesehen einen tiefsten Punkt, an dem das gesamte Wasser aus der Fläche des OWK in einen unterhalb liegenden OWK fließt. An dieser Stelle liegt die für die Gewässerchemie repräsentative Messstelle des OWK. Sie ist deswegen repräsentativ, weil sie sämtliche Einträge, die sich den Gewässern innerhalb des OWK mitgeteilt haben, erfasst, und damit das Belastungsniveau für den gesamten OWK repräsentiert.

Hessen ist für 392 OWK zuständig, d. h. es werden ebenso viele repräsentative Messstellen beprobt. Darüber hinaus gibt es noch 35 Grenzwasserkörper, die sich Hessen mit Nachbarbundesländern teilt und für die die Zuständigkeit in Bezug auf die Erhebung des chemischen Gewässerzustandes beim Nachbarbundesland liegt. Von den 392 repräsentativen Messstellen sind sieben zu ortsfesten Messstationen ausgebaut (Kapitel 4.2), die zusätzlich zu ihrer Funktion als repräsentative Messstelle eines OWK eine intensivere Überwachung größerer Einzugsgebiete (Überblicksüberwachung) ermöglichen.

Es wird in einem Dreijahresrhythmus beprobt, so dass jede einzelne Messstelle alle drei Jahre über ein Jahr lang monatlich beprobt wird. Die Proben dieser periodischen, stichprobenartigen Gewässerüberwachung werden aufwändig im Labor untersucht. Verschiedene Messprogramme beinhalten u. a. zeitlich

terminierte, repräsentative Wasserprobenahmen und Untersuchung bestimmter Parameter, z. B. bei saisonal eingetragenen Stoffen. Das Spektrum der chemischen Untersuchungen richtet sich nach den Einflüssen verschiedener Eintragsquellen. Nährstoffe wie zum Beispiel Phosphor sowie Pflanzenschutzmittel, Arzneimittel und Schwermetalle werden zu unterschiedlichen Anteilen durch Kläranlagen und diffus über landwirtschaftlich genutzte Flächen eingetragen. Durch Einbeziehung von Randbedingungen vor und bei der Probenahme, wie örtliche Gegebenheiten sowie meteorologische und hydrologische Verhältnisse, können wertvolle Rückschlüsse gezogen werden.

Die Messwerte der Untersuchungen werden in einer Datenbank (KiWQM) gespeichert und dort plausibilisiert. Grundlegende gewässerchemische und -physikalische Parameter sind über das Messdatenportal auf der Webseite des HLNUG abzurufen (<https://www.hlnug.de/messwerte/datenportal>); über die Direktauswahl Wasser, Fließgewässer und Gewässername mit anliegender Ortschaft können die Messstellen aus einer Liste ausgewählt werden. Durch die Auswahl eines Parameters öffnet sich eine Karte mit geographischer Lage und weiteren Informationen zur Messstelle. Darunter zeigt sich je nach Auswahl eine geografische oder tabellarische Darstellung der Parameter. Über die Auswahl des Datums können alle online verfügbaren Messwerte abgerufen werden. Unter dem Auswahlmenü der Feld- und Laborparameter stehen die Messdaten zum Download zur Verfügung. Im Allgemeinen handelt es sich bei den Daten um Ergebnisse aus monatlichen Stichproben.

4.2 Kontinuierliche Messungen/ortsfeste Messstationen

Fließgewässer stellen komplexe Systeme dar, in denen verschiedene Einzelwirkungen und Interaktionen ablaufen. Einfluss nehmen neben den meteorologischen und hydrologischen Verhältnissen, wie u. a. die Fließgeschwindigkeit, auch die Morphologie

und Ufervegetation eines Gewässers. Insbesondere der anthropogene Einfluss mit Nutzung der Gewässer beispielsweise zur Entlastung von Abwässern oder zur Be- und Entwässerung von Nutzflächen wirkt sich unmittelbar auf den Gewässerzustand aus

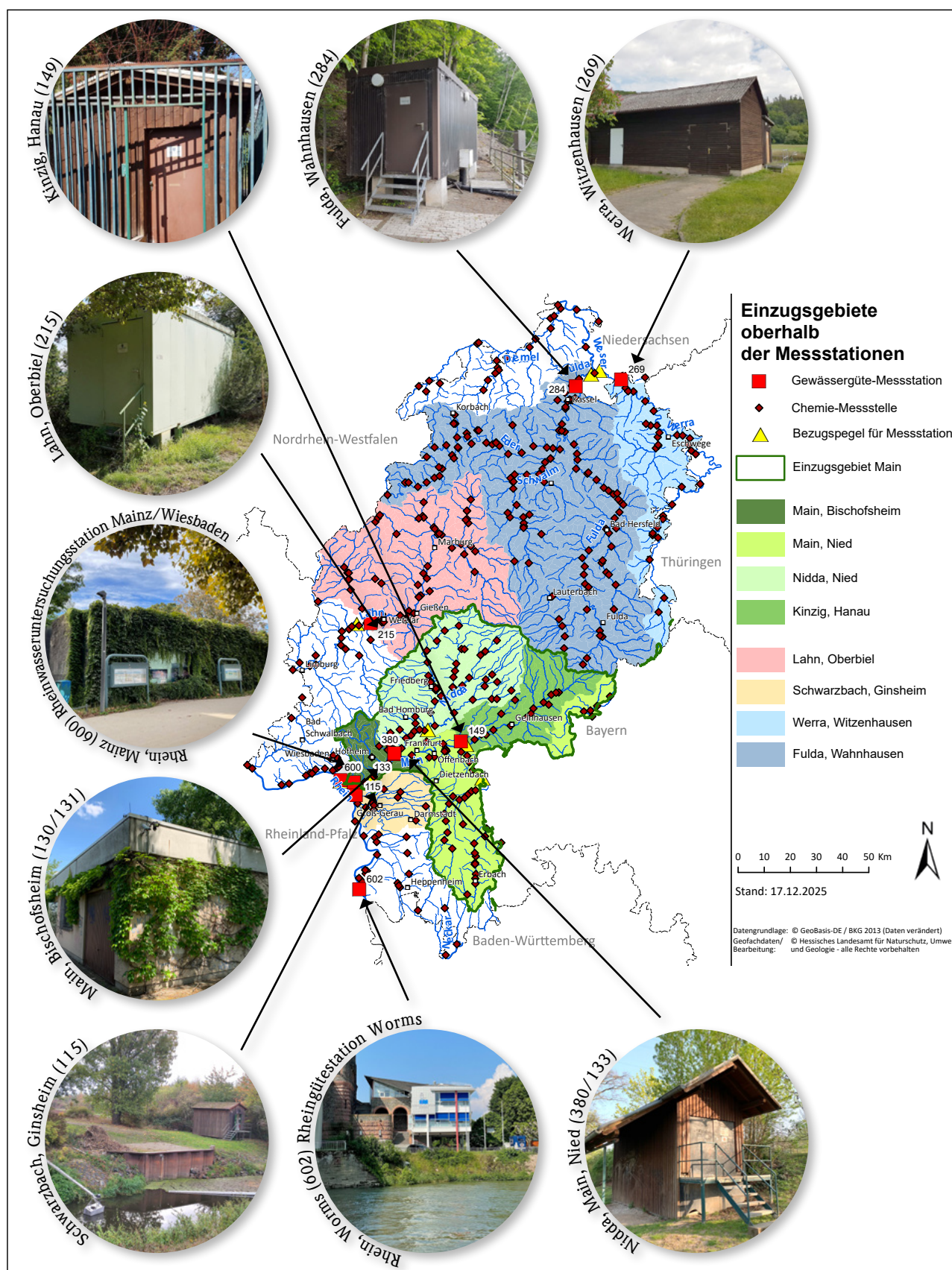


Abb. 8: Einzugsgebiete und Lage ortsfester Messstationen © HLNUG

und erfordert eine kontinuierliche Überwachung im Sinne des Gewässerschutzes. Die Standardparameter Wassertemperatur, pH-Wert, gelöster Sauerstoff und elektrische Leitfähigkeit steuern maßgeblich die biologischen und chemischen Prozesse im Fließgewässer und unterliegen starken tageszeitlichen Schwankungen. Eine sichere Beurteilung und Überwachung der Parameter sind nur durch fortlaufende Messungen möglich.

Zur Erfassung des gesamten stofflichen Austrags aus einem Flusseinzugsgebiet befinden sich die Messstationen in der Regel in Mündungsnähe wie in Abbildung 8 zu sehen. An solchen ausgewählten Standorten größerer Fließgewässer in Hessen oder Gewässern mit besonderer Belastungssituation betreibt das HLNUG sieben ortsfeste Messstationen und ist an zwei weiteren länderübergreifenden Messstationen beteiligt.

4.2.1 Messverfahren der ortsfesten Messstationen

Über Tauchpumpen wird kontinuierlich Wasser aus dem Fluss entnommen und zu den Messsonden und -geräten in der Station gefördert. Je nach Belastungssituation des Gewässers werden neben den Standardparametern auch die Parameter Gesamtphosphor, ortho-Phosphat, Ammonium und Nitrat kontinuierlich erfasst. Die aktuellen Messdaten werden im Abstand weniger Minuten erfasst und von einem zentralen Rechner per Datenfernübertragung abgerufen und für weitere Auswertungen bereitgestellt.

Die kontinuierliche Messung der Parameter bietet eine zeitlich nahezu lückenlose Beobachtung und Analyse der Gewässerqualität und somit eine exakte Bestimmung der Dauer von Belastungssituationen. Es werden dynamische Prozesse im Gewässer sowie absolute Minima und Maxima von

Messgrößen abgebildet. Ein Teil des zur Messstation geförderten Wassers wird in Stichproben (Abbildung 9) entnommen und für eine umfassende Analyse auf Spurenverunreinigungen ins Labor gebracht. Zusätzliche automatische Probenehmer (Abbildung 9 Mitte) in den Stationen entnehmen alle sieben Minuten ein definiertes Volumen des Flusswassers und führen es in einem gekühlten Kanister zu einer Wochenmischprobe zusammen. Somit kann eine lückenlose Bereitstellung von Wochenmischproben geleistet werden, um spezifische Parameter im Labor zu analysieren und eventuell auftretende Schadensfälle auch nachträglich zu rekonstruieren. Die gewonnenen Proben werden gekühlt gelagert, um Veränderungen in der Zusammensetzung bis zur Analyse zu vermeiden. Neben den allgemeinen chemisch-physikalischen Standardparametern werden im

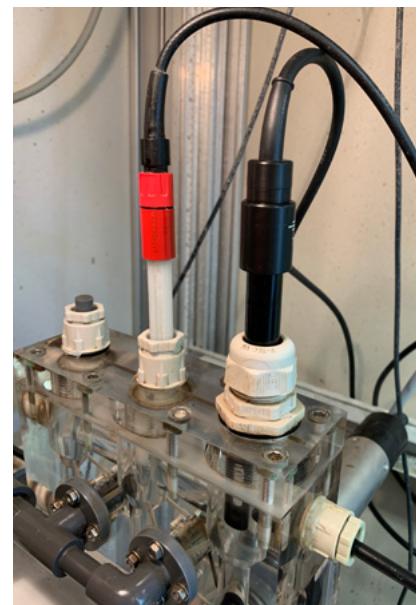


Abb. 9: Probenahmehahn, automatischer Probenehmer, Messsonden (v. l. n. r.) © HLNUG

Rahmen von verschiedenen Messprogrammen gezielt aufwändigere Untersuchungen im Labor auf Spurenverunreinigungen durchgeführt, wie z. B. Pflanzenschutzmittel, Arzneimittel und Schwermetalle. Kontinuierlich erzeugte Mischproben ermöglichen eine im Vergleich zu Stichproben genauere Bestimmung von Stofffrachten zur Bilanzierung des Stoffaustrags aus dem gesamten Flusseinzugsgebiet.

Zur Unterstützung und zum Ausbau des Messnetzes sowie zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie mit dem Ziel alle OWK in einen qualitativ „guten Zustand“ zu überführen, verfügt das HLNUG zudem über eine mobile Messstation in Anhängerbauweise (Abbildung 10). In Niedrigwassersituationen, Umbauphasen oder bei Sanierungsmaßnahmen fungiert sie als mobile, modular aufgebaute Ersatzstation. Neben der flexiblen kontinuierlichen Gewässerüberwachung wird die mobile Messstation eingesetzt, um Schadensfälle oder Belastungen unklarer Herkunft aufzuzeichnen. Von März 2021 bis Januar 2024 war die Messstation zur Validierung der Messdaten in Bischofsheim am Main aufgestellt. Während der Umbaumaßnahmen Hessens größter und bedeutendster Messstation

soll die mobile Messstation weiter Daten sammeln, so dass langjährige Aufzeichnungen der Güteparameter nicht unterbrochen werden. Sie dienen als wertvolle Datengrundlage zur Trendermittlung, die insbesondere auch hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels von großer Bedeutung sind.

Die gewonnenen Informationen über die Wasserbeschaffenheit dienen der Trendbeobachtung und als Grundlage für Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerqualität gemäß WRRL. Die im Allgemeinen kontinuierlich gemessenen Werte für den Sauerstoffgehalt, den pH-Wert, die Wassertemperatur und die Nährstoffkonzentrationen sind Hilfsgrößen für die biologische Bewertung und somit für den ökologischen Zustand des OWK nach WRRL. In der Oberflächengewässerverordnung (nationale Umsetzungsverordnung der WRRL) sind für diese Messgrößen fließgewässertypspezifische Orientierungswerte festgelegt. Für die im Labor gemessenen Parameter der Stich- und Mischproben sind in der OGewV Umweltqualitätsnormen (UQN) als Jahresdurchschnittswert (JD-UQN) und als maximal zulässige Höchstkonzentrationen (ZHK-UQN) definiert.



Abb. 10: Mobile Messstation © HLNUG

4.2.2 Vorstellung ortsfester Messstationen in Hessen

Die Gewässergüte-Messstation in **Bischofsheim, Main** (Abbildung 11), ist Hessens größte ortsfeste Messstation. Sie dient als Gewässerüberwachungsstation des Mains bei Mainkilometer 4,0 und befindet sich in Mündungsnähe zum Rhein. Hauptaufgabe der Messstation ist die Kontrolle der Gewässergüte im Mündungsbereich des Mains, als wichtigster Vorfluter für kommunale und industrielle Einleitungen im Rhein-Main-Gebiet.

Die Messstation verfügt über zwei Mainwasserentnahmestellen (linkes und rechtes Ufer). Diese befinden sich am Brückenpfeiler der Autobahnbrücke A 671 (linkes Ufer) und ufernah an einem Ponton (rechtes Ufer). Die kontinuierliche Messung der Standardparameter erfolgt für beide Entnahmestellen, es handelt sich um eine Doppelmessstation. Zur Heranführung des Wassers in die Messstation werden insgesamt vier Wasserstränge, jeweils zwei für das linke und für das rechte Ufer in einer Polyethylen(PE)- und einer Edelstahl(VA)-Leitung gemessen. Die Auslegung des Systems in vier Wasserleitungen mit unterschiedlichen Materialien beruht auf der Beeinflussung des zu untersuchenden Mainwassers und möglicher Auslöseprozesse organischer und anorganischer Inhaltsstoffe aus der Rohrleitung. Insbesondere aufwändige Untersuchungen im Spurenbereich und auf Schwermetalle sind sehr sensibel. Durch die jeweils doppelte Leitungsführung besteht zudem eine höhere Ausfallsicherheit, so kann beim Austausch defekter Pumpen die Messstation weiter im Betrieb bleiben. Neben routinemäßigen Untersuchungen der Mainwasserqualität

existieren Warn- und Alarmpläne für die länderübergreifende Abstimmung und Koordination bei außergewöhnlichen Gewässerbelastungen durch beispielsweise unfallbedingte oder unerlaubte Einleitungen. Rückstellprobensammler entnehmen kontinuierlich Wasserproben über einen Zeitraum von zwölf Stunden. Die Aufnahmekapazität der Sammler reicht für sieben Tage. Die Proben werden im Kühlraum bei + 4 °C für vier Wochen gelagert. Im Schadensfall oder nach Bedarf stehen damit Wasserproben für Analysen auf Verunreinigungen zur Verfügung. Somit können Eintragspfade und gegebenenfalls Verursacher rückwirkend ermittelt werden. Darüber hinaus werden periodische Mischproben erzeugt und Stichproben zur Analyse im Labor entnommen. Für die Ermittlung von Stofftransporten und -frachten werden Abflussdaten vom Pegel Raunheim genutzt.

In **Frankfurt-Nied** betreibt das HLNUG eine feste Doppelmessstation (Abbildung 12). Bei Mainkilometer 25,6, kurz oberhalb der Nidda-Einmündung und an der Nidda, kurz vor der Einmündung in den Main, befindet sich jeweils in Ufernähe eine Dalbe mit Schwenkarm, an dessen unterem Ende die Pumpeneinrichtung (Korb mit Pumpe) angebracht ist. Die Pumpen fördern das Wasser in die Messstation. Ein Teil des geförderten Main- und Niddawassers durchfließt kontinuierlich automatische Messgeräte in der Messstation, ein anderer Teil wird in Stich- und Wochenmischproben für Laboranalysen entnommen. Neben den allgemeinen chemisch-physikalischen Parametern werden im Rahmen von verschiedenen



Abb. 11: Außenansicht Gewässergüte-Messstation Bischofsheim, Main © HLNUG



Abb. 12: Außenansicht Gewässergüte-Messstation Nied, Nidda und Main © HLNUG



Abb. 13: Gewässergüte-Messstation mit Pumpenausleger Ginsheim, Schwarzbach © HLNUG

Messprogrammen gezielte aufwändigere Untersuchungen im Labor auf Spurenverunreinigungen durchgeführt, wie z. B. Pflanzenschutzmittel, Arzneimittel und Schwermetalle.

Die Gewässergüte-Messstation am Schwarzbach liegt kurz vor dem Hochwassersperrwerk/Pumpwerk **Ginsheim** (Abbildung 13) bei Astheim-Trebur. Der Schwarzbach durchfließt das hessische Ried und mündet südlich von Ginsheim in den Ginsheimer Altrhein. Die Gewässersituation im hessischen Ried ist gekennzeichnet durch vergleichsweise abflussarme und aufgrund der hohen Siedlungsdichte im Rhein-Main-Gebiet überwiegend stark abwasserbelastete Fließgewässer. Zur Untersuchung der Wasserbeschaffenheit des Schwarzbachs wird über einen Schwenkarm mit Pumpeneinrichtung Wasser zu den Messgeräten in der Messstation gefördert. Die Messstation ist mit Geräten zur kontinuierlichen Messung der Standardparameter und Registrierung der Pflanzennährstoffe ortho- und Gesamt-Phosphat sowie Ammonium ausgestattet. Bei einem Überangebot an Nährstoffen im Gewässer und gleichzeitig hohen Temperaturen mit einer intensiven Lichteinstrahlung in den Sommermonaten kann es zur Massenentwicklung von Algen mit nachteiliger Auswirkung auf die Wasserqualität kommen. Die stoffliche Belastung wird mittels regelmäßig oder kontinuierlich genommener Stich- und Mischproben im Labor analysiert, insbesondere auf Spurenstoffe wie Arzneistoffe, Haushalts- und Industriechemikalien, Pflanzenschutzmittel und Biozide.

Die Kinzig ist ein 86 km langer Fluss in Hessen. Sie entspringt in der Nähe von Fulda in Sterbfritz und



Abb. 14: Gewässergüte-Messstation Hanau, Kinzig © HLNUG

durchfließt den Main-Kinzig-Kreis. In Hanau mündet die Kinzig in den Main. Die Gewässergüte-Messstation **Hanau, Kinzig** (Abbildung 14), befindet sich in Hanau bei Flusskilometer 1,93, kurz vor der Einmündung in den Main. Der gesamte stoffliche Ausstrom aus dem Flusseinzugsgebiet wird somit erfasst. In der Station wird mit Pumpeneinrichtungen Wasser aus dem Fluss entnommen und zu den Messsonden und Messgeräten gefördert. Die Standardparameter werden kontinuierlich gemessen und bieten eine nahezu lückenlose Beobachtung und Analyse der Gewässerqualität. Es werden absolute Minima und Maxima von Messgrößen und die Dauer von Belastungen erfasst. Die gewonnenen Informationen über die Wasserbeschaffenheit dienen der Trendbeobachtung und als Grundlage für Maßnahmen zur Verbesserung. Stich- und Mischproben werden im Labor auf eine Vielzahl von Parametern untersucht, deren Auswahl die Einflüsse verschiedener Eintragsquellen und Messprogramme abbildet.

Auf dem Schleusengelände in Solms an der Lahn, bei Flusskilometer 118,5, befindet sich die Gewässergüte-Messstation **Oberbiel, Lahn** (Abbildung 15). Über eine an einem Ausleger befestigte Tauchpumpe wird das Flusswasser in eine Ringleitung durch die Messstation gefördert. Die Standardparameter werden kontinuierlich erfasst. Zuverlässige und zeitlich hochaufgelöste Messwerte sind besonders zur Überwachung der Sauerstoffdynamik in staugeregelten Gewässern, wie der Lahn, von Bedeutung. Neben den Basisparametern der kontinuierlichen Überwachung werden regelmäßig und kontinuierlich Stich- und Mischproben für die Analyse im Labor genommen.



Abb. 15: Gewässergüte-Messstation Oberbiel, Lahn © HLNUG

Die Messung und Bewertung der Proben erfolgt nach festgelegten Messprogrammen und orientiert sich an standortbedingten Belastungsschwerpunkten. Zahlreiche gestaute Abschnitte der Lahn, Kläranlagenabläufe und eine überwiegend intensiv betriebene Landwirtschaft im Einzugsgebiet beeinflussen die Wasserqualität. Die Gewässergüte-Messstation ist Überblicksüberwachungs-Messstelle der LAWA und dient als Trend-Überwachungsmessstelle, um durch ein langfristiges Monitoring eine Bewertung über die Entwicklung bestimmter Schadstoffe gemäß Anlage 8 der OGewV zu erstellen. Die Messdaten werden u. a. für die Berichterstattung zur EU-Nitratrichtlinie (Richtlinie 91/676/EWG) verwendet.

Die Gewässergüte-Messstation **Wahnhausen** an der Fulda (Abbildung 16) befindet sich oberhalb der Mündung in die Weser, im Oberwasser der Schleuse Wahnhausen mit angeschlossenem Wasserkraftwerk. Zur Überwachung der Wasserqualität wird über einen Ausleger mit Pumpeneinrichtungen automatisch Wasser aus dem Fluss entnommen und zu den Messsonden in der Station gefördert. Anhand von kontinuierlich gemessenen Standardparametern lässt sich der Momentanzustand der Fulda beobachten und bewerten. Die aktuellen Messdaten werden von einem zentralen Rechner per Datenfernübertragung abgerufen und stehen zur weiteren Auswertung bereit. Über einen Mischprobensammler werden automatisch Wasserproben genommen, die zu Ein- oder Zweiwochen-Mischproben vereinigt und neben regelmäßig genommenen Stichproben im hessischen Landeslabor in Wiesbaden auf eine Vielzahl chemischer Parameter untersucht werden. Für die



Abb. 16: Gewässergüte-Messstation Wahnhausen, Fulda © HLNUG

Ermittlung von Stofftransporten werden Abflussdaten des Pegels Bonaforth genutzt.

Die Gewässergüte-Messstation **Witzenhausen** (Abbildung 17) liegt an der Werra, 13 km oberhalb der Mündung in die Weser. Ein Ausleger mit Pumpeneinrichtungen fördert das Wasser in die Messstation. Dort werden die allgemeinen chemisch-physikalischen Standardparameter über automatische Messgeräte kontinuierlich gemessen. Standortbedingt wird zusätzlich der Pflanzennährstoff Nitrat erfasst. Durch Salzeinleitungen des Kalibergbaus im oberen Werratal weist das Wasser der Werra eine erhöhte Chlorkonzentration auf. Die kontinuierliche Messgröße elektrische Leitfähigkeit ist als leicht bestimmbare Kenngröße u. a. ein zuverlässiger Indikator für Verlauf und Intensität der Salzbelastung. Bei Gerstungen werden die höchsten elektrischen Leitfähigkeiten in der Werra gemessen. Eine regelmäßige Kontrolle



Abb. 17: Gewässergüte-MessstationWitzenhausen, Werra © HLNUG

des Salzgehaltes im Wasser ist unerlässlich. Automatische Probenehmer sammeln kontinuierlich Wasser in Form von Wochenmischproben. Diese werden, neben regelmäßig genommenen Stichproben, im Landeslabor auf eine Vielzahl von Parametern untersucht. Nach dem Zusammenfluss von Werra und Fulda in die Weser ist im weiteren Flussverlauf eine

fortschreitende Verdünnung der Salzbelastung zu beobachten. Die Weser ist das einzige große mitteleuropäische Flusssystem, dessen Einzugsgebiet ausschließlich in Deutschland liegt. Für die Ermittlung von Stofftransporten werden Abflussdaten vom Pegel „Letzter Heller“ bezogen.

4.2.3 Länderübergreifende Messstationen

Zusammen mit den Nachbarbundesländern Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg betreibt Hessen zwei länderübergreifende, ortsfeste Messstationen: die Rheinwasseruntersuchungsstation in Mainz und die Rheingütestation in Worms. Diese Messstationen sind von besonderer Bedeutung, da sie in verschiedene nationale und internationale Messprogramme, wie dem Rheinmessprogramm Chemie der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), eingebunden sind. Es handelt sich dabei um ein international abgestimmtes Messprogramm, welches einen Vergleich des Rheinzustands mit einheitlichen Bewertungsmaßstäben ermöglicht. Langfristige Veränderungen und die Überwachung des Gesamtzustandes in den Einzugs- oder Teileinzugsgebieten der Flussgebietseinheit Rhein werden erfasst und dokumentiert. Neben routinemäßigen Untersuchungen der Rheinwasserqualität existieren Warn- und Alarmpläne (Kapitel 3.3).

4.2.3.1 Rheingütestation Worms

In ihrer Funktion als wichtige Überwachungsstation für den Ballungsraum Rhein-Neckar sammelt die Rheingütestation Worms (Abbildung 18) als Messstation seit dem Jahr 1995 Gewässergütedaten. Durch den Standort der Rheingütestation im Brückenturm der Nibelungenbrücke **Worms** mit Anbau eines Laborgebäudes bei Rheinkilometer 443,3 lässt sich der Rhein über Pumpen an den Brückenpfeilern im Querschnitt beproben. Die Bewertung der Rheinwasserqualität erfolgt aufgrund der Probenahmen durch die Rheingütestation Worms. Durch die Nähe zu potenziellen Belastungsschwerpunkten können zeitnah mögliche unfallbedingte oder unerlaubte Einleitungen erkannt werden. Die Rheingütestation ist in Warn- und Alarmpläne eingebunden. Biotest-Anlagen wie das Daphnien-Toximeter schlagen Alarm bei ungewöhnlichen Stoffkonzentrationen und lösen einen Alarmprobenehmer aus.



Abb. 18: Rheingütestation Worms © Stefanie Semsei

Vier Ereignisprobenehmer, entsprechend der vier Flussleitungen, sammeln automatisch 6-Stunden-Mischproben. Nach 96h ohne Alarm entleeren sich die Ereignisprobenehmer selbst. Die Behälter werden automatisch gespült und füllen sich erneut. Routineprobenehmer erstellen zudem 24 h Mischproben, welche als Rückstellprobe dienen und für eine Dauer von 4 Wochen bei 4°C gekühlt gelagert werden. Diese Tagesmischproben von 0 bis 24 Uhr stehen für Routineanalysen zur Verfügung. Je nach Messprogramm wird zusätzlich eine 14 Tage- und 28 Tage-Mischprobe, bestehend aus allen vier Leitungen, in einem entsprechend dem Abfluss der einzelnen Leitungen erstellten Verhältnis entnommen und zur Analyse ins Labor gegeben.

In der Messstation durchfließt das Flusswasser kontinuierlich automatische Messgeräte zur Bestimmung der Standardparameter Wassertemperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und elektrische Leitfähigkeit. Neben den Standardparametern werden im Rahmen von verschiedenen Messprogrammen gezielte, aufwändigere Untersuchungen im Labor

auf Spurenverunreinigungen durchgeführt, wie z. B. Pflanzenschutzmittel, Arzneimittel und Schwermetalle. Hierzu sammeln automatische Probennehmer kontinuierlich Wasser aus den einzelnen Zuleitungen zur Messstation in Form von Mischproben. Die Rheingütestation ist Hauptmessstelle im Rheinmessprogramm Chemie.

4.2.3.2 Rheinwasser-Untersuchungsstation Mainz-Wiesbaden

Die Rheinwasser-Untersuchungsstation **Mainz-Wiesbaden** (Abbildung 19) wird seit dem Jahr 1976 zur Überwachung des Rheins von den Bundesländern Rheinland-Pfalz und Hessen betrieben. Sie liegt bei Rheinkilometer 498,4 und ist ebenfalls Hauptmessstelle des international abgestimmten Rheinmessprogramms Chemie. Über die Brückenpfeiler der Theodor-Heuss-Brücke wird auch hier der Rhein im Querschnitt beprobt. Messwasserleitung 4 (rechtsrheinisch, auf der hessischen Seite) erfasst den Main, der oberhalb der Messstation in den Rhein mündet und sich erst weiter rheinabwärts im Binger Loch vollständig mit dem Rhein vermischt. Messwasserleitungen 2 und 3 (an den Brückenpfeilern in der Rheinmitte) laufen in der Messstation zusammen. Messsonden, automatische Messgeräte und Probennehmer entnehmen Flusswasser aus der zusammengeführten Leitung.

Die Pumpen an den Brückenpfeilern fördern das Rheinwasser in einer Ringleitungsführung zur Messstation. In der Messstation durchfließt das Wasser kontinuierlich automatische Messgeräte zur Erfassung der Standardparameter elektrische Leitfähigkeit, Wassertemperatur, Sauerstoff, pH-Wert und Trübung. Der Einfluss des Mains zeigt sich deutlich in den Messwerten der Standardparameter. Im Vergleich zur zusammengeführten Leitung 2 und 3 wird eine höhere elektrische Leitfähigkeit, Wassertemperatur und Trübung in Messwasserleitung 4 gemessen. Der Main zeigt eine höhere Belastung durch Einträge aus Industrie, Gewerbe und Kläranlagen. Er durchfließt Ballungsgebiete, ist Schifffahrtsstraße und hat aufgrund vieler gestauter Abschnitte eine geringere Strömung und Durchmischung als der Rhein.

Ein Teil des zur Messstation geförderten Flusswassers wird in Stich- und Wochenmischproben im Rahmen von verschiedenen Messprogrammen für aufwändige Laboranalysen entnommen. Automatische Probennehmer gewährleisten zudem die lückenlose Bereitstellung der Mischproben, um eventuell auftretende Schadensfälle auch nachträglich rekonstruieren zu können. Neben den routinemäßigen Untersuchungen der Rheinwasserqualität ist die Messstation in Warn- und Alarmpläne eingebunden. Hierzu entnehmen selbstentleerende automatische Probennehmer über den Zeitraum von 28 Tagen Tagesmischproben, die, wenn sie nach diesem Zeitraum nicht benötigt wurden, sukzessive automatisch verworfen und neu erstellt werden.



Abb. 19: Rheinwasser-Untersuchungsstation Mainz-Wiesbaden
© HLNUG

Langjährige Datenreihen der Wasserbeschaffenheit des Rheins dienen der Trendbeobachtung, auch hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels und sind Grundlage für Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässergüte. Die kontinuierliche Überwachung der Güteparameter mit der Ermittlung von absoluten Belastungsminima und -maxima, Tagesschwankungen und Wechselwirkungen von Parametern ist eine wichtige Bestandsaufnahme der Gewässerbelastung, aber auch strukturierte Kontrolle des Erfolgs bereits umgesetzter Maßnahmen. Die Ergebnisse belegen die weitere Verbesserung der Wasserqualität des Rheins.

4.3 Monitoring-Strategie und Messprogramme in Hessen

4.3.1 Allgemein

Die 392 hessischen OWK werden in einem dreijährlichen Intervall im Jahresmessprogramm berücksichtigt. Ist ein OWK im Jahresmessprogramm enthalten, so wird er in diesem Jahr i. d. R. monatlich beprobt (Beprobungsfrequenz). Besonders herausgehobene Messstellen, die, wie die ortsfesten Messstationen,

neben der Repräsentation eines OWK zugleich der Überblicksüberwachung (Kapitel 4.3.3.2) dienen, werden in jedem Jahr beprobt. Dabei liegt auch die Beprobungsfrequenz höher – zweiwöchentlich bei Messstellen, wöchentlich bei den ortsfesten Messstationen.

4.3.2 Messprogramme

Welche chemischen Stoffe in den genommenen Proben untersucht werden, ist nicht bei allen Messstellen gleich. Ein Grundmessprogramm, in Hessen Standardmessprogramm genannt, wird bei jeder routinemäßigen Probenahme gemessen. Hierbei werden die Nährstoffe sowie Chlorid, Natrium und Calcium zur grundlegenden Charakterisierung des Gewässers gemessen. Spezielle Messprogramme werden dann nach fachlichen Erwägungen ergänzt, z. B. Messungen auf Pflanzenschutzmittel in landwirtschaftlich geprägten Gebieten, leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe bei bekannten Eintragsquellen oberhalb einer Messstelle usw. Auch bereits festgestellte Belastungen werden in ihrer zeitlichen Entwicklung durch wiederholte Messungen verfolgt, sofern eine Veränderung der Konzentration an der Messstelle zu erwarten ist.

Gesetzliche Grundlage des chemischen Monitorings der Fließgewässer ist die Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016). Darin sind u. a. für eine große Anzahl an Parametern Umweltqualitätsnormen (UQN), d. h. Grenzwerte festgelegt. Überwacht wird immer der Jahresmittelwert der Messungen, die UQN wird daher JD-UQN (Jahresdurchschnitt-UQN) abgekürzt. Durch die JD-UQN soll der Schutz des Ökosystems vor einer Langzeitexposition gegenüber Schadstoffen in der aquatischen Umwelt sichergestellt und chronische Schädigungen vermieden werden. Mit der zulässigen Höchstkonzentration (ZHK-UQN) soll der Schutz des Ökosystems vor einer Kurzzeitexposition, d. h. Verschmutzungsspitzenwerten, die akut toxisch wären, also zu einer sofortigen Schädigung führen können, sichergestellt werden. Die ZHK-UQN wird mit dem Maximalwert der Messungen eines Jahres verglichen.

4.3.3 Monitoring- und Überwachungsarten

In der OGewV sind neben den Parametern weitere Mindestanforderungen an das Monitoring festgelegt, je nachdem welchem Zweck es dienen soll und abhängig davon, ob zu messende Stoffe einer EU-weiten Regelung unterliegen oder national geregelt sind. Zusätzlich zu dieser gesetzlichen Systematik ermöglichen die ortsfesten Messstationen das kontinuierliche Monitoring einiger Parameter.

4.3.3.1 Kontinuierliches Monitoring

Eine kontinuierliche Überwachung nach Anlage 10 Nr. 4 der OGewV erfolgt an den sieben ortsfesten

Messstationen mit relevanten Einzugsgebieten wie z. B. Main, Nidda und Fulda für die Parameter Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit. Diese Parameter steuern maßgeblich die biologischen und chemischen Prozesse im Gewässer, unterliegen starken tageszeitlichen Schwankungen und sind anthropogen beeinflusst. Für eine sichere Beurteilung erfolgt die Messung fortlaufend im Abstand weniger Minuten und wird zur weiteren Auswertung online übermittelt. Die Ergebnisse dienen der Beurteilung und Überwachung der OWK auf Veränderungen.

4.3.3.2 Überblicksüberwachung

Die überblicksweise Überwachung nach Anlage 10 Nr. 1 der OGewV stützt sich in Hessen auf 13 Messstellen, darunter die sieben ortsfesten Messstationen. In dieser Funktion als „Überblicksüberwachungsmessstelle“ erfüllen diese Messstellen eine besondere Funktion: Sie dienen der Bewertung langfristiger Veränderungen der natürlichen Gegebenheiten sowie der menschlichen Einflüsse in ihren Einzugsgebieten. Die Messung erfolgt in der Regel zweiwöchentlich, an den ortsfesten Messstationen sogar wöchentlich. Einzelne Parameter werden gegebenenfalls dennoch nur monatlich untersucht, wenn eine häufigere Messung keinen Erkenntnisgewinn erwarten lässt.

In einem Jahr innerhalb eines sechsjährigen Zyklus der WRRL werden an den Überblicksüberwachungsmessstellen alle Stoffe der Anlage 8 der OGewV, das sind die Parameter mit einer EU-weit geregelten UQN, gemessen. Dadurch wird sichergestellt, dass langfristig keine großräumigen Zunahmen von Stoffkonzentrationen unbemerkt bleiben.

4.3.3.3 Operatives Monitoring

Das operative Monitoring nach Anlage 10 Nr. 2 der OGewV dient der Bewertung der OWK und damit der Überwachung der lokalen Zielerreichung. Es wird an der repräsentativen Messstelle für jeden OWK durchgeführt, der im jeweiligen Jahresmessprogramm enthalten ist. Zwingend zu überwachen sind dabei diejenigen in der OGewV aufgeführten Parameter, die im Einzugsgebiet der Messstelle in signifikanten Mengen eingetragen werden. Signifikant bedeutet in diesem Fall, dass die Einträge dazu führen können, dass mindestens die halbe UQN erreicht wird. Für EU-weit geregelte Parameter gilt, dass sie gemessen werden müssen, wenn es überhaupt Einträge im Einzugsgebiet gibt.

Die Messung erfolgt in der Regel monatlich. Im Gegensatz zu kontinuierlichen Messungen liefert diese Methode zwar nur eine Momentaufnahme der Gewässerqualität, sie hat aber den Vorteil, dass ein dichtes, über ganz Hessen verteiltes Messstellennetz untersucht werden kann. Dieses kann bei Bedarf weiter verdichtet werden (Kapitel 4.3.3.4). Bei jeder Probennahme werden direkt vor Ort die Parameter Sauerstoff, Temperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert und Nitrit erfasst.

Ziel des operativen Monitorings ist es, den Zustand der OWK, die voraussichtlich die Bewirtschaftungsziele nicht erreichen, zu bestimmen und die auf das Maßnahmenprogramm zurückgehenden Veränderungen des Gewässerzustands zu bewerten.

4.3.3.4 Ermittlungsmonitoring

Um die Quelle einer im operativen Monitoring festgestellten stofflichen Belastung zu identifizieren, ist unter Umständen ein nachgeschaltetes Ermittlungsmonitoring von Nöten. Dabei wird z.B. durch entlang der Gewässerstrecke verteilte Beprobungen eingegrenzt, in welchem Bereich und auf welchem Wege eine Belastung in das Gewässer gelangt. Durch geschickte Wahl der Beprobungsstellen wird auf diese Weise die Fläche eines OWK in kleinere Teilflächen heruntergebrochen sowie einzelne potenzielle Eintragswege wie z.B. Kläranlagenabläufe direkt beprobt. Läuft alles optimal, ist danach die Stelle bekannt, an der eine festgestellte Belastung in das Gewässer gelangt. Im Falle des Ablaufs einer kommunalen Kläranlage schließt sich auf Seiten des Vollzugs sodann die Aufklärung des eigentlichen Emittenten im Kanalnetz der Kläranlage an.

4.3.3.5 Trendüberwachung

Innerhalb der Gruppe der Überblicksüberwachungsmessstellen (Kapitel 4.3.3.2) gibt es fünf Messstellen, die gezielt der Überwachung von Trends bestimmt, in der OGewV festgelegter Parameter dienen. Dabei erfolgt die Untersuchung dieser Parameter nicht in derjenigen Matrix (Wasser, Schwebstoff, Biota), die aus ökotoxikologischer Sicht relevant ist (dies erfolgt in der überblicksweisen und operativen Überwachung), sondern in der Matrix, in der der Parameter analytisch am besten messbar ist, und von der die Gewinnung des Probenmaterials bei jeder Beprobung zu den vorangegangenen Beprobungen am vergleichbarsten ist. Nur so lassen sich belastbare Aussagen zu Trends treffen.

5 Ergebnisse

5.1 Allgemeine chemisch-physikalische Parameter

5.1.1 Übersicht

Bei Untersuchungen zur Fließgewässerchemie werden standardmäßig an allen repräsentativen Messstellen (392) allgemeine chemisch-physikalische Parameter (ACP) gemessen.

Die ACP dienen nach WRRL als chemische Qualitätskomponente zur unterstützenden Bewertung des ökologischen Zustands bzw. Potenzials eines Fließgewässers und sind in Anlage 7 der OGewV geregelt. Die dort aufgeführten fließgewässertyp-spezifischen Orientierungswerte sind im Gegensatz zu den Umweltqualitätsnormen gemäß Anlage 6 und 8 keine rechtlich verbindlichen Grenzwerte. Ihre Überschreitung kann einen negativen Einfluss auf die biologischen Qualitätskomponenten wie Makrozoobenthos, Fische, Makrophyten und Algen (Phytoplankton oder Phytobenthos) haben. Somit können bei der Maßnahmenplanung neben den hydromorphologischen unterstützenden Komponenten auch die ACP als Hinweis zur Ursachenermittlung herangezogen werden. Auch wenn keine Defizite bei den hydromorphologischen Qualitätskomponenten

(Wasserhaushalt, Durchgängigkeit und Morphologie) vorliegen, kann in der Regel der gute ökologische Zustand/das gute ökologische Potenzial nicht erreicht werden, wenn nicht alle Orientierungswerte eingehalten sind. Dies gilt auch für die Umweltqualitätsnormen.

Die Qualitätskomponentengruppe der ACP umfasst nach Anlage 7 der OGewV folgende Kriterien und Parameter:

- Temperaturverhältnisse: Wassertemperatur
- Sauerstoffhaushalt: gelöster Sauerstoff, Organischer Gesamtkohlenstoff (TOC), Eisen und biochemischer Sauerstoffbedarf nach fünf Tagen Inkubation (BSB5)
- Salzgehalt: Chlorid, Sulfat
- Versauerungszustand: pH-Wert
- Nährstoffverhältnisse: Gesamtphosphor, ortho-Phosphat-P, Ammonium-N, Ammoniak-N, Nitrit-N

5.1.2 Nährstoffe

Gelöste Nährstoffe bilden eine wichtige Grundlage für das Wachstum von Wasserpflanzen wie Makrophyten und Algen (Phytoplankton und Phytobenthos). Dieses wird im Fließgewässer durch die gelöste Nährstoffmenge begrenzt. Ein Überangebot an Nährstoffen entsteht u. a. durch punktuelle Einleitungen wie z. B. von Kläranlagen, Mischwasserentlastungen und Regenwassereinleitungen oder über diffuse Einträge aus landwirtschaftlich genutzten und gedüngten Flächen und kann zu übermäßigem Wachstum von autotrophen Organismen führen. In hessischen Fließgewässern ist Phosphor in seiner gelösten Form (als bioverfügbares ortho-Phosphat) limitierend und kann bei erhöhter Konzentration zur Eutrophierung des Gewässers führen. Der mit dem

Absterben von Biomasse einhergehende Sauerstoffmangel durch biologische Zehrungsprozesse und die damit verbundene Verdrängung empfindlicher Arten wirken sich wiederum negativ auf den ökologischen Zustand bzw. Potenzial der Gewässer aus.

Anthropogene stoffliche Belastungen wie Nährstoffe sind nach derzeitigem Kenntnisstand eine der Hauptursachen für den mäßigen bis schlechten ökologischen Zustand bzw. Potenzial der untersuchten Oberflächengewässer (HMUKLV 2021b).

Eine weitere wesentliche Belastung für die Fließgewässer stellen aufgrund der toxischen Wirkung auf

Gewässerorganismen auch die Stickstoffparameter wie Ammonium/Ammoniak sowie Nitrit dar.

Mit der Umsetzung des aktualisierten Maßnahmenprogramms für den Zyklus 2021–2027 werden insbesondere die Phosphor- und Ammoniumbeinträge aus Kläranlagen in die Fließgewässer weiter deutlich reduziert. Eine Minimierung diffuser Einträge aus der Landwirtschaft über die Düngung wird zukünftig durch die Umsetzung der novellierten Düngeverordnung in eutrophierten Gebieten erreicht (Kapitel 5.1.2.4).

5.1.2.1 Ammonium und Ammoniak

Ammonium (NH_4^+) bildet als anorganische Stickstoffverbindung neben Nitrat eine Stickstoffquelle für autotrophe Organismen. Allerdings sind in hessischen Fließgewässern Eutrophierungserscheinungen i. d. R. nicht auf erhöhte Ammoniumgehalte zurückzuführen, sondern werden hauptsächlich durch ortho-Phosphat als limitierenden Faktor verursacht (HMUKLV 2021b). Bei sehr hohen Ammonium-Konzentrationen wird zum einen bei der mikrobiellen Transformation von organischen Stickstoffverbindungen (z. B. Harnstoffe oder Aminosäuren) über Nitrit zu Nitrat (Nitrifikation) Sauerstoff verbraucht, und zum anderen ergibt sich ein höherer Anteil der Ammoniakkonzentration, wodurch mit negativen Folgen auf die Gewässerorganismen im Fließgewässer zu rechnen ist.

Ammonium steht im Reaktionsgleichgewicht mit Ammoniak (NH_3). Bei steigenden pH-Werten und steigender Wassertemperatur verschiebt sich das Gleichgewicht zum Ammoniak (Abbildung 20). Dieses wirkt toxisch auf Gewässerorganismen, insbesondere auf Fische und auf das Makrozoobenthos.

Werden OWK mit und ohne Kläranlageneinfluss verglichen (Abbildung 21), ist ersichtlich, dass etwa 75 % der OWK ohne Kläranlagen-Einleitungen den Orientierungswert für Ammonium bereits einhalten. Dagegen halten nur rund 45 % der OWK mit Kläranlageneinfluss den Orientierungswert ein. Dies ist ein Indiz dafür, dass die Einträge der Kläranlagen einen deutlichen Einfluss auf die erhöhten Werte von Ammonium haben (siehe hierzu auch den MP 2021–2027 (HMUKLV 2021a), S. 54).

Die Abbildung 22 stellt die OWK hinsichtlich Ammonium als N aus dem Untersuchungszeitraum der Jahre von 2019 bis 2024 dar. Die gezeigten Ergebnisse beziehen sich auf einen Durchschnitt der Jahresmittelwerte,

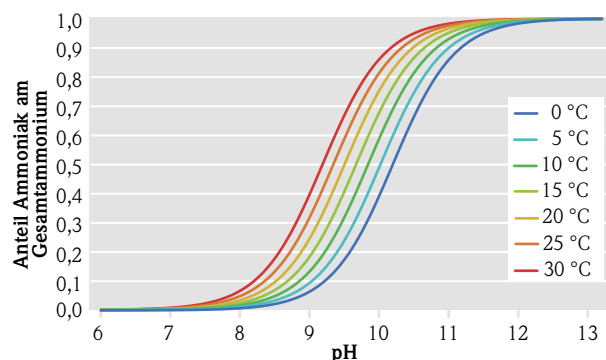


Abb. 20: Anteil Ammoniak an der Summe aus Ammonium und Ammoniak in Abhängigkeit vom pH-Wert und von der Wassertemperatur (geändert nach LIECHTI 2010)

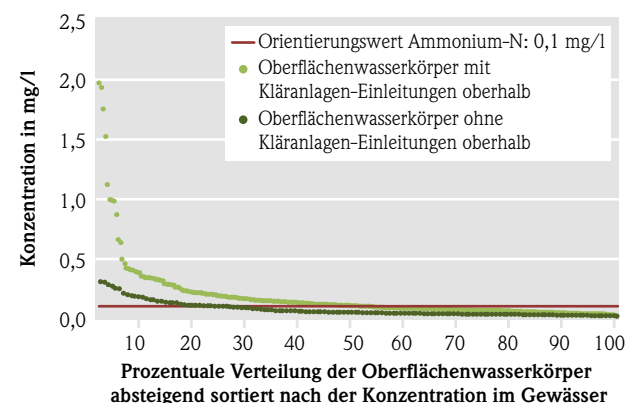


Abb. 21: Konzentrationen von Ammonium-N in den OWK differenziert nach Kläranlageneinfluss (Durchschnitt aus max. den letzten drei Messjahren 2019–2024)

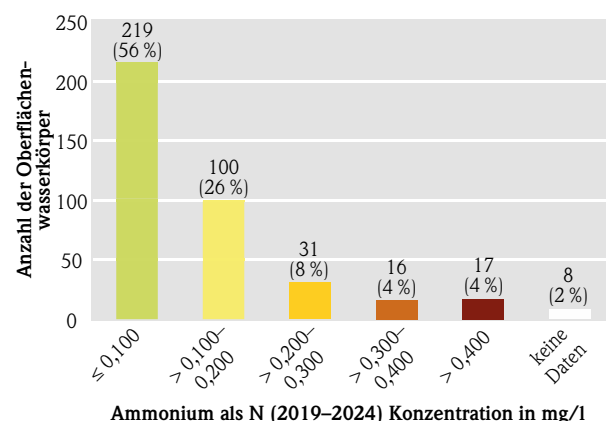


Abb. 22: Häufigkeitsverteilung der durchschnittlichen Jahresmittelwerte für Ammonium als N aus maximal den letzten drei Messjahren im Betrachtungszeitraum 2019–2024

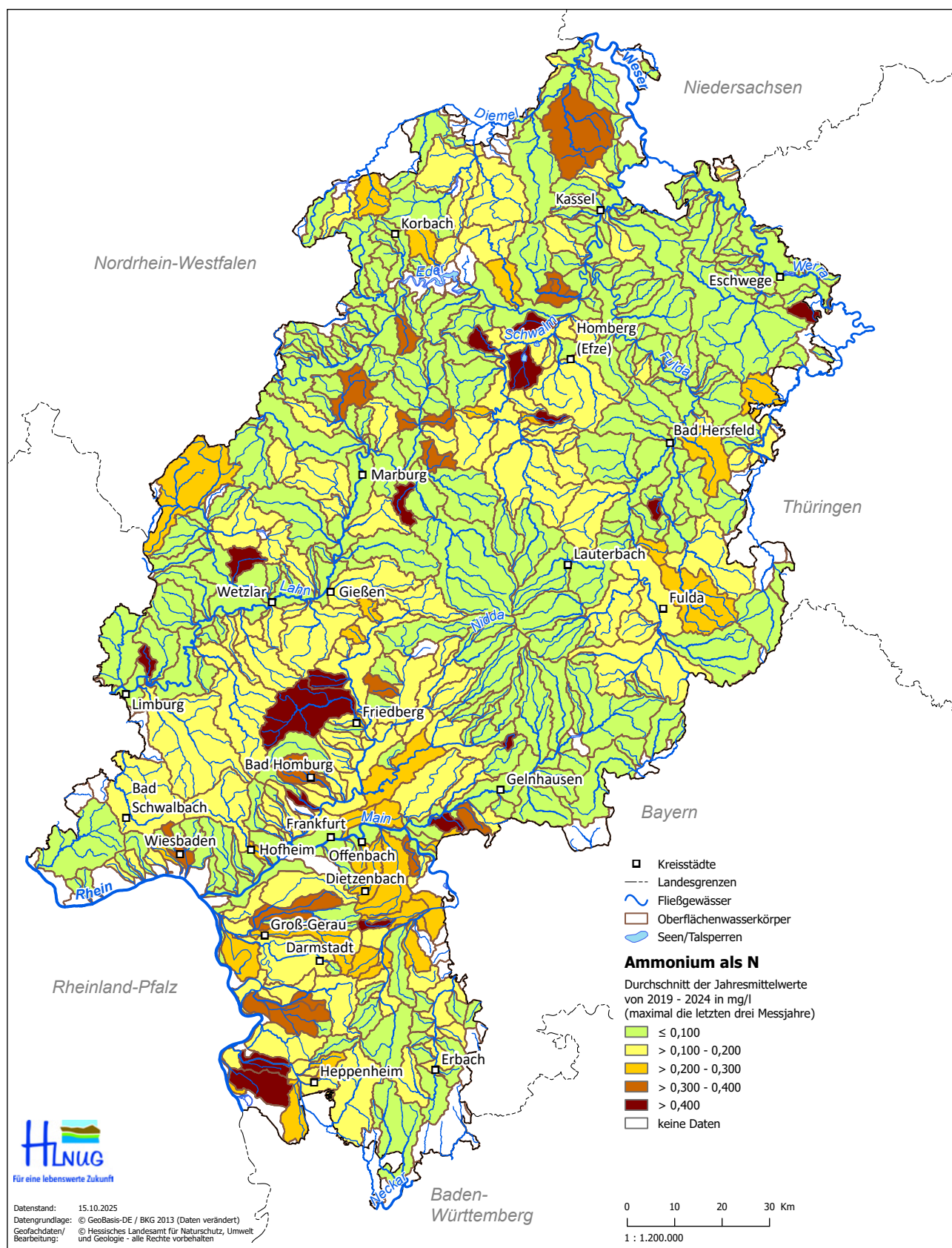
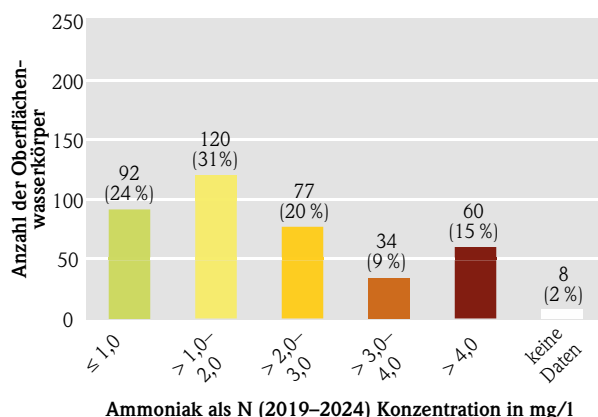


Abb. 23: Durchschnitt der Jahresmittelwerte für Ammonium als N im Betrachtungszeitraum 2019–2024

wobei maximal die drei aktuellsten Messjahre (mit i. d. R. 12 Stichproben pro Jahr) einfließen. Die Abbildung zeigt deutlich, dass in 42 % der OWK eine mittlere Konzentration von 0,1 mg/l überschritten wurde. Der Anteil der OWK mit sehr hohen Durchschnittskonzentrationen ($> 0,2$ mg/l) liegt bei 16 %. Die regionale Verteilung ist in Abbildung 23 ersichtlich.

Die Situation für Ammoniak ist in Abbildung 24 und Abbildung 26 dargestellt. Während 56 % der OWK im Betrachtungszeitraum der Jahre 2019 bis 2024 eine niedrige Konzentration für Ammonium als N aufweisen ($\leq 0,1$ mg/l), sind bei Ammoniak als N nur 24 % der OWK im niedrigen Konzentrationsbereich ($\leq 1,0$ μ g/l). Während für Ammoniak als N 44 % der OWK eine sehr hohe Konzentration ($> 2,0$ μ g/l) aufweisen, sind es beim Ammonium als N nur 16 % mit einer sehr hohen Konzentration ($> 0,2$ mg/l). Dementsprechend ist es bei der Maßnahmenplanung zur Verringerung der Ammoniumstickstoffbelastung

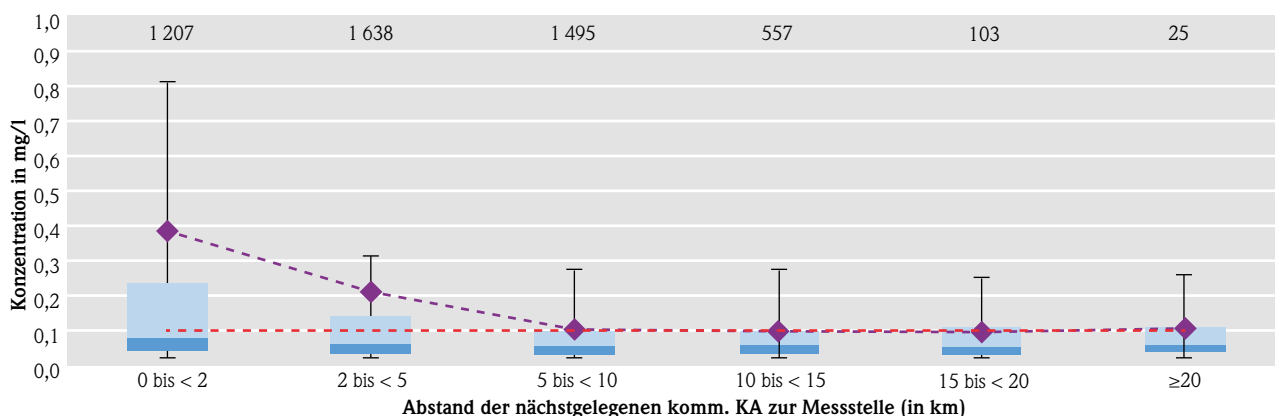


Ammoniak als N (2019–2024) Konzentration in mg/l

Abb. 24: Häufigkeitsverteilung der durchschnittlichen Jahresmittelwerte für Ammoniak als N aus maximal den letzten drei Messjahren im Betrachtungszeitraum 2019–2024

in hessischen Fließgewässern von Bedeutung, auch die Ammoniak-Belastung, insbesondere aufgrund der toxischen Wirkung, zu berücksichtigen.

Darstellung von Einzelwerten für Ammonium als N im Sommerhalbjahr (ohne Mai) als Boxplot nach Entfernung der nächstgelegenen kommunalen Kläranlage zur MST



Darstellung von Einzelwerten für Ammonium als N im Winterhalbjahr als Boxplot nach Entfernung der nächstgelegenen kommunalen Kläranlage zur MST

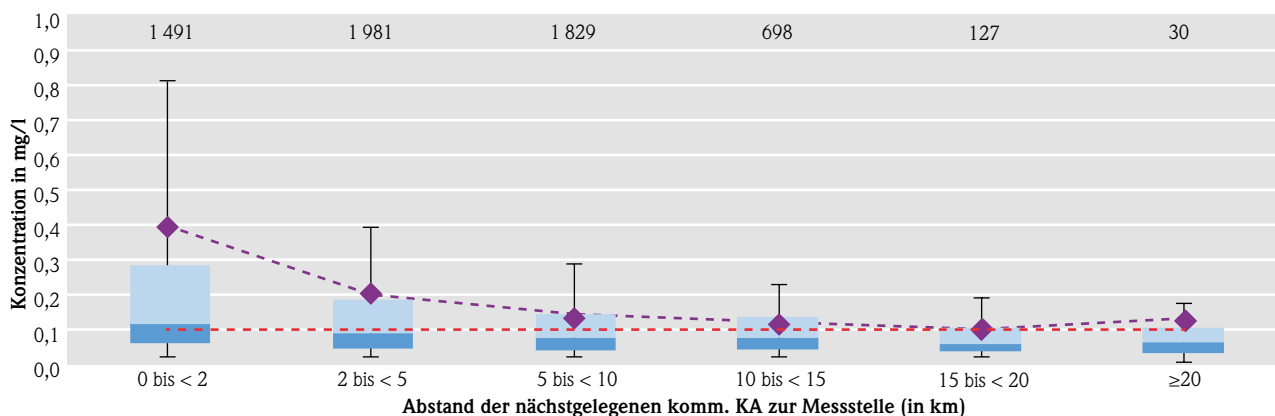


Abb. 25: Ammonium-N-Konzentration an der repräsentativen Messstelle in Abhängigkeit zum Abstand zur nächstgelegenen Kläranlage oberhalb

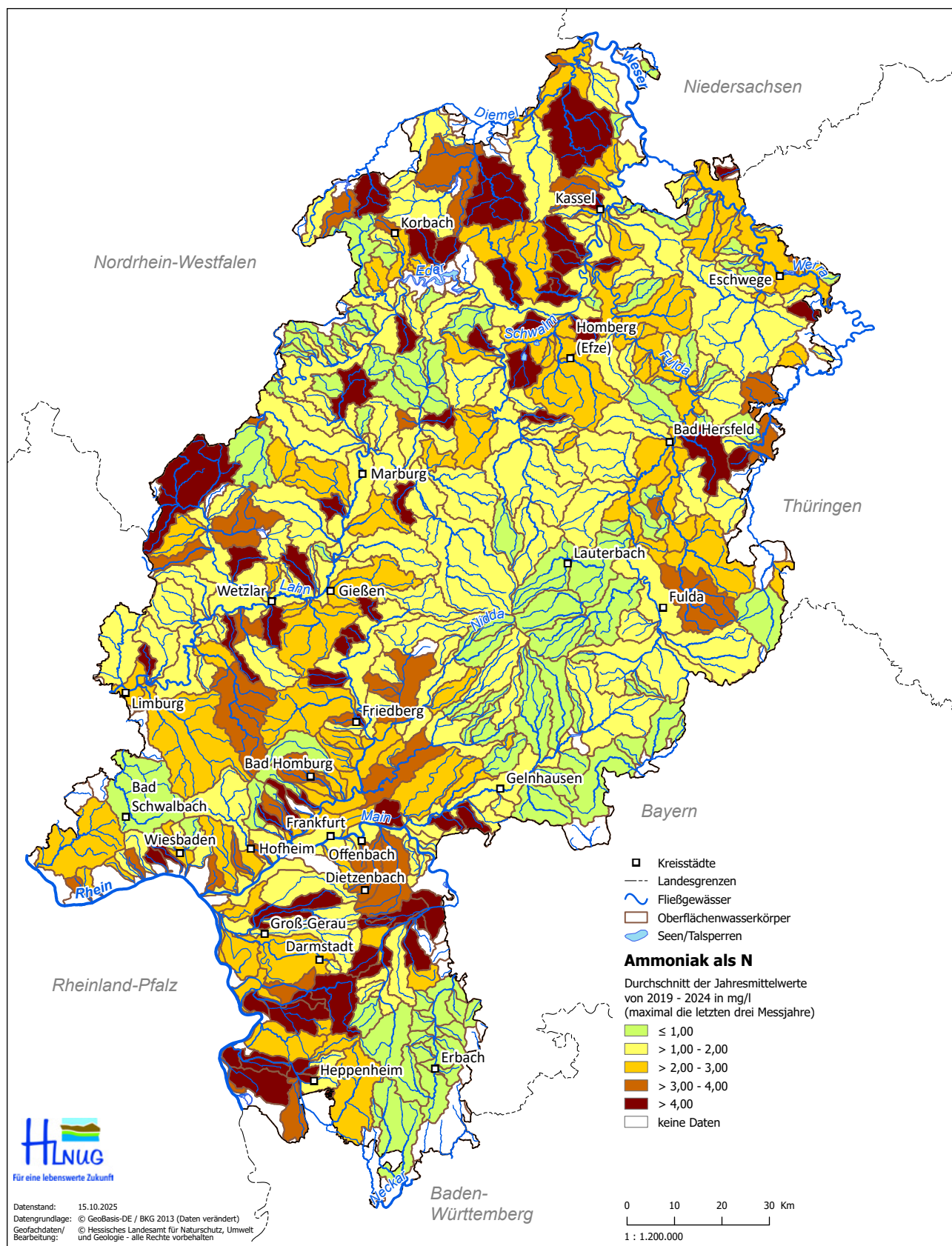


Abb. 26: Durchschnitt der Jahresmittelwerte für Ammoniak als N im Betrachtungszeitraum 2019–2024

Werden Ammoniumdaten in Abhängigkeit zum Abstand zur nächstgelegenen kommunalen Kläranlageneinleitung oberhalb der repräsentativen Messstelle betrachtet, wird deutlich, dass mit zunehmender Entfernung zur Kläranlageneinleitung aufgrund der Ab- und Umbauprozesse tendenziell geringere Konzentrationen vorliegen (Abbildung 25). Das heißt, nur in nächster Nähe der repräsentativen Messstelle liegende Kläranlagen können ggf. die Ursache für erhöhte Ammoniumkonzentrationen sein. Ebenso bedeutet dies, dass der ggf. negative Einfluss einer Kläranlage durch erhöhte Ammoniumeinträge nur unmittelbar unterhalb der Kläranlage untersucht werden kann.

Im Winterhalbjahr liegen die Ammonium-N-Konzentrationen im Vergleich zum Sommerhalbjahr etwas höher. Dies hängt u. a. damit zusammen, dass die mikrobiologischen Abbauprozesse bei kalten Temperaturen in der biologischen Reinigungsstufe der Kläranlagen weniger effizient sind und die Nitrifikationsprozesse im Fließgewässer länger dauern.

Neben der Ammoniumkonzentration wirken auch andere Stressoren auf die Fließgewässer-Biozönose ein. Dazu gehören z. B. die erhöhte Konzentration anderer chemischer Parameter und Strukturdefizite im Substrat und Strömung. Eine Verminderung von Ammoniumeinträgen aus Kläranlagen-Einleitungen unter Berücksichtigung der Ammoniaktoxizität ist dennoch ein wichtiger Baustein auf dem Weg zum guten ökologischen Zustand bzw. Potenzial.

5.1.2.2 Nitrit

Nitrit (NO_2^-) ist ein kurzlebiges Zwischenprodukt der mikrobiellen Oxidation von Ammonium zu Nitrat. Bei hohen Ammonium- und Nitriteinträgen kann die Konzentration von Nitrit im Fließgewässer sich soweit erhöhen, dass sich diese toxisch auf Gewässerorganismen auswirkt. Die toxische Wirkung von Nitrit auf Gewässerorganismen tritt insbesondere bei Fischen auf, da durch die Reaktion mit Hämoglobin die Sauerstoffversorgung eingeschränkt wird. Darüber hinaus reagiert Nitrit mit Aminosäuren zu krebserregenden Nitrosaminen. Zusätzlich wird bei der Umwandlung von Nitrit zu Nitrat gelöster Sauerstoff verbraucht, was bei Unterschreitung des toleranten Bereichs für u. a. Fische kritisch ist.

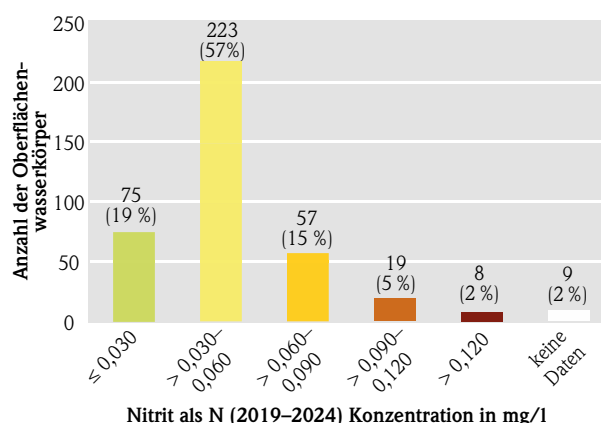


Abb. 27: Häufigkeitsverteilung der durchschnittlichen Jahresmittelwerte für Nitrit als N aus maximal den letzten drei Messjahren im Betrachtungszeitraum 2019–2024

Ein Gesamtbild der Belastung mit Nitrit als N wird in der Häufigkeitsverteilung in Abbildung 27 und auf der Karte in Abbildung 28 dargestellt. Dabei zeigen nur 19 % der OWK Konzentrationen im niedrigen Bereich ($\leq 0,030$ mg/l) auf. Bei 22 % der hessischen OWK liegen sehr hohe Konzentrationen ($> 0,060$ mg/l) vor.

5.1.2.3 Phosphor

Phosphor gilt in seiner gelösten Form als bioverfügbares ortho-Phosphat (o-PO_4^{3-}) im Zusammenhang mit der Eutrophierung in den Binnengewässern als limitierender Faktor.

Auf Grundlage einer Modellierung mit dem Modell MEPhos wurde abgeschätzt, dass in Hessen 65 % der Einträge aus Punktquellen und 35 % aus diffusen Quellen stammen. Die drei Haupteintragspfade sind dabei kommunale Kläranlagen, Erosion und Mischwasserentlastungen. Landwirtschaftliche Einträge werden durch die Summe aus Erosion, Drainagen und Abschwemmungen mit einem Anteil von 25 % abgebildet (Kapitel 5.1.2.4).

Neben den mittels Modellierung ermittelten Eintragspfaden zeigten auch intensive Messungen und Frachtbilanzierungen des HLNUG, dass kommunale Kläranlagen die dominierende Eintragsquelle von Phosphor (ortho-Phosphat-Phosphor) in hessischen Fließgewässern sind.

Durch die gezielte Umsetzung von Reduktionsmaßnahmen, d. h. strengere Anforderungen an die

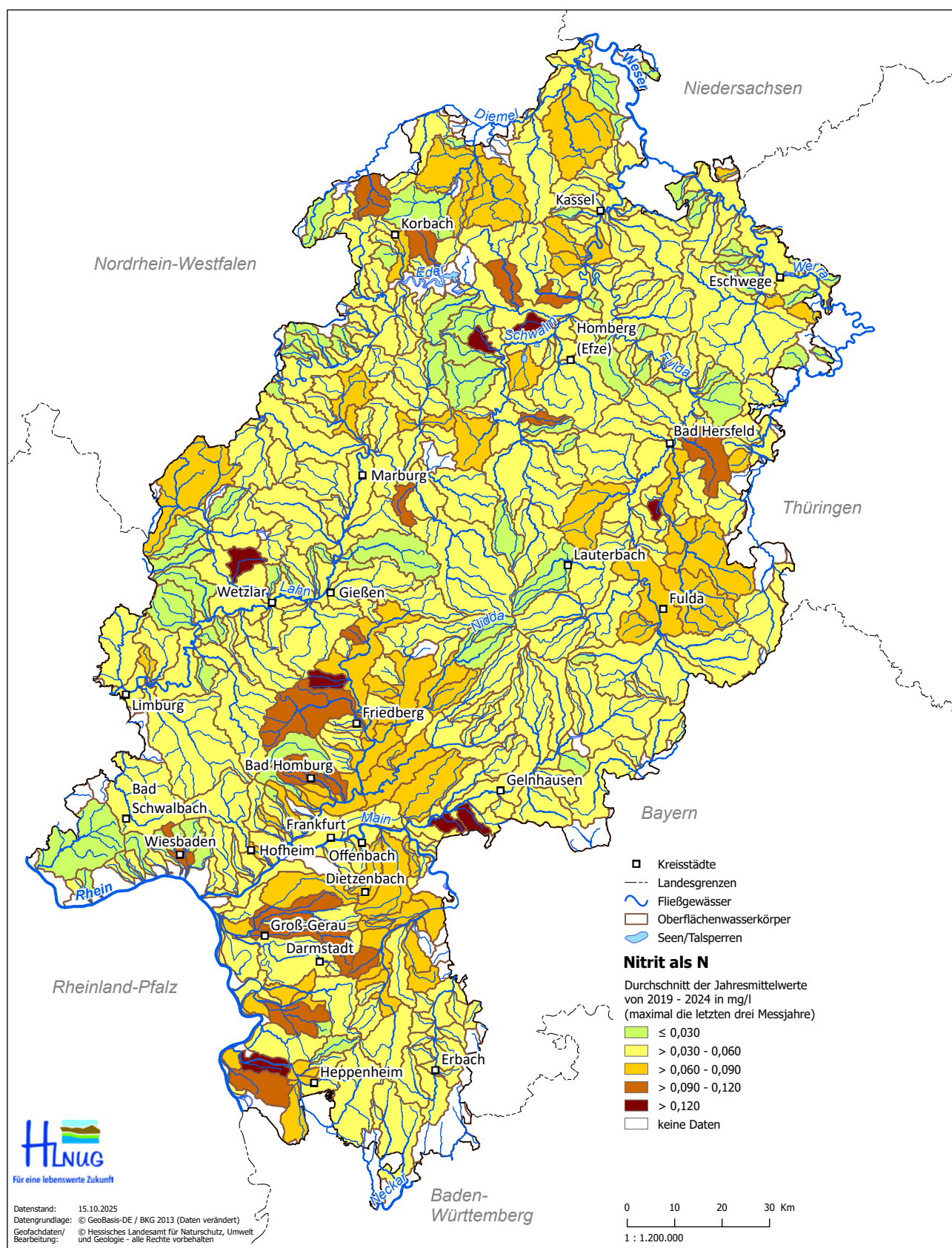


Abb. 28: Durchschnitt der Jahresmittelwerte für Nitrit als N im Betrachtungszeitraum 2019–2024

Phosphor-Ablaufkonzentrationen kommunaler Kläranlagen seit dem Jahr 2015 (v. a. durch die Optimierung der Phosphatfällung) konnten die Gesamtposphor-Ablaufwerte deutlich vermindert und damit der Frachtanteil der Kläranlagen an der Phosphorfracht im Gewässer reduziert werden (siehe Abbildung 29).

Infolgedessen nahm die ortho-Phosphat als P-Konzentration in Fließgewässern erheblich ab. Dieser Zusammenhang ist auch am Beispiel des Nidda-Einzugsgebietes in Abbildung 30 erkennbar. Ab 2016 ist ein Rückgang der ortho-Phosphat Konzentrationen sichtbar, ab 2020 wird ein im Vergleich zu den Jahren 2010 und 2011 verhältnismäßig niedriges Konzentrationsniveau erreicht. Schwankungen sind zum Teil auf unterschiedliche hydrologische Bedingungen und daraus variierenden Abwasseranteilen zurückzuführen. Gesamtposphor reagiert weniger stark, aber auch hier ist ein Rückgang erkennbar, der ab 2018 ein niedrigeres Konzentrationsniveau als in den Vorjahren erreicht.

In Abbildung 31 und Abbildung 32 ist der deutliche Rückgang der ortho-Phosphat Konzentrationen in hessischen Fließgewässern zwischen den Betrachtungszeiträumen der Jahre 2007–2011 (links) und 2019–2024 (rechts) dargestellt. Für die jeweiligen Betrachtungszeiträume werden die aktuellsten drei Jahresdurchschnittswerte gemittelt.

Der Anteil von OWK mit niedrigen Konzentrationen ($\leq 0,07$ mg/l) ist von 19 % auf 46 % gestiegen. Gleichzeitig verringerte sich der Anteil der OWK mit sehr hohen Konzentrationen ($> 0,14$ mg/l) um über 60 %.

Die Effekte der Maßnahmen an kommunalen Kläranlagen sind beim Gesamtposphor weniger deutlich ausgeprägt als bei ortho-Phosphat-Phosphor,

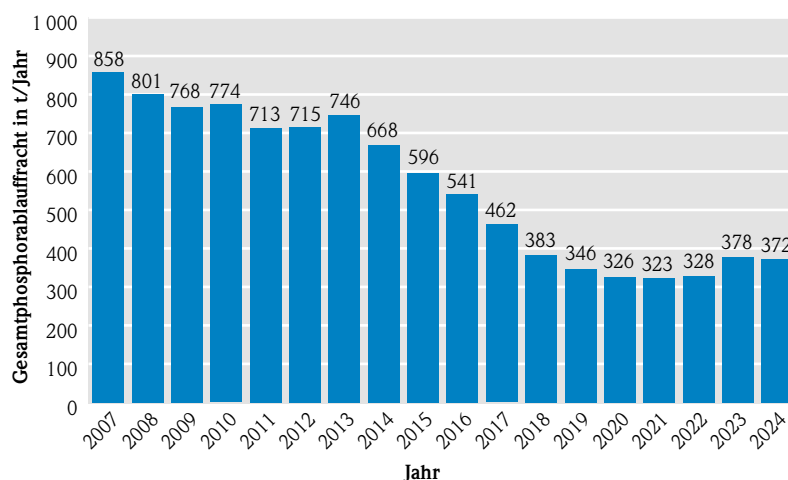


Abb. 29: Gesamtposphorfrachten im Ablauf kommunaler Kläranlagen in Hessen seit dem Jahr 2007

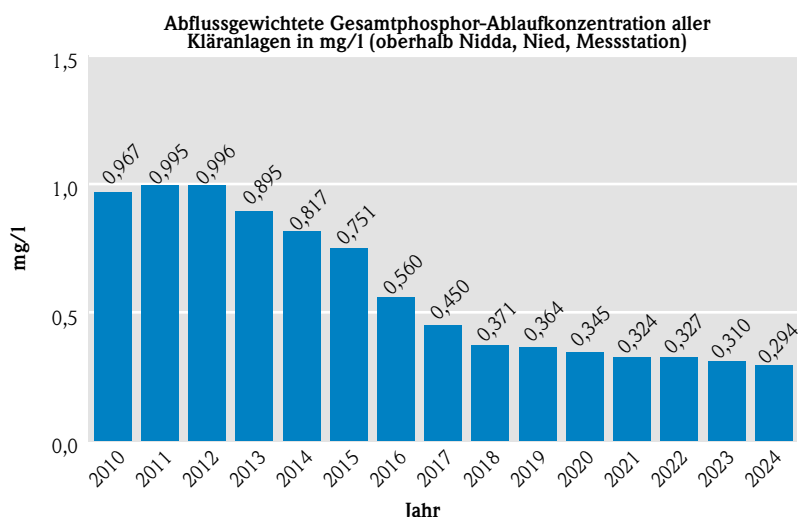
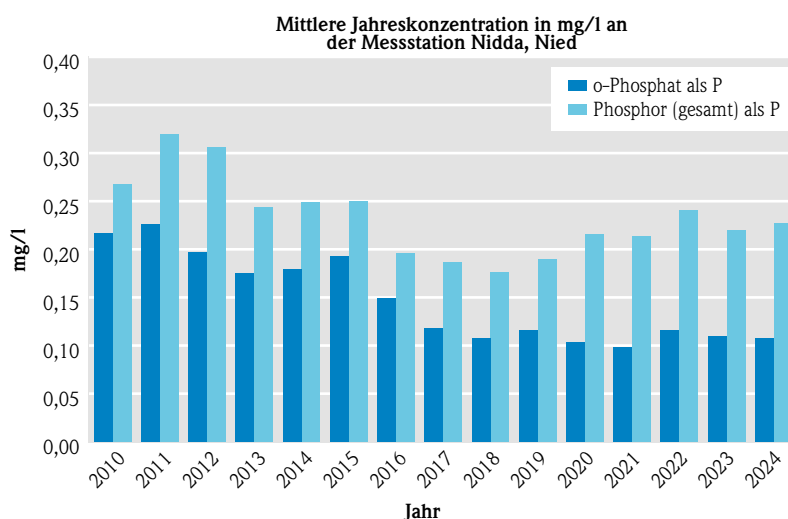


Abb. 30: Entwicklung der Phosphor-Konzentrationen (Jahresdurchschnittswerte) am Beispiel der Messstation Nidda, Nied ab 2010 mit abflussgewichteten Gesamtposphor-Ablaufkonzentrationen der im Einzugsgebiet oberhalb einleitender Kläranlagen.

Chemische Beschaffenheit der Fließgewässer in Hessen

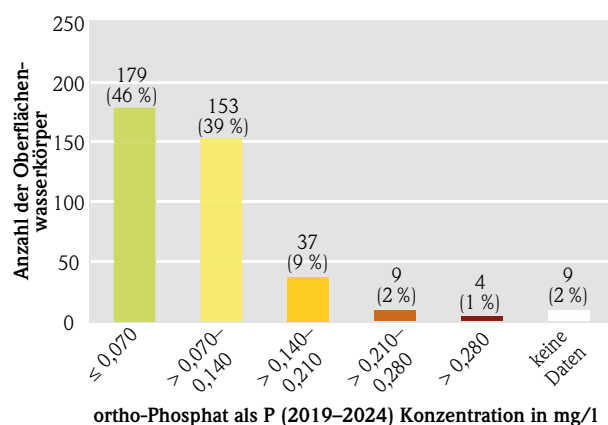
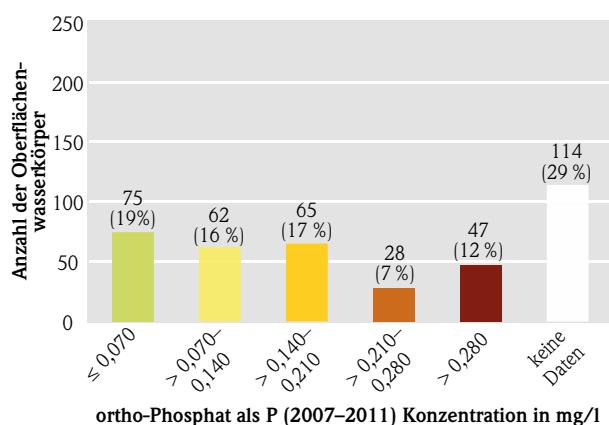


Abb. 31: Häufigkeitsverteilungen der ortho-Phosphat als P-Konzentration in Wasserkörpern für die Betrachtungszeiträume 2007–2011 (links) und 2019–2024 (rechts)

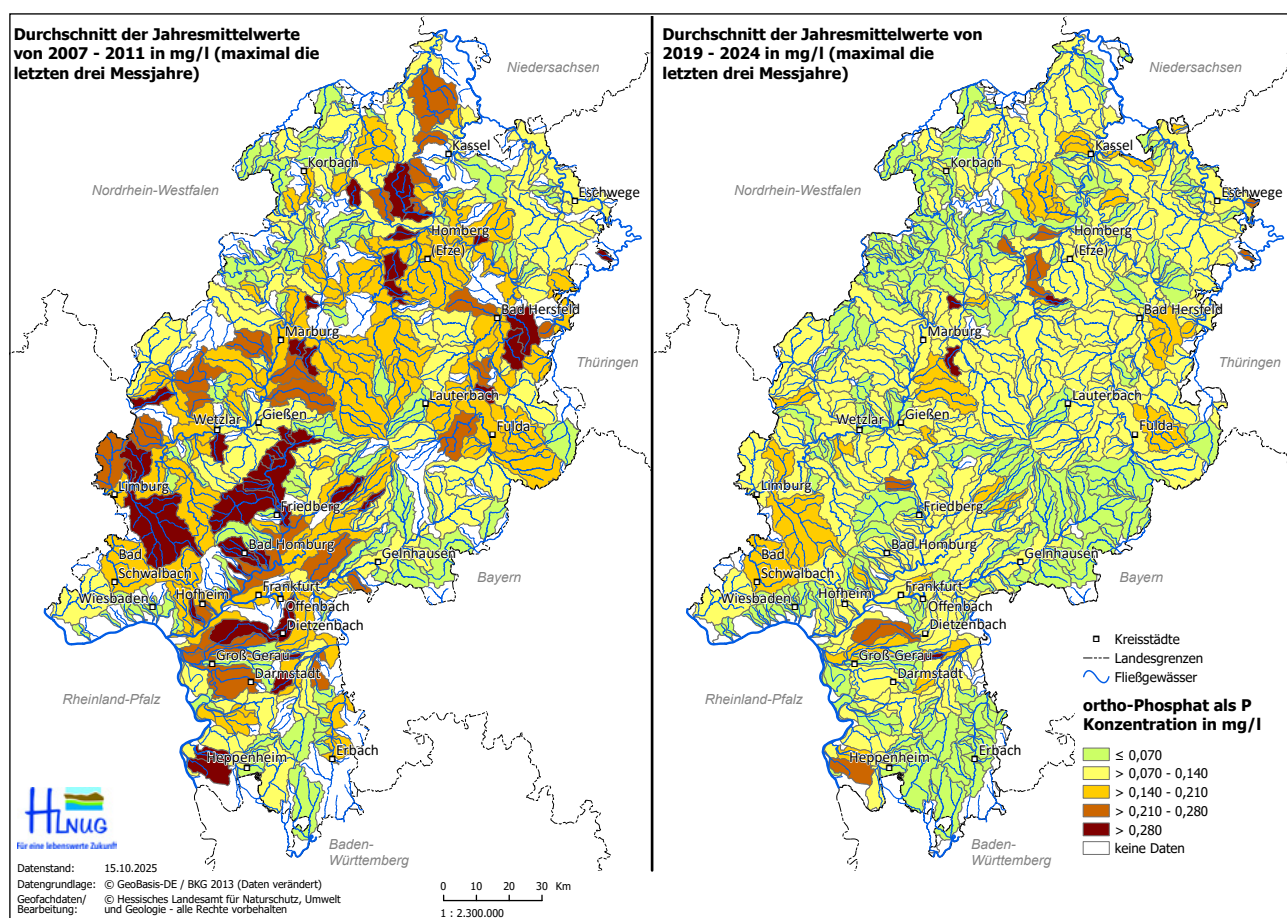


Abb. 32: Gegenüberstellung der durchschnittlichen Jahresmittelwerte für ortho-Phosphat als P in den Betrachtungszeiträumen 2007–2011 (links) und 2019–2024 (rechts)

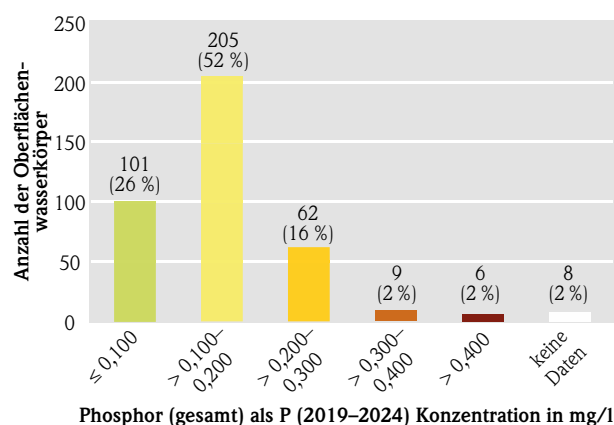
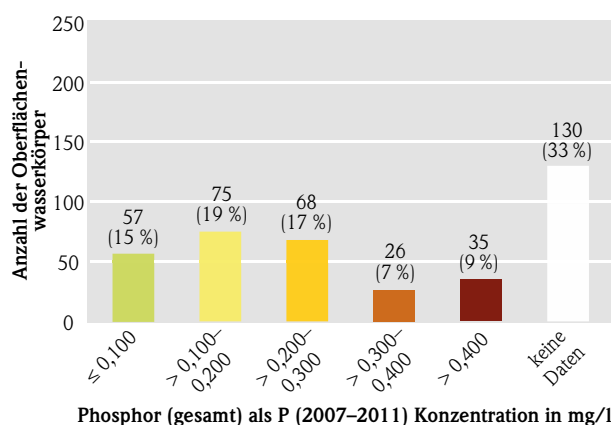


Abb. 33: Häufigkeitsverteilungen der Gesamtphosphor-Konzentration in OWK für die Betrachtungszeiträume 2007–2011 (links) und 2019–2024 (rechts)

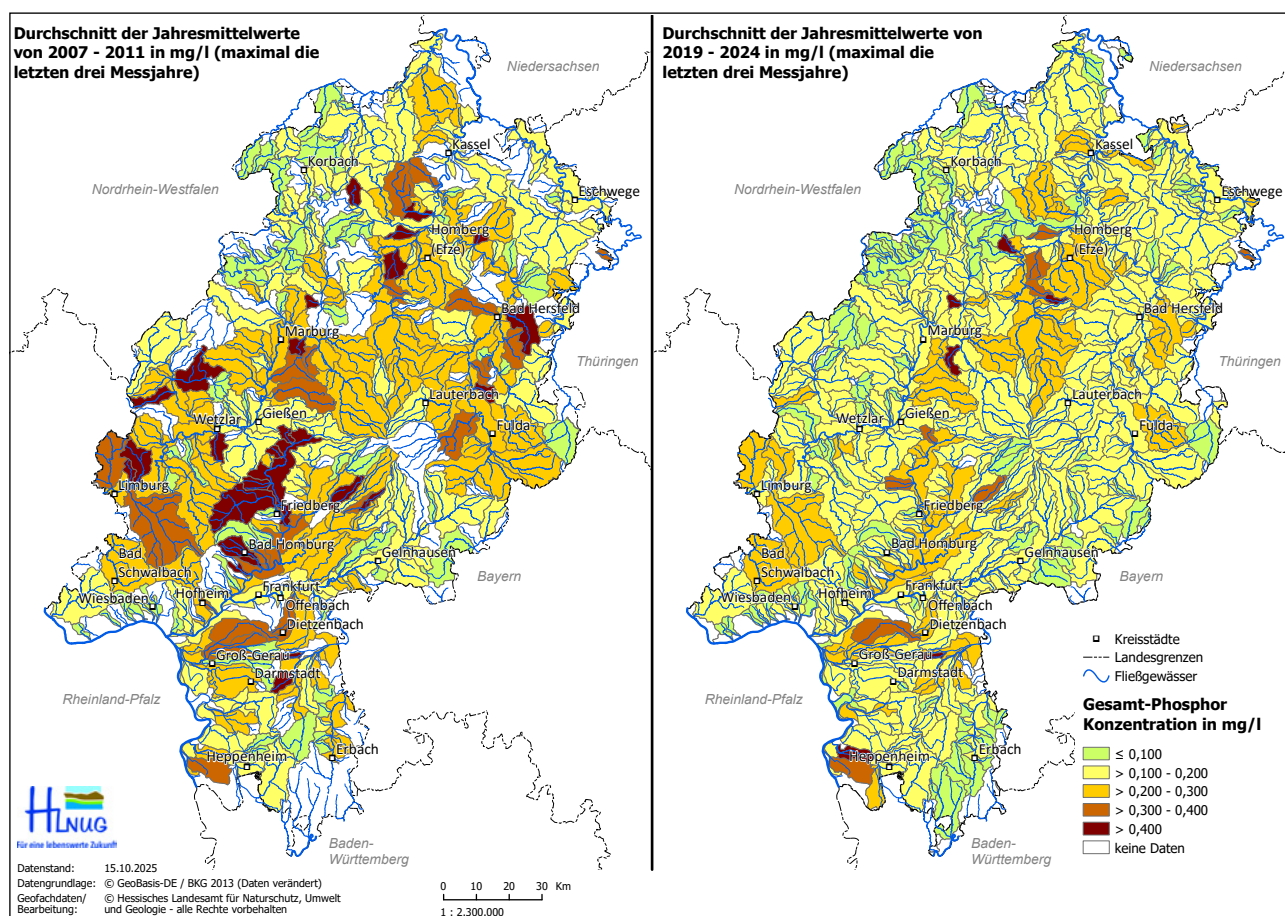


Abb. 34: Gegenüberstellung der durchschnittlichen Jahresmittelwerte für Gesamtphosphor in den Betrachtungszeiträumen 2007–2011 (links) und 2019–2024 (rechts)

da andere Einträge (zum Beispiel aus der Landwirtschaft) eine stärkere Rolle spielen.

In den Abbildung 33 und Abbildung 34 sind die Betrachtungszeiträume 2007–2011 und 2019–2024 nebeneinander dargestellt.

Der Anteil von OWK mit niedrigen Konzentrationen ($\leq 0,1$ mg/l) ist von 15 % auf 26 % gestiegen. Gleichzeitig verringerte sich der Anteil der OWK mit sehr hohen Konzentrationen ($> 0,2$ mg/l) um rund 40 %.

Um die Phosphor-Belastungen weiter zu senken, wurden im aktuellen Maßnahmenprogramm (MP 2021–2027; HMUKLV 2021a) die Phosphor Anforderungen im Ablauf der Kläranlagen weiter verschärft.

5.1.2.4 Abgrenzung von eutrophierten Gebieten zur Umsetzung der Düngeverordnung

In der Landwirtschaft ist die Anwendung von Düngemitteln ein wichtiges Instrument, um die Bodenfruchtbarkeit und die Nährstoffversorgung von Pflanzen sicherzustellen. Dabei können jedoch überschüssige Nährstoffe in angrenzende Umweltkompartimente, wie Gewässer gelangen und hier negative Auswirkungen auf die Wasserqualität und die Biodiversität haben. Daher ist für den Schutz von Gewässern ein sparsamer und an den Pflanzenbedarf angepasster Umgang mit Düngemitteln unerlässlich.

Zur Reduzierung von Nährstoffeinträgen in Gewässer wurde daher im Jahr 1991 die EU-Nitratrichtlinie (Richtlinie 91/676/EWG) erlassen. Zur nationalen Umsetzung dieser Richtlinie in Deutschland ist erstmals 2017 die Düngeverordnung (DüV 2017) bundesweit in Kraft getreten.

Die DüV regelt die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach der „guten fachlichen Praxis“ und soll unter anderem zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat und Phosphor aus landwirtschaftlichen Quellen beitragen.

Bestandteil der Düngeverordnung ist, dass die Länder zum Schutz der Oberflächengewässer vor Eutrophierung durch Phosphor Einzugsgebiete oder Teil-

einzugsgebiete von Gewässern ausweisen müssen, die aufgrund zu hoher Phosphorgehalte, keinen guten ökologischen Zustand aufweisen. In Hessen werden die eutrophierten Gebiete auf Ebene von OWK ausgewiesen. Als methodische Grundlage für die Ausweisung dieser Gebiete dient die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten (AVV GeA 2022). Das HLNUG führt im Auftrag des HMLU die technische Umsetzung der AVV GeA durch.

Die Gebietsabgrenzung erfolgt nach den rechtsverbindlichen Vorgaben der AVV GeA (2022) in fünf Schritten:

Im ersten Schritt wird anhand von Messwerten überprüft, ob die Phosphorkonzentrationen im Gewässer den für den guten ökologischen Zustand festgelegten Wert (Anlage 7 Nr. 2 Tabelle 2.1.2 und Nr. 2.2 der OGewV) überschreiten. In Fließgewässern wird hierfür der Parameter Ortho-Phosphat-Phosphor und in Seen der Parameter Gesamtposphor bewertet.

Im zweiten Schritt werden relevante biologische Qualitätskomponenten geprüft, die eine bereits eingesezte oder drohende Eutrophierung anzeigen können. In Fließgewässern werden hier die Komponenten Wasserpflanzen (Makrophyten) und die Kieselalgen des Phythobenthos und in Seen das Phytoplankton betrachtet.

Im dritten und vierten Schritt wird geprüft, ob die Phosphoreinträge aus der Landwirtschaft stammen, um verursachergerechte Maßnahmen zu ergreifen oder Regelungen festzulegen. Hierfür wird mit dem Modell MEPhos des Forschungszentrums Jülich modelliert, wieviel Phosphor (als Gesamtposphor) über die unterschiedlichen Eintragspfade in Oberflächengewässer eingetragen wird (Abbildung 35 und Abbildung 36).

Der landwirtschaftlichen Flächennutzung werden nach AVV GeA (2022) die Einträge aus Drainagen, Abschwemmung und Erosion zugerechnet. Für jeden OWK werden die Einträge aus der Landwirtschaft den weiteren modellierten Eintragspfaden (kommunale und industrielle Kläranlagen, Kleinkläranlagen, Mischwasserentlastungen, Regenwasserkanalisation, Grundwasser, atmosphärische Deposition sowie Zwischenabfluss) gegenübergestellt

und geprüft, ob die Einträge aus der Landwirtschaft einen signifikanten Anteil (> 20 %) am Gesamtposphoreintrag in den OWK ausmachen.

Landwirtschaftlich bedingte Phosphoreinträge sind zudem abhängig von den naturräumlichen Gegebenheiten und nicht vollständig vermeidbar. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurden öko-regionsabhängige, flächenspezifische Schwellenwerte für landwirtschaftlich bedingte Phosphoreinträge festgelegt und neben den prozentualen Einträgen auch die absoluten Einträge aus der Landwirtschaft modelliert.

Wenn in diesen vier Schritten festgestellt wird, dass das Gewässer Defizite bei den biologischen Qualitätskomponenten aufweist, die auf erhöhte Phosphor-Konzentrationen aus der Landwirtschaft zurückzuführen sind sowie der flächenspezifische, landwirtschaftlich bedingte Eintrag überschritten ist, sind die Voraussetzungen erfüllt das Einzugsgebiet des Gewässers als ein eutrophiertes Gebiet auszuweisen.

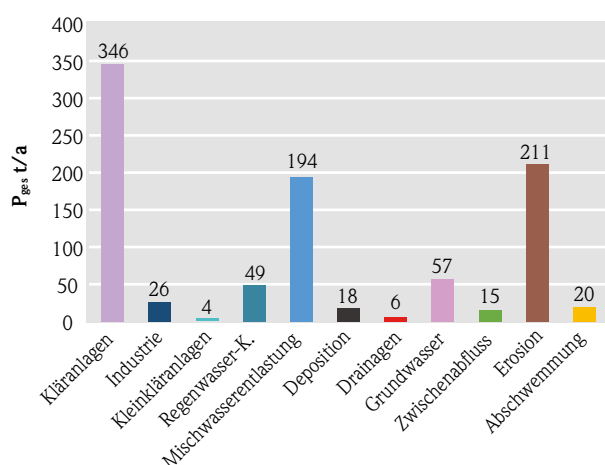


Abb. 36: Ergebnis der Modellierung der absoluten Einträge der Eintragspfade für Gesamtposphor in hessische OWK (verändert nach TETZLAFF & TA 2020)

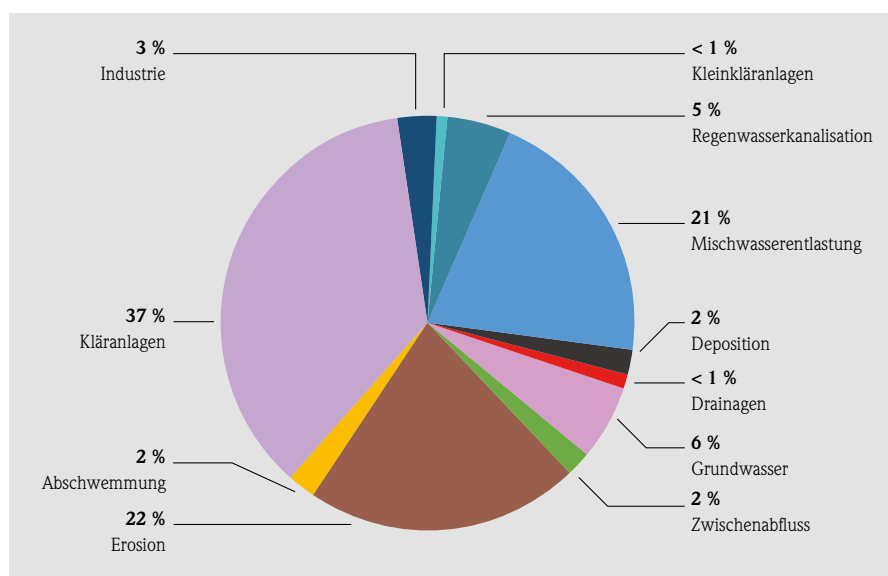


Abb. 35: Ergebnis der Modellierung der prozentualen Anteile der Eintragspfade am Gesamtposphoreintrag in hessische OWK (verändert nach TETZLAFF & TA 2020)

Entlang der Oberflächenwasserkörpergrenzen werden in einem fünften Schritt die Flächen der landwirtschaftlichen Parzellen, die zu mindestens 20 % in einem belasteten Gebiet liegen, vollständig dem belasteten Gebiet hinzugerechnet. Die Umsetzung dieses letzten Schrittes der Gebietsabgrenzung erfolgt durch das HMLU.

Mit dem Ziel, den Zustand des Gewässers zu verbessern, gelten in den als eutrophiert ausgewiesenen Gebieten verschärfte Regelungen für die Anwendung von phosphorhaltigen Düngemitteln. So sind bei der Ausbringung von Düngemitteln in Abhängigkeit von der Hangneigung bestimmte Abstände zu Oberflächengewässern einzuhalten und vor der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern sowie von Düngemitteln, bei denen es sich um Gärrückstände aus dem Betrieb von Biogasanlagen handelt, deren Nährstoffgehalte festzustellen.

Die erstmalige Ausweisung von eutrophierten Gebieten erfolgte in Hessen im Jahr 2020. Damals wurden 85 OWK (von insgesamt 392 OWK) als eutrophierte Gebiete ausgewiesen.

Nach einer im Jahr 2022 durchgeführten Überprüfung der erstmaligen Ausweisung verringerte sich die Anzahl der ausgewiesenen OWK auf 83 (Abbildung 37). Dies entspricht einer Fläche von ca. 6094 km² und macht ca. 29 % der Landesfläche aus.

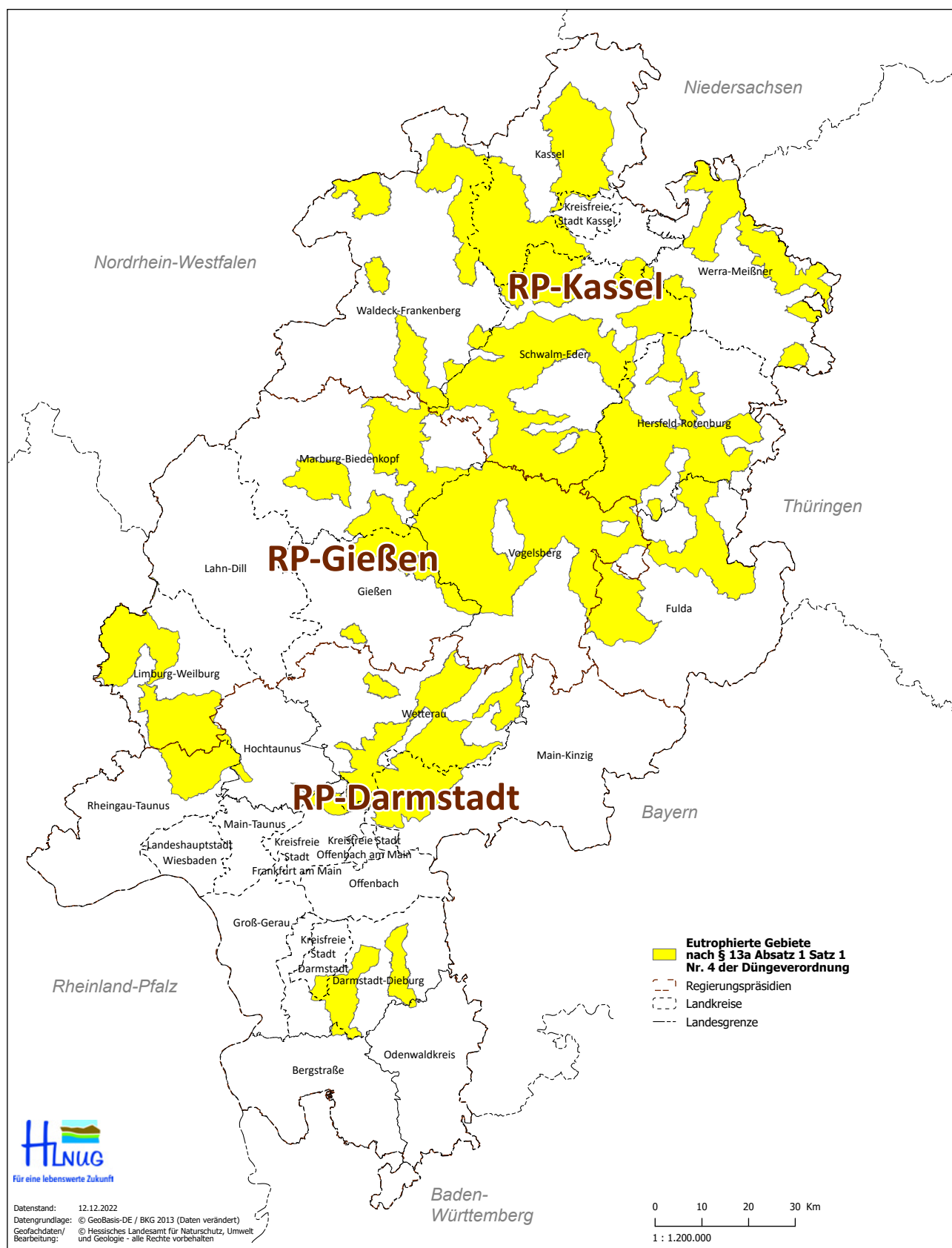


Abb. 37: Eutrophierte Gebiete in Hessen nach § 13 a Absatz 1 Satz 1 Nr. 4 DüV (DüV 2017) gemäß der Gebietsausweisung 2022

In diesen Gebieten sind ca. 3 155 km² landwirtschaftliche Nutzfläche betroffen, was ca. 34 % der gesamten landwirtschaftlichen Fläche in Hessen entspricht. Mindestens alle vier Jahre muss die Gebietsausweisung auf Grundlage aktueller Daten überprüft und wenn erforderlich angepasst werden. Die nächste Überprüfung erfolgt im Jahr 2026.

Die Feststellung der durch Phosphor belasteten Gewässer und die Ausweisung ihrer Einzugsgebiete ist ein wichtiger erster Schritt, den Zustand der Gewässer in Hinblick auf Belastungen durch zu hohe

landwirtschaftlich bedingte Phosphor-Einträge zu verbessern und ihrer Eutrophierung entgegenzuwirken. Im nächsten Schritt gilt es, in Form eines Wirkungsmonitorings zu prüfen, ob die ergriffenen Maßnahmen, in Form der besonderen Vorgaben bei der Düngung, geeignet sind, den landwirtschaftlich bedingten Phosphoreintrag in die Gewässer zu reduzieren und falls nicht, weitere Maßnahmen zu ergreifen. Dazu wird seit dem Jahr 2023 an zusätzlichen Messstellen in eutrophierten Gebieten monatlich die Entwicklung der Phosphorkonzentrationen im Gewässer durch das HLNUG überprüft.

5.2 Spurenstoffe

5.2.1 Allgemeines

Unter dem Sammelbegriff „Spurenstoffe“ werden Stoffe verstanden, die in Gewässern in Konzentrationen von Millionstel ($1/1\,000\,000 \pm 10^{-6}$) Gramm pro Liter (bzw. Mikrogramm pro Liter oder $\mu\text{g/l}$) oder Milliardstel ($1/1\,000\,000\,000 \pm 10^{-9}$) Gramm pro Liter (bzw. Nanogramm pro Liter oder ng/l) vorkommen. Allerdings haben manche der Stoffe bereits in diesen sehr geringen Konzentrationen nachteilige Auswirkungen auf Gewässerorganismen oder neigen dazu, sich über längere Zeiträume in Lebewesen anzureichern (sogenannte Bioakkumulation). Deshalb kommen der Messung und Überwachung von Spurenstoffen im Gewässer eine hohe ökologische Relevanz zu.

Aufgrund der niedrigen Konzentrationsbereiche und den damit verbundenen Anforderungen an die analytische Untersuchung ist die Analytik solcher Stoffe deutlich teurer als z. B. die der im vorangegangenen Kapitel diskutierten ACP. Daher können derartige Untersuchungen nur an einem ausgewählten Teil der insgesamt vorhandenen Messstellen durchgeführt werden. Die Auswahl der Messstellen erfolgt aufgrund von historischen Daten, Daten zur Landnutzung sowie Abwasseranteilen, also dort, wo es Hinweise auf eine erhöhte Belastung der Gewässer bzw. ein erhöhtes Belastungsrisiko gibt.

Der Begriff Spurenstoffe umfasst eine Vielzahl von Verbindungen, die sowohl natürlichen als auch an-

thropogenen Ursprungs sein können. Die European Chemical Agency (ECHA) listet über 26 000 Stoffe in ihrer Online-Datenbank REACH auf (REACH – Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals).

Sie lassen sich grob folgenden Kategorien zuordnen:

- Pestizide (Pflanzenschutzmittel und Biozide)
- Pharmazeutika (Human- und Veterinärarzneistoffe, Röntgenkontrastmittel, Antibiotika, Hormone u. a.)
- Industriechemikalien (Flammschutzmittel, Kohlenwasserstoffe, Komplexbildner u. a.)
- Per- und polyfluorierte Verbindungen (PFAS)
- Metalle und Schwermetalle
- sonstige Spurenstoffe

Neben den Substanzen selber spielen auch deren Abbauprodukte (Metaboliten) eine Rolle, wenn sie ökotoxikologische Auswirkungen auf Organismen haben.

Je nach Stoffgruppe kommen unterschiedliche Eintragspfade in unsere Gewässer in Betracht. Manche Spurenstoffe stammen überwiegend aus behandelten Abwässern, da sie in Kläranlagen nicht vollständig entfernt werden. Aber auch Entlastungsereignisse des

Kanalsystemen durch Starkregen können die Gewässer belasten. In diesem Fall kommt es zu einer direkten Einleitung des Abwassers ohne vorherige Behandlung in einer Kläranlage. Bei bestimmten Spurenstoffen können auch Einträge durch die Anwendung in der Landwirtschaft oder auch Altlasten eine Rolle spielen. Einen weiteren Eintragspfad stellt die atmosphärische Deposition dar. Sie spielt vor allem bei ubiquitär (d.h. flächendeckend) vorkommenden Schadstoffen eine Rolle, da durch den luftgetragenen Transport selbst abgelegene Gewässer erreicht werden. Die Eintrags-

quellen unterscheiden sich zudem auch darin, ob die Belastung aus Punktquellen (Einleitung einer Kläranlage oder Mischwasserentlastungsanlage) erfolgt oder auch ein diffuser Eintrag durch Oberflächenabfluss und Erosion möglich ist. Wird eine problematische Substanz im Gewässer nachgewiesen, ist die Aufklärung des Eintragspfades von maßgeblicher Bedeutung, um gezielt Maßnahmen zur Reduktion der Belastung durchführen zu können. Die Ursachen können dabei selbst für ein und dieselbe Substanz von OWK zu OWK unterschiedlich sein.

5.2.2 Matrices

Wie sich ein Stoff in der Umwelt verhält und an welchem Umweltkompartiment er sich im Gewässer anlagert, hängt stark von den Stoffeigenschaften ab. Polare Stoffe werden im Wesentlichen gelöst in der Wasserphase nachgewiesen. Unpolare Substanzen hingegen lagern sich eher am mit der Wasserphase transportierten Schwebstoff oder auch im Sediment an. Manche Stoffe neigen auch dazu sich entlang der Nahrungskette anzureichern und finden sich in den höheren Trophiestufen, z.B. primär im Fettgewebe von Tertiärkonsumenten, also z.B. Raubfischen wie dem Hecht. Das bedeutet, dass neben der Matrix „Wasser“ auch die Matrix „Schwebstoffe/Sediment“ sowie „Biota“ (i. d. R. Fische, Muscheln oder Krebstiere) je nach Eigenschaft der zu bewertenden Substanz analysiert werden muss. Abbildung 38 gibt einen Überblick über die untersuchten Matrices sowie die Anzahl der Einzelparameter, die vom HLNUG in diesen Matrices untersucht werden (Stand 2019). Nur für einen Teil der etwa 480 Parameter liegen UQN vor, mit denen eine Bewertung der Stoffe im Rahmen des ökologischen bzw. chemischen Zu-

stands in den Bewirtschaftungsplänen erfolgt (mehr dazu in folgenden Kapiteln). Der Parameterumfang der Messprogramme ist dynamisch und kann sich um neue, relevante Stoffe erweitern, aber auch um nicht mehr relevante Stoffe verringern. Die Parameteranzahl ist dabei von der gewählten Analytik mit abhängig, da es möglich ist, bestimmte Parameter ergänzend zu Zielparametern mit zu analysieren.

Die meisten der im Rahmen der Gewässerüberwachung betrachteten Spurenstoffe sind organische, d.h. kohlenstoffhaltige Verbindungen, die anthropogenen Ursprungs sind. Allerdings können einige dieser Stoffe auch in natürlichen Prozessen



Abb. 38: Untersuchte Matrices sowie Parameterumfang © HLNUG

entstehen. Als Beispiel seien hier polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) genannt, die auch aus natürlichen Verbrennungsvorgängen stammen können. So kann neben anthropogenen Einträgen zusätzlich auch eine natürliche Hintergrundbelastung vorliegen. Auch Metalle bzw. Halbmetalle, wie Quecksilber, Blei, Cadmium, Selen, Thallium oder Silber können bereits in sehr geringen Konzentrationen im $\mu\text{g/l}$ -Bereich negative Auswirkungen auf die Gewässerbiologie haben, fallen aber nicht

in den Bereich der organischen Substanzen. Wie einzelne organische Verbindungen können Metalle durch die geogenen Bedingungen im Einzugsgebiet bereits zu einer Hintergrundbelastung im Gewässer führen, die oberhalb der UQN für ein typisches Gewässer liegt. Abbildung 39 zeigt die verschiedenen Stoffgruppen, die unterschiedlichen Matrices sowie Messprogramme des HLNUG im Bereich der Spurenstoffe.

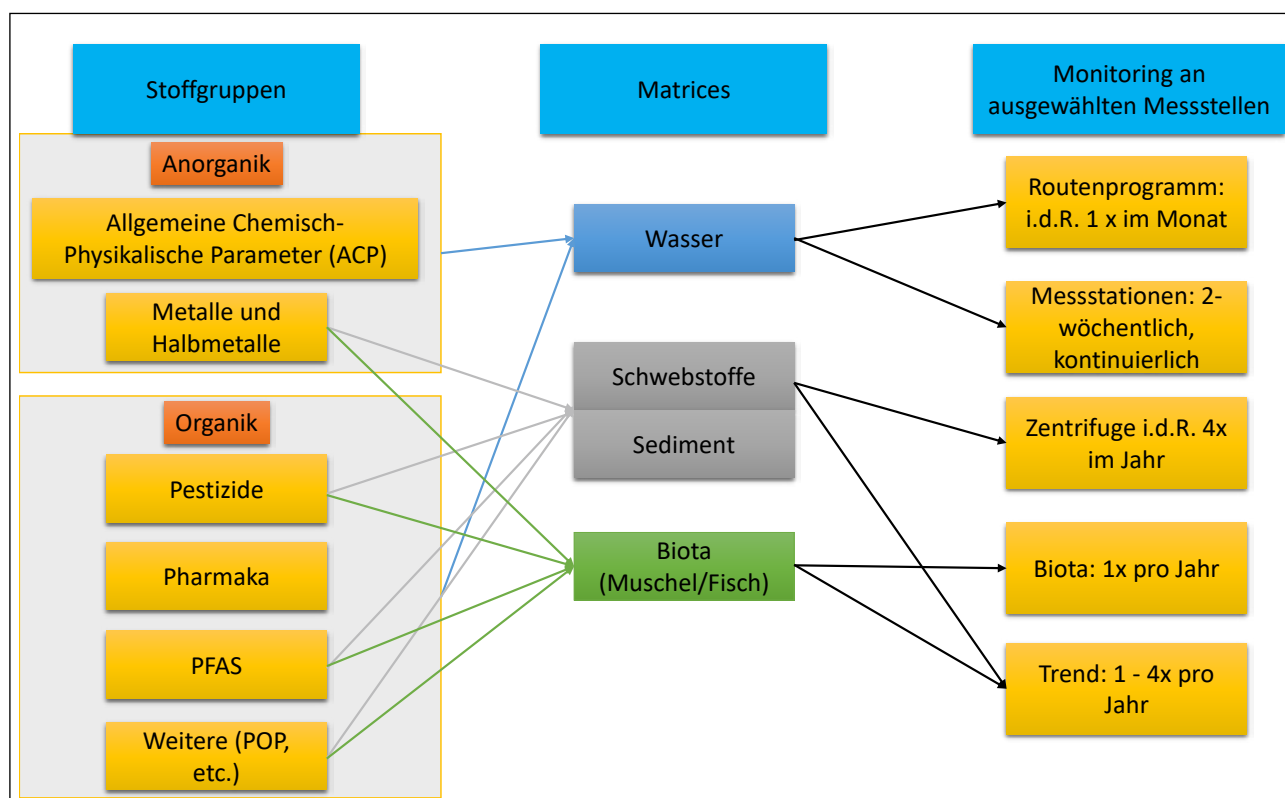


Abb. 39: Stoffgruppen, Matrices und Monitoringprogramme des HLNUG

5.2.3 Bewertung der Belastung in Gewässern

Die Ableitung und das Festlegen von Bewertungskriterien für chemische Verbindungen ist ein komplexer Prozess. Um zu einer Stoffbewertung und einer Risikobewertung zu kommen, müssen Stoffdaten sowie verschiedene Tests durchgeführt und ausgewertet werden. Im Fall von Pestiziden kann dies dann zu Auflagen für deren Anwendung sowie Anwendungsbeschränkungen führen. Eine Kenngröße, die auf der Durchführung solcher Tests basiert, ist die sogenannte PNEC (Predicted No-Effect Concen-

tration), bei der von keiner Schädigung der Gewässerflora und -fauna ausgegangen wird. PNEC-Werte können als Grundlage für die Ableitung von UQN als Jahresdurchschnittswerte bei chronischer Toxizität (JD-UQN) oder als zulässige Höchstkonzentrationen (Maximalwerte) bei akuter Toxizität (ZHK-UQN) in rechtliche Regularien wie der OGewV herangezogen werden. Eine Übersicht, sowie die Möglichkeit der Suche nach verschiedenen Verbindungen, stellt die ETOX-Plattform (Informationssystem Ökotoxikologie

und Umweltqualitätsziele) des Umweltbundesamtes dar. Hier können Informationen zu den abgeleiteten Qualitätszielen einer Vielzahl von Verbindungen recherchiert werden. Zusätzlich sind auch Informationen zu den Tests und Endpunkten auf welche sich diese beziehen verfügbar. Ein Endpunkt kann zum Beispiel die Mortalität sein, die durch den LC_{50} (Letalkonzentration) ausgedrückt werden kann. Dieser Kennwert entspricht der Konzentration, bei der 50 % der exponierten Organismen im vorher festgelegten Untersuchungszeitraum sterben.

Eine besondere Bedeutung für die Bewirtschaftung stellt die OGewV dar. Die Vorgaben für den ökologischen Zustand ergeben sich hauptsächlich über die Bewertung von Gewässerorganismen wie Fischen, Makrozoobenthos und Diatomeen, aber auch durch die ACPs sowie die flussgebietspezifischen Schadstoffe. Daneben finden sich separat gelistete Schadstoffe, die zur Bewertung des chemischen Zustands relevant sind und EU-weit einheitlich über die Richtlinie 2008/105/EG, die in 2013 durch die Änderungsrichtlinie 2013/39/EU (Richtlinie 2013/39/EU) novelliert wurde, geregelt sind.

In Anlage 6 der OGewV sind die sogenannten „flussgebietspezifischen Schadstoffe“ aufgeführt. Diese umfassen hauptsächlich Pflanzenschutzmittel und Metalle, die auf nationaler Ebene (einheitlich in Deutschland) entweder in der Wasserphase oder im Schwebstoff bzw. Sediment (Metalle) zu überwachen sind. Wird das Nicht-Einhalten einer UQN aus Anlage 6 der OGewV festgestellt, hat dies zur Folge, dass der ökologische Zustand als maximal mäßig bewertet werden kann. Die Anlage 6 der OGewV umfasst 67 Substanzen.

In Anlage 8 der OGewV sind die Stoffe zur Bewertung des chemischen Zustands aufgeführt. Während die meisten Substanzen eine UQN in der Wasserphase vorweisen, spielt bei bestimmten Substanzen, wie PAK oder Quecksilber auch die Bioakkumulation entlang der Nahrungskette eine Rolle. Deswegen gibt es für diese Substanzen eine weitere UQN, die sich nicht auf die Wasserphase, sondern auf Biota bezieht. Dies macht eine Untersuchung von Biota erforderlich. In Anlage 8 der OGewV befinden sich mehrere Substanzen, die bereits seit längerer Zeit verboten sind oder strengen Regularien unterliegen. Teilweise befinden sich diese auch auf der Liste der persi-

stenten, organischen Schadstoffe (Persistant Organic Pollutants (POP-Stoffe)). Anlage 8 der OGewV umfasst 51 Stoffe bzw. Stoffgruppen, zu deren Beurteilung z. T. mehrere Einzelparameter zusammen erfasst werden müssen. Hierzu gehört auch Nitrat.

Wie beschrieben, dienen die in der OGewV vorgegebenen UQN der Bewertung des chemischen Zustands (Anlage 8 OGewV) und werden für die Bewertung des ökologischen Zustands (Anlage 6 OGewV) herangezogen. Ziel der Bewirtschaftungspläne der Länder ist es, in den OWK durch wirksame Maßnahmen (z. B. Verbote/Anwendungsbeschränkungen/Altlastensanierung) eine Einhaltung aller UQN zu erreichen.

Substanzen, die als generell problematisch erkannt wurden, werden im Rahmen der Bewirtschaftungszyklen als Kandidaten für eine Regelung weiter untersucht. Zudem werden von den EU-Mitgliedstaaten Messdaten erhoben. Die erarbeiteten UQN-Vorschläge (UQN-V) können als erste Bewertungsskala dienen. Diese werden sowohl auf Länderebene (z. B. in der nationalen Beobachtungsliste) als auch auf EU-Ebene (EU-Watchlist) diskutiert und ausgewertet, wodurch die Vorgaben dynamisch sind und (in gewissem Zeitrahmen) überprüft und angepasst werden müssen. Seit dem Jahr 2023 befindet sich eine Revision der Wasserrahmenrichtlinie in Diskussion, wobei eine Vielzahl an neuen Stoffen, u. a. auch verschiedene Arzneimittel, betrachtet wird (EU-Kommission 2022b).

Die Ausführungen machen deutlich, dass die Stoffbewertung und die Risikobewertung bei der Zulassung eines neuen Stoffes sowie die Überwachung im Gewässer komplexe und dynamische Prozesse sind. Dabei darf die Überwachung im Gewässer sich nicht nur auf Alt-Schadstoffe konzentrieren, sondern muss sich auch der Herausforderung stellen, die sich durch die Vielzahl an neuen Verbindungen ergeben. Dazu gehören auch solche, die als Ersatzstoffe für problematischere Verbindungen in die Umwelt eingetragen werden. Zur Erfüllung dieser Aufgaben können auch vergleichsweise neue Methoden wie die Non-Target-Analytik eine Rolle spielen. Hier wird nicht gezielt nach einzelnen Stoffen gesucht, sondern die Erfassung erfolgt unspezifischer über eine breitere Stoffpalette, wobei zunächst keine Konzentrationen bestimmt werden.

In den folgenden Kapiteln werden einige der Stoffgruppen (Arzneimittel, Pestizide, PFAS und Metalle) näher betrachtet und die Ergebnisse des HLNUG der letzten Jahre vorgestellt. Zur ausführlichen Be-

wertung der OWK auf Grundlage der WRRL bzw. OGewV wird auf den Bewirtschaftungsplan des Landes Hessen für den Zeitraum 2021–2027 verwiesen (HMUKLV 2021b).

5.2.4 Arzneimittel

5.2.4.1 Allgemeines

Die Stoffgruppe der Arzneimittel umfasst eine Vielzahl an Substanzen, welche als Wirkstoffe zu der Behandlung von medizinischen Beschwerden eingesetzt werden (z. B. Schmerzmittel, Lipidsenker, Antibiotika, Antiepileptika) oder in der Diagnostik eine Rolle spielen (z. B. Röntgenkontrastmittel). Das bedeutet, Arzneimittel können entweder aktiv in den Metabolismus eingreifen oder dazu dienen Problemen nachzugehen, ohne aber selber eine Wirkung zu entfalten. Arzneimittel können sowohl beim Menschen als auch bei Tieren (in der Tierhaltung oder bei Haustieren) Anwendung finden. Teils werden Stoffe in beiden Bereichen angewendet, so dass eine eindeutige Identifizierung der Quelle nicht immer ohne weiteres möglich ist. Arzneimittel, die in der Tierhaltung Anwendung finden, können über die Düngung mit Mist oder Gülle wieder in die Umwelt eingetragen werden. Auch deren Abbau und Transformationsprodukte spielen eine Rolle.

Es werden daher folgende Substanzen betrachtet:

- Substanzen, die verabreicht werden können, um physiologische Funktionen durch eine pharmakologische, immunologische oder metabolische Wirkung wiederherzustellen, diese zu korrigieren oder gezielt zu beeinflussen.
- Substanzen, die in der medizinischen Diagnostik eingesetzt werden, aber keine der o. g. Wirkungen im Organismus herbeiführen sollen.
- Metaboliten (entstehen im Körper) und Transformationsprodukte (entstehen biotisch oder abiotisch außerhalb des Körpers) von Arzneimitteln.

Oft können diese Substanzen bereits in relativ geringen Konzentrationen Auswirkungen auf unterschiedliche Organismen haben, z. T. schon im Konzentrationsbereich von wenigen ng/l.

Arzneimittel spielen im alltäglichen Gebrauch eine große Rolle, sei es als Medikamente gegen Erkältungen, als Schmerzmittel, bei chronischen Beschwerden oder prophylaktisch. Selbst wenn sie wie vorgeschrieben angewendet werden, können sie, je nach dem Grad der Verstoffwechselung im Körper und des Anwendungsbereiches, über Ausscheidungen oder direktes Abwaschen von der Haut in das Kanalsystem und in Kläranlagen gelangen. Je nach Substanz und Art der Kläranlage werden die Wirkstoffe in diesen unterschiedlich gut abgebaut. Somit kann sowohl der Wirkstoff selbst, als auch Metabolisierungs- und Transformationsprodukte (Abbauprodukte) in die Gewässer eingetragen werden. Neben diesem Pfad, welcher der geplanten Anwendung eines Medikaments entspricht, spielt auch die Entsorgung abgelaufener Medikamente direkt über das Abwasser wie z. B. eine unsachgemäße Entsorgung über den Abfluss eine gewisse Rolle. Diesen Eintragspfad gilt es so weit wie möglich zu begrenzen.

5.2.4.2 Umweltrisiken durch Arzneimittel und Beurteilungskriterien

In der OGewV sind Arzneimittel noch nicht geregelt. Jedoch können Arzneistoffe und vor allem hormonell wirksame Substanzen im Lebensraum Wasser Auswirkungen auf aquatische Organismen haben. Zusätzlich können Stoffe, soweit sie aufgrund ihrer chemisch-physikalischen Stoffeigenschaften die Bodenpassage überwinden können (d. h. grundwassergängig sind), für die Trinkwassergewinnung relevant sein. Die Substanzen spielen daher eine wichtige Rolle für den Gewässer- und auch Grundwasserschutz. Für mehrere, als problematisch erkannte Arzneimittel wurden im Rahmen der nationalen Beobachtungsliste und der EU-Beobachtungsliste Daten zu deren Vorkommen in Gewässern erhoben, sowie Vorschläge für Umweltqualitätsnormen erarbeitet. Diese finden sich auch in dem in Kapitel 5.2.3 genannten Entwurf zur Revision der WRRL wieder.

Tab. 2: UQN-Vorschläge und PNEC ausgewählter Arzneimittel in µg/l (Daten aus ETOX-Datenbank des UBA) als Jahresdurchschnitt (JD)-Konzentration

Parameter	Zielwert (JD)	Wert-Art
10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin	200	PNEC *
17-alpha-Ethinyl-Estradiol	0,000037	PNEC
17-beta-Estradiol	0,0004	PNEC
Azithromycin	0,019	PNEC
Carbamazepin	0,5	QN-V
Ciprofloxacin	0,1	AA-QS
Clarithromycin	0,13	QS
Clofibrinsäure	5	QN-V
Diclofenac	0,04	QN-V
Erythromycin	0,2	QS
Estron	0,0036	PNEC
Fluoxetin	0,012	PNEC
Metoprolol	43	QS
Phenazon	1,1	QN-V
Sulfamethoxazol	0,6	QS

*PNEC: „Predicted No-Effect Concentration“ (Konzentrationsgrenze eines Stoffes, bis zu der keine negative Auswirkung auf die Umwelt erwartet wird); QN-V: Qualitätsnorm-Vorschlag zur Erarbeitung einer möglichen Umweltqualitätsnorm (UQN), QS: Qualitätsstandard, AA-QS: Annual Average Quality Standard (nicht von Deutschland angewendet)

Die Bewertung von Umweltrisiken spielt bei der Zulassung von Medikamenten bzw. Humanarzneimitteln eine wichtige Rolle. Bei den Verfahren zur Bewertung der Auswirkungen eines Stoffes werden PEC (die vorhergesagte Konzentration in der Umwelt) und PNEC (Konzentration bis zu der kein Effekt auf den empfindlichsten Organismus erwartet wird) herangezogen.

Eine PNEC kann als erste Beurteilungsbasis für die Konzentration der Substanzen im Gewässer herangezogen werden (so lange sie für das Medium Wasser abgeleitet wurde). Für einzelne Substanzen können auch bereits UQN-Vorschläge vorliegen. Die PNEC und UQN-Vorschläge sowie weitere Qualitätsstandards können für eine erste Beurteilung der gemessenen Konzentrationen verwendet werden, um mögliche Defizite im Gewässer identifizieren zu können. Vor allem sind solche Substanzen von Interesse, die relativ hohe Verbrauchsmengen aufweisen, und für die aus der Literatur bekannt ist, dass Konzentrationen im Gewässer die abgeleiteten PNEC oder UQN-Vorschläge überschreiten.

Diese Werte stellen keine Bewertung nach der OGewV dar. So werden hier z. T. große Sicherheitsfaktoren angenommen, um u. a. die PNEC abzuleiten, da die vorliegenden Untersuchungen nicht ausreichend sind, um die Wirkung der Substanz auf den empfindlichsten Organismus zu erfassen.

Im Rahmen der „EU-Watchlist“ sammelt die EU-Kommission Daten zu Substanzen, die europaweit relevant sind und bei denen potentiell Überschreitungen der UQN-Vorschläge vorliegen könnten, um daraus ggf. UQN abzuleiten und diese nach der Auswertung der Daten in die entsprechende Rechtsnorm aufzunehmen. Auf dieser Liste wurden bislang folgende Arzneimittel geführt:

- 17-beta-Estradiol (hormonell wirksam)
- 17-alpha-ethinyl-Estradiol (hormonell wirksam)
- Estron (hormonell wirksam)
- Diclofenac (Schmerzmittel)
- Erythromycin (Antibiotikum)
- Clarithromycin (Antibiotikum)
- Amoxicillin (Antibiotikum)
- Ciprofloxacin (Antibiotikum)
- Azithromycin (Antibiotikum)
- Sulfamethoxazol (Antibiotikum)
- Trimethoprim (Antibiotikum)
- Venlafaxin (Antidepressivum)
- O-Desmethylvenlafaxin (Metabolit von Venlafaxin)
- Azol-Verbindungen wie Clotrimazol, Fluconazol, Miconazol insgesamt 10 Verbindungen (Antimykotika)

Die Messungen dieser Substanzen sind an den beiden Messstellen Main (Bischofsheim) und Schwarzbach (Ginsheim) verbindlich für Hessen.

Auch auf der nationalen Beobachtungsliste finden sich die Arzneimittelwirkstoffe Carbamazepin, Ciprofloxacin, Sulfamethoxazol und Ibuprofen. Hier liefert Hessen Daten von vier Messstellen: Main (Bischofsheim), Schwarzbach (Ginsheim), Nidda (Nied) und Werra (Witzenhausen).

5.2.4.3 Messungen von Arzneimittelkonzentrationen in Hessen

Neben den Beobachtungslisten sind Arzneimittel auch in routinemäßigen Untersuchungsprogrammen des HLNUG integriert. In der Regel werden an ausgewählten Messstellen alle drei Jahre die Parameter untersucht. Die Parameterliste wird ständig überarbeitet, ggf. erweitert und auf Aktualität überprüft.

Abbildung 40 zeigt die Nachweishäufigkeit der untersuchten Arzneimittelwirkstoffe und Metaboliten in Stichproben. Der Betrachtungszeitraum ist 2019–2024. Ausgenommen von der Betrachtung sind die Messstationen, an denen z. T. Analysen mit deutlich erweiterten Stofflisten laufen.

Die prozentual am häufigsten nachgewiesenen Substanzen sind:

- Metformin (Antidiabetikum)
- N-Acetyl-4-aminoantipyrin (Metabolit des Schmerzmittels Metamizol)
- Sitagliptin (Antidiabetikum)
- Oxipurinol (Metabolit des Urikostatikums (reduziert Bildung von Harnsäure) Allopurinol)
- Diclofenac (Schmerzmittel)
- Gabapentin (Antiepileptikum)
- Hydrochlorothiazid (Diuretikum (entwässerndes Medikament))
- Candesartan (Antihypertonikum (wirkt Blutdrucksenkend))
- Atenololsäure (Antihypertonikum)
- 10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin (Metabolit des Antiepileptika Carbamazepin)
- Valsartansäure (Transformationsprodukt von Valsartan, Bluthochdruckmedikament)
- 4-Formlyaminoantipyrin (Metabolit von Aminophenazon (Schmerzmittel))

Alle Substanzen sind in über 90 % der untersuchten Proben an 74 Messstellen in diesem Zeitraum in Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze (kleinste Konzentration, ab der eine Substanz quantitativ mit einer vorgegebenen Präzision nachgewiesen

werden kann) nachweisbar. Unter diesen Substanzen befinden sich mehrere Metaboliten. Vor allem im direkten Vergleich zu der Auswertung der Pestizide (Kapitel 5.2.5) zeigt sich, dass bei einer Grenze, der im Gewässer nachgewiesenen Einzelsubstanzen, bis 0,1 µg/l deutlich mehr Einzelsubstanzen nachgewiesen werden können. Auch findet der Eintrag im Vergleich zu Pflanzenschutzmitteln nicht während bestimmter Anwendungszeiträume statt. Stattdessen ist vielmehr ein kontinuierlicher Eintrag zu erwarten, wodurch die gemessene Konzentration u. a. vom Abwasseranteil im Gewässer abhängen sollte. Abhängig vom Einzugsgebiet muss dies aber nicht immer der Fall sein.

Der Verlauf der Konzentration und der Fracht von Oxipurinol in Abhängigkeit vom Abfluss an der Messstation Main (Bischofsheim) ist in Abbildung 41 dargestellt. Deutlich zu erkennen ist der verdünnende Effekt bei hohem Abfluss (Abbildung 41 unten). Dargestellt sind sowohl Stich- als auch Mischproben, die über einen längeren Zeitraum gewonnen wurden.

Abbildung 42 zeigt die Einhaltung bzw. Überschreitung der Beurteilungswerte (bzw. UQN-Vorschlägen) ausgewählter Substanzen für den Zeitraum 2021–2024. Deutlich sticht die hohe Anzahl an Messstellen hervor, bei denen der Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnorm-Vorschlag (JD-UQN-V) von Diclofenac (0,04 µg/l; EU-Kommission 2022) überschritten wird. An mehreren Messstellen können auch bei Azithromycin und Clarithromycin Überschreitungen der Prüfwerte festgestellt werden. Bei Azithromycin ist die Bestimmungsgrenze nicht ausreichend, um die Einhaltung der Zielwert-Vorschläge zu prüfen. Bei der Stoffgruppe der Östrogene liegen nur an wenigen Messstellen der EU-Watchlist Ergebnisse vor, hier zeigt sich eine Einhaltung der Zielwerte, wenn mit ausreichender Bestimmungsgrenze gemessen werden konnte.

In Abbildung 43 ist deutlich zu erkennen, dass für Diclofenac im Zeitraum von 2019–2024 mit dem UQN-Vorschlag von 0,04 µg/l an fast allen betrachteten Messstellen eine Überschreitung des UQN-Vorschlags festzustellen ist.

Problematisch in Bezug auf den Eintrag von Diclofenac in Gewässer ist vor allem die Anwendung auf der Haut, bei der der Wirkstoff durch Abwaschen ver-

Chemische Beschaffenheit der Fließgewässer in Hessen

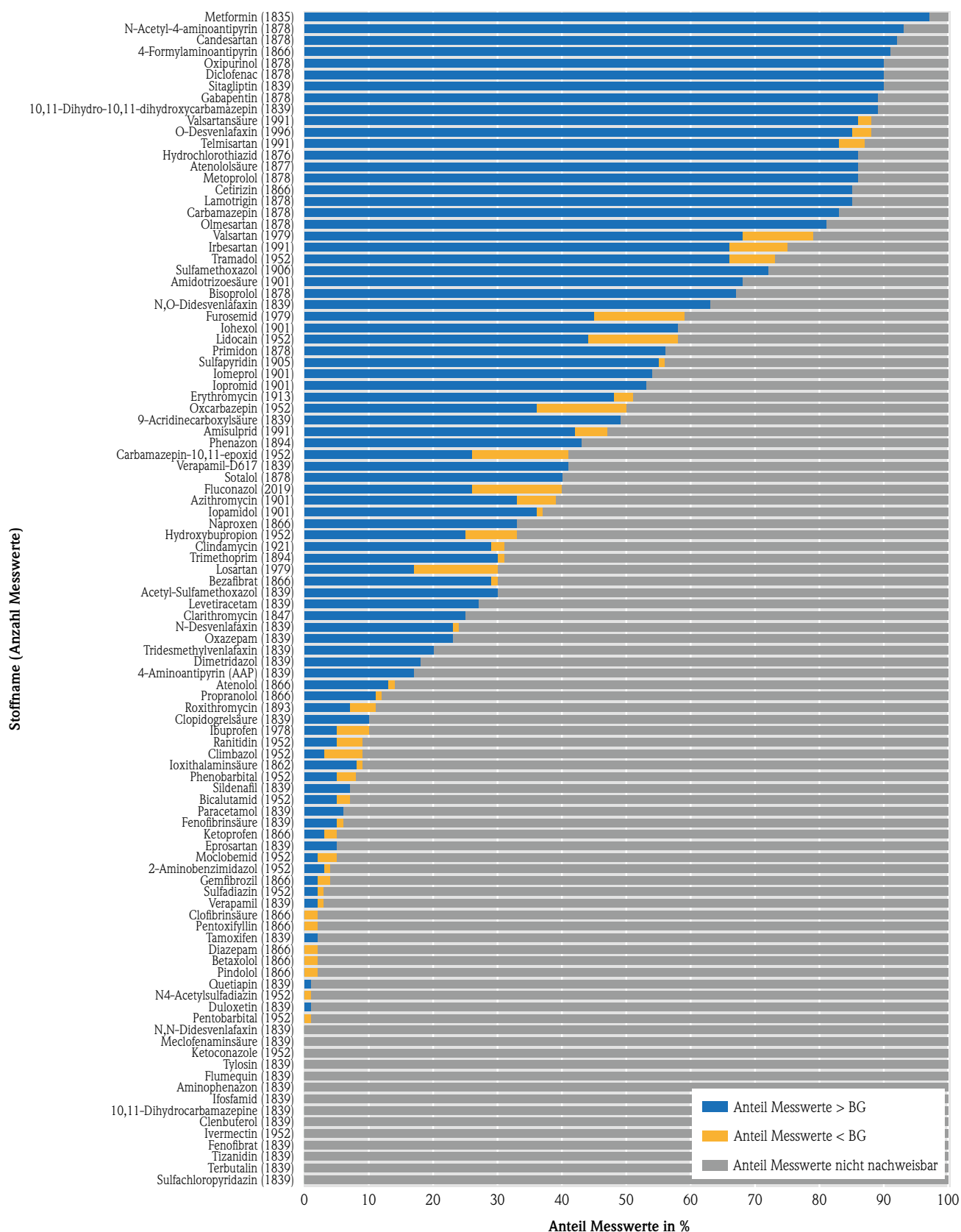


Abb. 40: Anteil nachweisbarer Arzneimittel 2019–2024 (ohne 2020)

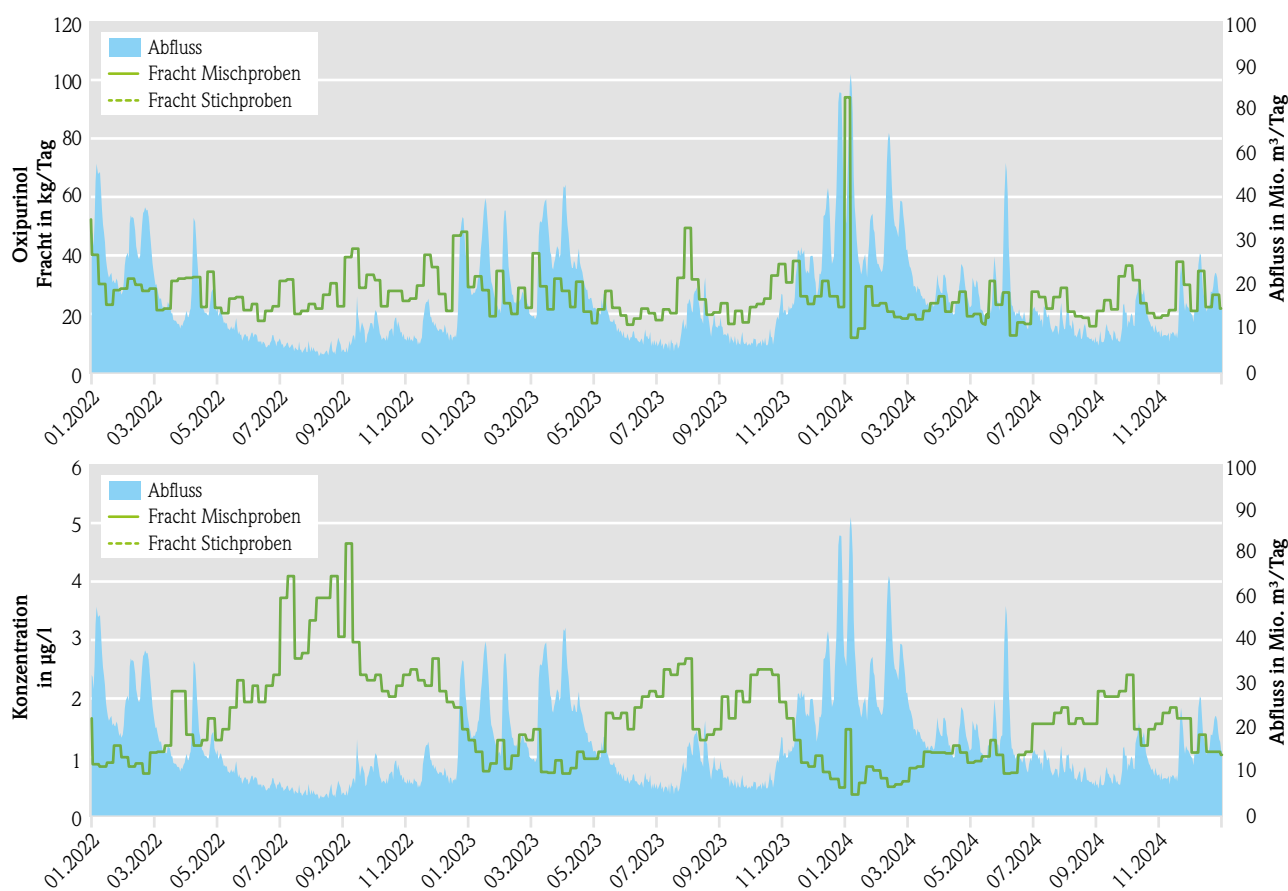


Abb. 41: Konzentrations- und Frachtverlauf von Oxipurinol aus Stich- und Mischproben an der Messstation in Bischofsheim 2019–2024

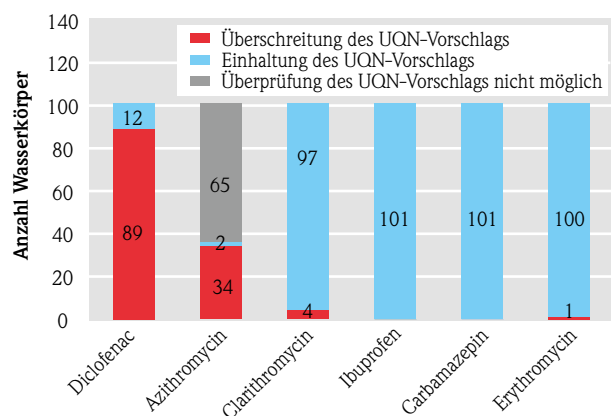


Abb. 42: Vergleich der Mittelwerte von Pharmaka an den in 2021–2024 beprobten Messstellen mit der in dem Entwurf zur WRRL (Stand 2022) genannten UQN-Vorschlägen

stärkt in das Abwasser und damit in den Wasserkreislauf gelangen kann, während bei oraler Aufnahme eine nahezu vollständige Metabolisierung (KÜMMERER et al. 2011, HEUDORF et al. 2022) stattfindet.

Zur Reduzierung der Belastung unserer Gewässer durch Medikamente gilt es noch viel zu tun. Denn nicht nur die Einzelwirkung von Stoffen ist relevant, sondern auch ihre Wirkung als Gemisch im Gewässer. Neben dem Ausbau der Kläranlagen, der in weiteren Kapiteln diskutiert wird, gilt es vor allem, dort wo es möglich ist, an der Quelle anzusetzen und den Eintrag dieser Substanzen in den Wasserkreislauf zu begrenzen.

Da viele Medikamente aus medizinischen Gründen unverzichtbar und umweltverträglichere Alternativen nicht verfügbar sind, lässt sich ein Eintrag dieser Stoffe in die Abwasserkanalisation kaum vollständig vermeiden. Neben der Entwicklung neuer Arzneimittelstoffe und der Untersuchung der Auswirkung auf die Umwelt, sollte eine sachgerechte Altmedikamenten-Entsorgung entweder durch Rückgabe in den Apotheken oder mit dem Hausmüll, ggf. im Rahmen der kommunalen Schadstoffsammlung, sichergestellt werden. Dabei sollte die

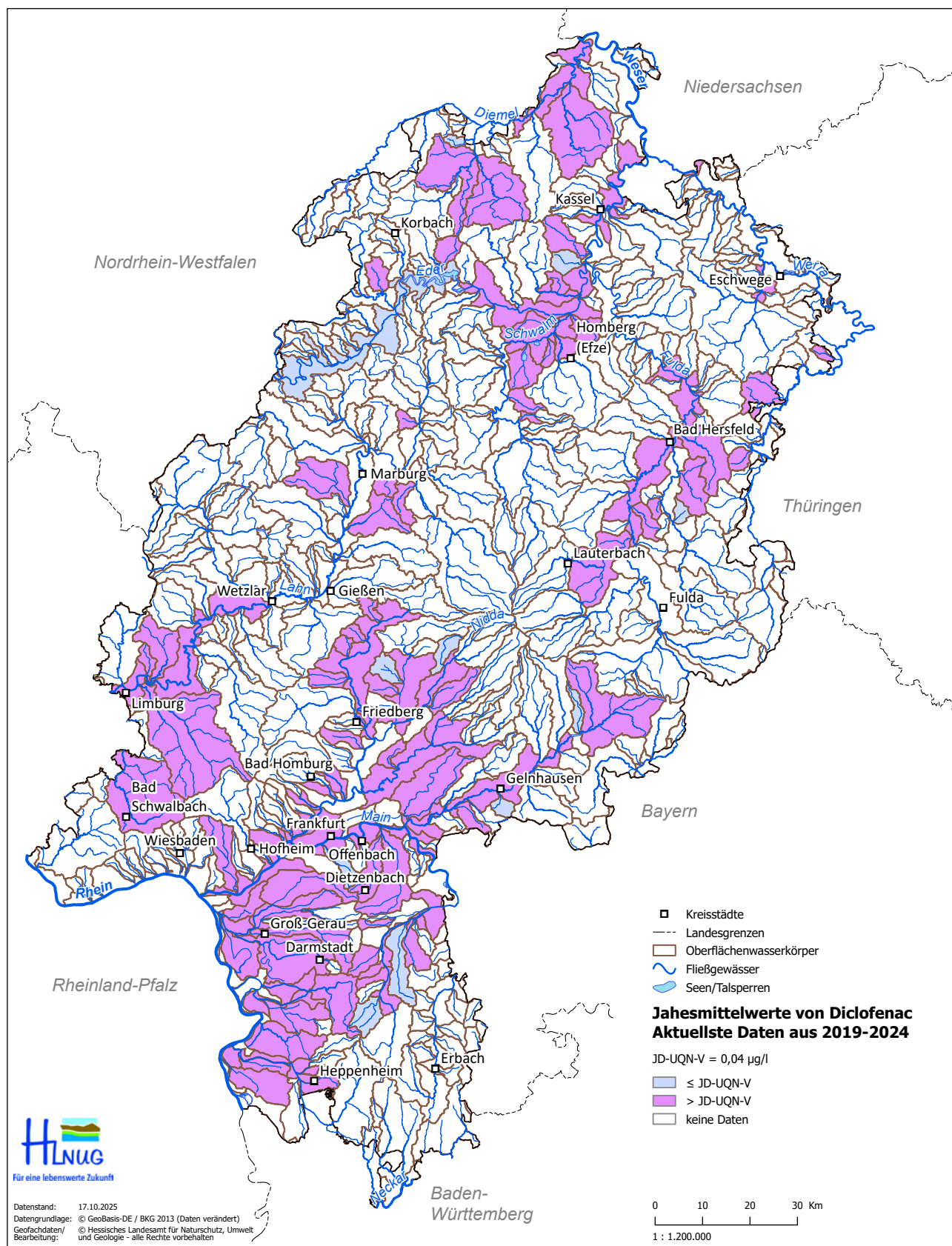


Abb. 43: Jahresmittelwerte (jeweils neuester Wert aus den Jahren 2019–2024) von Diclofenac an Messstellen in hessischen Gewässern

Entsorgungssicherheit gegenüber einem unbefugten Zugriff, beispielsweise durch Kinder, gewährleistet sein. Diese Möglichkeiten sollten dazu auch der Bevölkerung kommuniziert werden. Gleichwohl werden diese Maßnahmen allein das Problem nicht lösen. In der Praxis sollten daher ergänzende Strategien gesucht und das Ziel verfolgt werden, Arzneimittelwirkstoffe im Zuge der Abwasserreinigung in bestimmten Klär-

anlagen zu eliminieren. Vor allem im Hinblick auf die Zunahme an älteren Personen in der Gesellschaft und dem damit absehbaren Mehreintrag von Arzneimitteln in die Umwelt und auch möglicherweise der Änderung der Abflussregime von Gewässern und dem damit steigenden Abwasseranteil durch niedrigeren Abfluss steht die Gesellschaft in näherer Zukunft im Gewässerschutz vor weiteren großen Herausforderungen.

5.2.5 Pestizide

5.2.5.1 Allgemeines

Pestizide bzw. ihre Wirkstoffe sind hochwirksame Chemikalien, die gezielt in die Umwelt eingebracht werden, um dort (Schad-)Organismen (wie z. B. Insekten, Pilze oder bestimmte Pflanzen) zu bekämpfen. Wenn die Anwendung an Kulturpflanzen in der Landwirtschaft oder auch in Haus- und Kleingärten erfolgt, wird von Pflanzenschutzmitteln (PSM) gesprochen. Daneben ist auch der Einsatz zum Schutz von Baumaterialien, Holz oder anderen Werkstoffen möglich. In diesem Fall handelt es sich um Biozide. Beide Gruppen können die chemisch identischen Substanzen enthalten. Die Unterscheidung ist dennoch aufgrund verschiedener Anwendungsgruppen, Eintragspfade und Regularien wichtig.

Pestizidwirkstoffe können zum Teil über einen längeren Zeitraum in der Umwelt verbleiben. Je nach chemischer Struktur und vorliegenden Umweltbedingungen können diese durch chemische Umwandlung und biologischen Abbau eliminiert oder durch Adsorption immobilisiert werden. Bei mobilen Stoffen, die nur langsam abgebaut werden, besteht bei unsachgemäßer Anwendung die Gefahr, dass diese Substanzen in die Gewässer und sogar bis in das Grundwasser verlagert werden. Vor allem besonders toxische Insektizide können in Gewässern zum Absterben von Fischnährtieren führen und die Biologie im Gewässer schädigen. Daher müssen sich die Anwender (kommerzielle als auch private) von Pestiziden bewusst sein, dass auch kleinste Mengen eines Pestizidwirkstoffes einen großen Schaden in Oberflächengewässern verursachen können.

Die Bedeutung und Konsequenz hochwirksamer Pestizide in der aquatischen Umwelt ist seit langem

bekannt und hat bereits in den 1970er Jahren zum Verbot bestimmter Wirkstoffe wie des Insektizids DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan) in der Bundesrepublik Deutschland geführt (UBA 2021). Die Eintragspfade in Gewässer sind vielfältig. Einerseits können punktuelle Einträge über Kläranlagen eine Rolle spielen (wie auch Untersuchungen in 2022 durch das HLNUG erneut bestätigen), andererseits kommt es auch zu diffusen Einträgen durch Oberflächenabfluss von behandelten Feldern. Vor allem wenn ein Pestizid sowohl als PSM als auch als Biozid zugelassen ist, bleibt die Aufklärung der Eintragspfade schwierig. Neben den Wirkstoffen selber können bei Pestiziden auch Transformationsprodukte bzw. Metabolite eine ökotoxikologische Relevanz aufweisen.

5.2.5.2 Umweltrisiken durch Pestizide und Beurteilungskriterien

Im Gegensatz zu Arzneimitteln gibt es für Pestizide Vorgaben zu UQN in der OGewV. Dies gilt sowohl für Altwirkstoffe, die keine Zulassung mehr in der EU haben, als auch für noch zugelassene Pestizide. Einen Überblick über die in Deutschland zugelassenen PSM liefert die Online-Datenbank Pflanzenschutzmittel des Bundesamts für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL a). Das BVL ist in Deutschland auch Zulassungsstelle für PSM mit seitens der EU-Kommission genehmigten Wirkstoffen. Umweltrisiken werden in den EU-weiten und nationalen Zulassungsverfahren geprüft und bewertet, sowie Vorgaben für deren Anwendung festgelegt. Dies soll die Auswirkung der Mittel sowohl auf die Umwelt an sich, als auch auf Wasserorganismen minimieren. Der Prozess ist auf der Internetseite des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL 2019) und des Bundesamts für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit

(BVL b) übersichtlich dargestellt und kann dort im Einzelnen nachvollzogen werden.

Trotz der Maßnahmen im Bereich der Zulassung, Verbote und Anwendungsaufgaben können auch in hessischen Gewässern noch Überschreitungen bei einzelnen Pestiziden bei den UQN festgestellt werden (wie in den nachfolgenden Kapiteln dargestellt). Des Weiteren zeigen Projekte wie das Kleingewässermonitoring des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UfZ), dass auch im regulären Monitoring schwer erfassbare Starkregenereignisse zu einer deutlichen Überschreitung von RAK (Regulatorisch Akzeptable Konzentration) führen. Das gilt auch für Wirkstoffe, die bisher keine UQN aufweisen.

5.2.5.3 Messungen von Pestiziden in Hessen

Pestizide werden in Hessen aufbauend auf einer im Jahr 2007 entworfenen Monitoring-Strategie, welche die Auswahl der zu untersuchenden OWK vorgibt, gemessen. Die anfängliche Auswahl der OWK für das PSM-Monitoring erfolgte auf Basis der Ergebnisse der orientierenden Messungen 2004/2005 sowie einer Betrachtung des Abwasseranteils und des Anteils landwirtschaftlicher Flächen im OWK und damit verbundenen Modellierungen. Im weiteren Verlauf erfolgten graduell weitere Anpassungen der Messstellenauswahl bis zum heutigen Stand (2024). Die ausgewählten Messstellen wurden in Reihen unterteilt, die sich jährlich abwechseln, so dass i. d. R. nach drei Jahren ein Zyklus abgeschlossen ist.

Die Auswahl der zu überwachenden Parameter erfolgt primär durch die Vorgaben der OGewV. Darin sind mehrere Pestizide mit einer UQN in Form eines maximal erlaubten Jahresdurchschnitts (JD-UQN) bzw. einer maximal erlaubten Spitzenkonzentration (ZHK-UQN) geregelt. Des Weiteren werden bei der Parameterauswahl die Anforderungen weiterer Messprogramme, z. B. des Rheinmessprogramms Chemie der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR 2015), Abstimmungen mit dem hessischen Pflanzenschutzdienst des Regierungspräsidiums Gießen sowie fachliche Erkenntnisse aus dem bisherigen Monitoring berücksichtigt. In der Regel werden Pestizide an den jeweiligen Messstellen jeden Monat, d. h. 12-mal im Jahr, untersucht. Eine niedrigere Frequenz würde aufgrund der Eintragsdynamik die Jahresbelastung kaum widerspiegeln.

Abbildung 44 gibt an ausgewählten Messstellen einen Überblick über die Nachweise von Wirkstoffen und Metaboliten, die unter anderem (aber ggf. nicht ausschließlich) aus Anwendung als Pestizid stammen. In Rot sind die Pestizide des chemischen Zustands (Anlage 8 der OGewV) und in Gelb die flussgebiets-spezifischen Schadstoffe (Anlage 6 der OGewV) dargestellt. Grau dargestellte Substanzen unterliegen (aktuell) keiner Regelung in der OGewV. Inwiefern diese Konzentrationen als Einzelbefund problematisch sein können, ergibt sich bei den in der OGewV geregelten Substanzen durch einen Vergleich mit der entsprechenden UQN. Hierbei wird jeder Stoff einzeln für sich betrachtet. Aktuell gibt es keine Vorgabe zur Berechnung von Mischtoxizitäten, welche eine Bewertung des Zusammenwirkens mehrerer Substanzen ermöglichen sollten. Organismen können auf die Vielzahl an Stressoren, welchen sie durch die Mischung der vielen verschiedenen Substanzen ausgesetzt sind, anders reagieren, als es die Bewertung aufgrund einer Einzelsubstanz nahelegen würde. Hier gibt es bereits Vorschläge bei einer möglichen Überarbeitung der EU-Richtlinie. Wie die Umsetzung erfolgen wird, ist allerdings noch offen.

Im Messjahr 2024 wurden die ausgewählten Messstellen auf mindestens 207 Pestizidparameter, darunter 14 Metaboliten, beprobt. Die Messstationen Main (Bischofsheim) und Schwarzbach (Ginsheim) wurden monatlich zusätzlich auf die erweiterte Stoffliste (aus dem Rheinmessprogramm) untersucht. In 2022, 2023 und 2024 konnten in einigen der OWK Überschreitungen von JD- bzw. ZHK-UQN festgestellt werden, u. a. bei den Parametern Flufenacet, Terbutryn und Isoproturon. Die Ergebnisse (nur Stoffe mit Überschreitungen von UQN) sind in den Tabellen 3 bis 5 dargestellt. Für die Bewertung der OWK aufgrund der Messdaten von 2016–2018 sowie der Diskussion der Ergebnisse und Stoffe wird auf den aktualisierten Bewirtschaftungsplan des Landes Hessen für den Zeitraum 2021–2027 (HMUKLV 2021b) verwiesen. Die in den Tabellen vorgenommenen UQN-Vergleiche stellen keine Bewertung im Sinne des BP/MP 2021–2027 dar.

Stoffe mit UQN-Überschreitungen sind zum großen Teil Herbizide, die aber nicht immer eine Anwendung in der Landwirtschaft haben, sondern auch Einsatzbereiche als Biozid. Daher ist eine eindeutige Identifikation der Quellen nicht immer einfach.

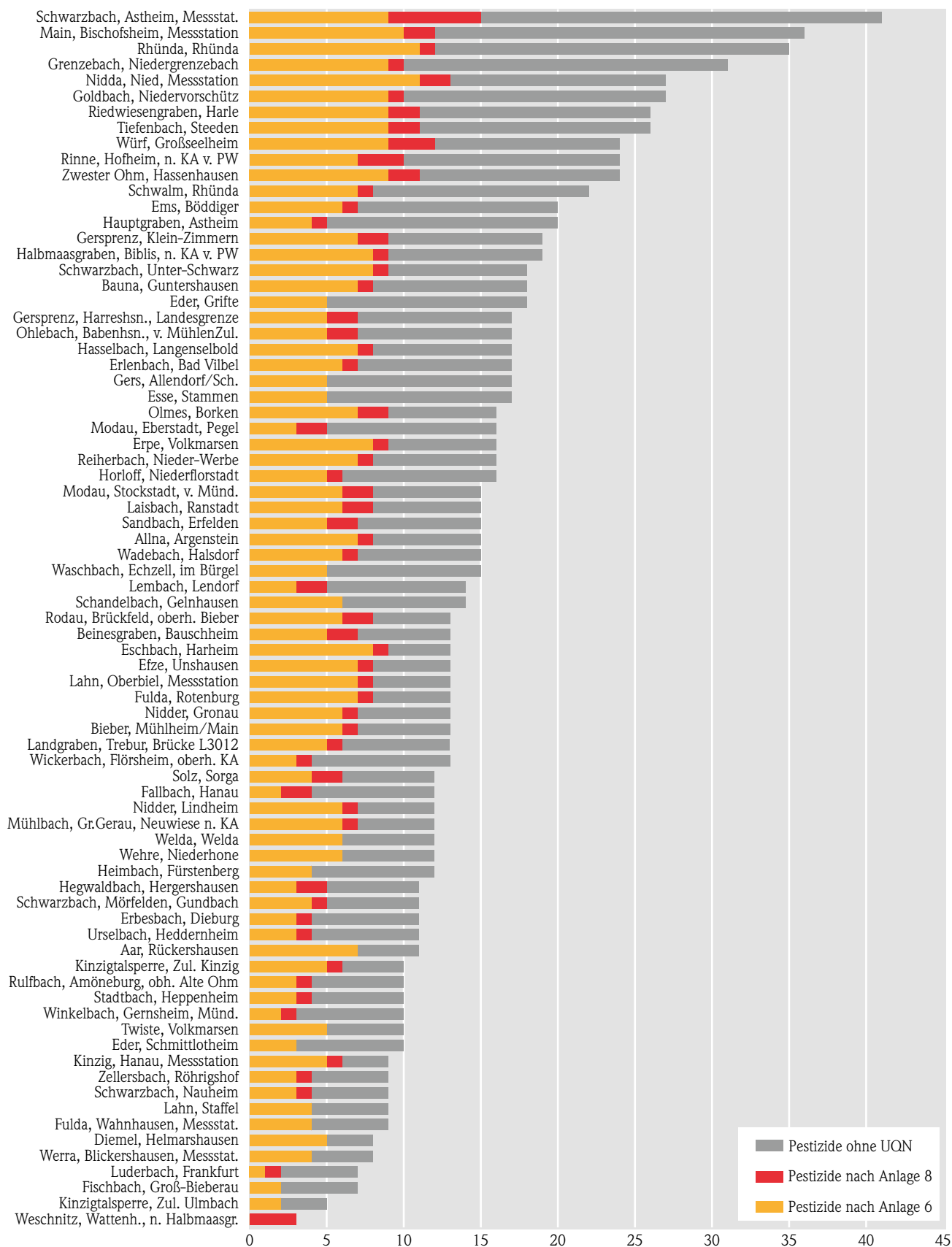


Abb. 44: Nachweise von Pestiziden 2022–2024 in Hessen, aufgeteilt nach der Regelung in den Anlagen 6 und 8 der OGEV

Biozide und PSM lassen sich i. d. R. am Eintragsverhalten unterscheiden. Während Biozide das ganze Jahr über vor allem bei Niederschlägen eingetragen werden können (da eine mögliche Quelle die Auswaschung aus Fassaden darstellt), werden PSM hauptsächlich während der landwirtschaftlichen Anwendungszeiträume im Frühjahr und Herbst in Gewässer eingetragen.

Der Stoff, der am häufigsten zu UQN-Überschreitungen in Hessen führt, ist Flufenacet. Er tritt im hier betrachteten Zeitraum klar hervor und ist ebenfalls im letzten Bewirtschaftungsplan bereits auffällig gewesen (HMUKLV 2021b). Zudem hat ein mögliches Abbauprodukt von Flufenacet, Trifluoracetat (TFA) eine hohe Relevanz für das Grundwasser. Im Jahr 2025 wurde die EU-Zulassung des Wirkstoffs für den Einsatz in PSM nicht erneut erteilt. Aus diesem Grund ist zu erwarten, dass der Einsatz von Flufenacet im Rahmen der Abverkaufs- und Aufbaufristen in Zukunft zurückgehen und dann enden wird.

Abbildung 45 zeigt die Nachweishäufigkeit (Messungen oberhalb der Bestimmungsgrenze) von Pestiziden aufgeteilt nach ihrer Anwendung als Fungizid, Herbizid oder Insektizid für den Zeitraum 2022–2024 über alle Messstellen. Die Auswertung ist davon abhängig, welche Substanzen in der Stoffliste mit ausreichender Bestimmungsgrenze enthalten sind und darf daher nicht losgelöst von dieser interpretiert werden. Zudem werden einige der Stoffe nur an bestimmten Messstellen analysiert. Bei den Herbiziden zeigt sich, dass ein Großteil der nachgewiesenen Wirkstoffe bereits einer Regelung in

der OGewV unterliegt, während dies bei den Metaboliten nicht der Fall ist.

Seit Anfang der 1990er Jahre werden an der festen Messstation am Main (Mündungsbereich Rhein) und Nidda (Mündungsbereich Main) in Ein- bzw. Zweiwochenmischproben regelmäßig Pestizidwirkstoffe und ausgesuchte Metaboliten untersucht (Nidda nur bis 2023). Abbildung 46 zeigt die Frachten von vier häufig gefundenen Pestizidwirkstoffen in der Nidda, die durch ein intensiv ackerbaulich genutztes Gebiet fließt. Es ist zu sehen, dass diese bis zum Jahre 2011 stetig zurückgehen. Seitdem verbleiben sie auf niedrigem Niveau. Es ist jedoch nicht ersichtlich, zu welchen Teilen dieser Rückgang einen Erfolg der Maßnahmen zur Reduzierung der Einträge darstellt oder ob die Verdrängung einzelner Stoffe in der Anwendung (z. B. Sulfonylharnstoffverbindungen statt Isoproturon, Glyphosat statt Diuron) durch Ersatzstoffe ursächlich ist.

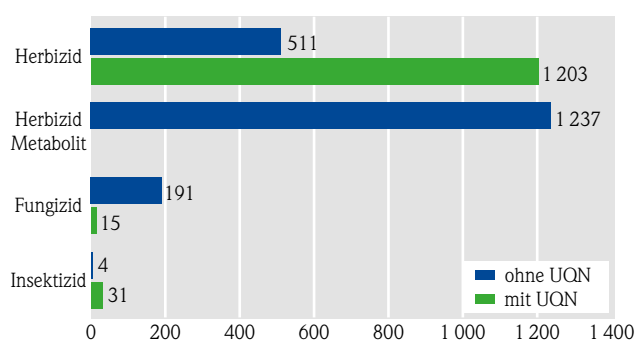


Abb. 45: Nachweis von Pestiziden in hessischen Oberflächengewässern (OWK) im Zeitraum 2022–2024 (pro OWK wird nur das aktuellste Messjahr verwendet)

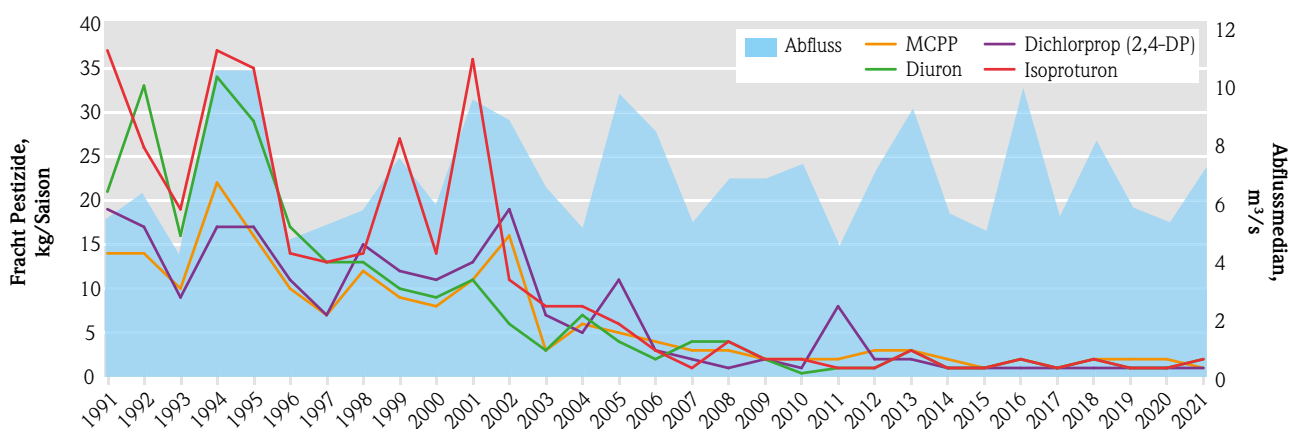


Abb. 46: Frachten und ihre zeitliche Entwicklung von 4 Pestiziden über den Zeitraum 1991–2021 (nur Sommeranwendung) an der Nidda-Mündung

Tab. 3: Ergebnisse der UQN-Überschreitungen 2022

OWK Bezeichnung	Parametername	Gruppe	JD-UQN in µg/l	ZHK-UQN in µg/l	Mittelwert in µg/l	Maximum in µg/l
Gers, Allendorf/Sch. (355)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,044	0,36
Grenzbach, Niedergrenzbach (307)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,091	0,59
Lembach, Lendorf (308)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,035	0,31
Modau, Eberstadt, Pegel (171)	Isoproturon	Herbizid	0,3	1	0,33	1,3
Modau, Stockstadt, v. Münd. (112)	Isoproturon	Herbizid	0,3	1	0,26	1,4
Nidder, Gronau (186)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,042	0,39
Olmes, Borken (310)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,042	0,33
Rinne, Hofheim, n. KA v. PW (161)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,052	0,45
Sandbach, Erfelden (110)	Isoproturon	Herbizid	0,3	1	0,29	1,5
Zwester Ohm, Hassenhausen (184)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,061	0,52

Tab. 4: Ergebnisse der UQN-Überschreitungen 2023

OWK Bezeichnung	Parametername	Gruppe	JD-UQN in µg/l	ZHK-UQN in µg/l	Mittelwert in µg/l	Maximum in µg/l
Fischbach, Groß-Bieberau (792)	Diflufenican	Herbizid	0,009		0,013	0,088
Fischbach, Groß-Bieberau (792)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,054	0,43
Gambach, Gambach (140)	Diflufenican	Herbizid	0,009		0,012	0,04
Gersprenz, Klein-Zimmern (231)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,095	0,86
Halbmaasgraben, Biblis, n. KA v. PW (105)	Imidacloprid	Insektizid	0,002	0,1	0,02	0,05
Halbmaasgraben, Biblis, n. KA v. PW (105)	Terbutryn	Herbizid	0,065	0,34	0,12	0,26
Nidda, Nied, Messstation (380)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,032	0,22
Pfuhlgraben, Wehrda (276)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,078	0,38
Steinbach, Rothenkirchen (275)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,078	0,51
Wadebach, Halsdorf (377)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,066	0,44
Welda, Welda (369)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,049	0,33
Würf, Großseelheim (155)	Bentazon	Herbizid	0,1		0,36	0,85

Tab. 5: Ergebnisse der UQN-Überschreitungen 2024

OWK Bezeichnung	Parametername	Gruppe	JD-UQN in µg/l	ZHK-UQN in µg/l	Mittelwert in µg/l	Maximum in µg/l
Beinesgraben, Bauschheim (116)	Imidacloprid	Insektizid	0,002	0,1	0,021	0,06
Esse, Stammen (332)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,084	0,79
Halbmaasgraben, Biblis, n. KA v. PW (105)	Terbutryn	Herbizid	0,065	0,34	0,07	0,15
Hauptgraben, Astheim (114)	Bentazon	Herbizid	0,1		0,17	0,44
Laisbach, Ranstadt (195)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,071	0,27
Laisbach, Ranstadt (195)	Nicosulfuron	Herbizid	0,009	0,09	<0,1	0,1
Schwarzbach, Astheim, Messstat. (115)	2,4-D	Herbizid	0,2	1	0,086	2,6
Schwarzbach, Unter-Schwarz (339)	Dichlorprop	Herbizid	0,1		0,23	2,6
Schwarzbach, Unter-Schwarz (339)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,048	0,29
Tiefenbach, Steeden (160)	Flufenacet	Herbizid	0,04	0,2	0,086	0,53

rot: UQN-Überschreitung,

blau: UQN-Einhaltung,

grau: Überprüfung aufgrund Bestimmungsgrenze (BG) nicht möglich,

hellblau: keine UQN für diesen Wert;

Blauer Parametername: Anlage 6 OGeV, roter Parametername: Anlage 8 OGeV

5.2.5.4 Identifikation von Eintragspfaden

Bereits in der Vergangenheit fanden im Nidda-Raum Untersuchungen statt, um mögliche Eintragspfade in hessische OWK aufzuklären (SEEL et al. 1994 und 1996). Hier wurden Einträge über Kläranlagen im Gegensatz zu diffusen Einträgen (z. B. über Abdrift und Erosion oder der direkte Eintrag beim Aufbringen der PSM auf das Feld) als eine maßgebliche Quelle identifiziert. Das Ergebnis der damaligen Untersuchungen war, dass vor allem das Säubern der Geräte auf Höfen mit Kanalanschluss einen bedeutsamen Eintragspfad darstellt. Daraus ergibt sich die bereits identifizierte Maßnahme, dass Gerätschaften nicht auf versiegelten Flächen zu reinigen sind. In 2022 wurde dieser Eintragspfad in ausgewählten Projektregionen im Rahmen einer Masterarbeit (FRANCK 2022) erneut untersucht. Es zeigte sich eine weiterhin bestehende Bedeutung der Kläranlageneinleitungen als Punktquellen für bestimmte Pestizide.

Die Probennahmen lagen von April bis Juni im Einzugsgebiet der Gersprenz, der Modau und am Halmaasgraben. Insgesamt wurden acht Kläranlagen in landwirtschaftlich geprägten Regionen ausgewählt. Dort wurden Mischproben von 2 h bis 24 h im Ablauf genommen. Ergänzend fanden Probennahmen am Gewässer oberhalb und unterhalb der Einleitstelle statt. Insgesamt belief sich der Umfang auf 90 Proben, die auf 250 Substanzen untersucht wurden. Darunter waren neben 204 Pestizidwirkstoffen und ihren Metaboliten auch andere Spurenstoffe. Eine Messkampagne wurde bei Niederschlag (mittlerem bis starkem Regen: max. 8 mm/d) durchgeführt. Die Ergebnisse wurden mit Hilfe der Standortfaktoren beurteilt. Zudem fand eine ökotoxikologische Einordnung der Konzentrationen durch Toxic Units (TU) für *Daphnia magna* statt. Diese Vorgehensweise vergleicht die gemessenen Werte (Konzentration c) einer Substanz i mit Referenzwerten aus Labortests (LC_{50} , Kapitel 5.2.3). So wird weniger die Menge und verstärkt der Effekt der Wirkstoffe auf die Organismen ausgedrückt. Diese möglichen Effekte sind schlussendlich der entscheidende Faktor für das betroffene Ökosystem. Der TU (Toxic Unit) kann einzeln oder als Summenwert ausgedrückt werden.

$$TU_i = \frac{c_i}{LC_{50,i}} \quad \quad TU_{SUM} = \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{LC_{50,i}}$$

In der gesamten Untersuchung lagen 55 Substanzen aus dem Bereich der Pestizide mindestens einmal oberhalb der Bestimmungsgrenze. Es zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den Kläranlageneinläufen. Sie trugen verschieden stark zum Gesamtsignal bei. Dies ließ sich für die Belastung mit PSM (ohne Biozide) auf die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe im Einzugsgebiet zurückführen. Es zeigte sich ein Zusammenhang mit der durchschnittlich eingetragenen Fracht. Für die resultierende Konzentration im Gewässer gilt das nicht, da hier die Verdünnung des belasteten Wassers den entscheidenden Einfluss hat. Biozide sind im Vergleich zu PSM sowohl räumlich als auch zeitlich konstanter präsent und klar dem Eintragspfad über die Kläranlageneinleitung zuzuordnen.

Bei PSM konnten zusätzlich auch diffuse Einträge beobachtet werden, da einzelne Stoffe nur im Gewässer und nicht im zugehörigen Kläranlagenablauf detektiert wurden. Im Gesamtbild waren sie aber im Vergleich weniger bedeutsam als Punktquellen. Insgesamt wurden in allen Regionen Pestizideinträge an den Einleitstellen nachgewiesen. Sie müssen demnach in der Planung von Maßnahmen weiterhin berücksichtigt werden. Die Niederschläge führten zu einer Erhöhung einzelner Wirkstoffkonzentrationen um das Zehnfache im Vergleich zur Trockenwittersituation. Die Bedeutung solcher Ereignisse wird somit in den Ergebnissen sichtbar.

Die bestimmten Konzentrationen lagen über alle Pestizide zusammen (PSM und Biozide) in einem Bereich, der ökotoxikologisch relevant ist. Der TU_{SUM} lag an den Messstellen unterhalb der Kläranlagen signifikant höher als oberhalb (Abbildung 47).

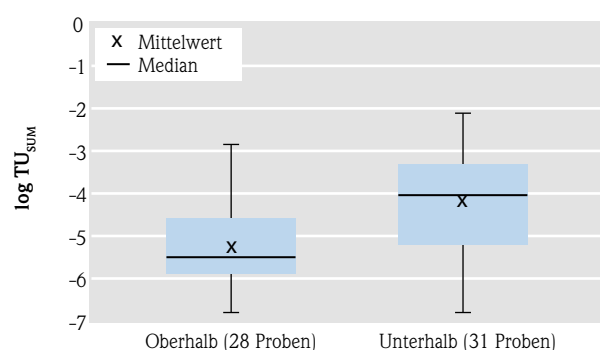


Abb. 47: Summe der Toxic Units (TU) an Messstellen oberhalb und unterhalb der Kläranlageneinleitungen als Boxplot (logarithmisch dargestellt). Der Unterschied ist signifikant mit $p < 0,01$ (FRANCK 2022)

Somit tragen die Einleitungen maßgeblich zur Belastung von Ökosystemen durch Pestizide bei. Dies unterstreicht erneut ihre Bedeutung in der Thematik.

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen das Potenzial für weitere Untersuchungen auf. Dabei wäre die Ausweitung auf andere Regionen in Hessen ein möglicher Bestandteil, um Belastungsschwerpunkte aus Kläranlagen zu ermitteln und zu prüfen, ob sich die Beobachtungen weiterhin bestätigen. Unterschiedlich geprägte Standorte und Rahmenbedingungen sind dabei von besonderem Interesse. Durch den so erlangten Datensatz könnten zudem Wirkstoffe mit vielfältigen Einsatzfeldern besser zugeordnet werden. Insgesamt bleibt die Eliminierung punktueller Pestizideinträge für Hessen eine wichtige Aufgabe im Gewässerschutz.

5.2.5.5 Ausblick des Pestizid-Monitorings

Wie im vorangegangenen Text beschrieben liefert die OGewV eine Rahmenbedingung zum Monitoring von Pestiziden in Gewässern. Es besteht im Hinblick auf den Gewässerschutz allerdings noch weiterer Handlungsbedarf. Neben dem Routine-Monitoring hat sich Hessen auch an unterschiedlichen Projekten wie dem Kleingewässermonitoring beteiligt, welches vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UfZ) durchgeführt wurde und bereits zu mehreren Publikationen des Umweltbundesamts geführt hat (LISS et al. 2022). Hier wurden u. a. Schwächen im Zulassungsverfahren (Risikobewertung), aber auch im

aktuellen Routine-Monitoring aufgedeckt. Dieses kann über Stichproben keine Spitzenbelastungen in Gewässern (oder auch Kleingewässern) nachweisen, wenn diese durch Starkniederschläge nur zu bestimmten Zeiten in die Gewässer eingetragen werden. Es handelt sich somit um ereignisunabhängige Momentaufnahmen. Auswirkungen solcher Einflussfaktoren auf das Monitoring müssen noch diskutiert werden. Abbildung 48 zeigt beispielhaft, wie eine eventgesteuerte Probenahme am Gewässer durch automatische Probenehmer erfolgen kann.

Auch am HLNUG werden in Kooperation mit anderen Forschungseinrichtungen Arbeiten zur Aufklärung der Eintragspfade von PSM in Gewässer nach Möglichkeit durchgeführt, um die dringlichen Fragestellungen neben dem Routine-Monitoring bearbeiten zu können. Hierbei wurden auch neue Methoden wie z. B. die Non-Target-Analytik bereits vorgesehen, um die Vielzahl an Wirkstoffen zuverlässiger zu erfassen.

Neben Anwendungsbeschränkungen und Verboten von problematischen Verbindungen können Maßnahmen wie landwirtschaftliche Beratung eine wichtige Rolle bei dem Eintrag von Pestiziden über Kläranlageneinleitungen darstellen. Auch die aktuellen Vorhaben des Landes Hessen spielen eine wichtige Rolle, um den Einsatz von Pestiziden, wo möglich, zu reduzieren. Das definierte Ziel hierbei ist es, die eingesetzte Wirkstoffmenge bis zum Jahr 2030 um 30 % zu senken (HMUKLV 2021c; HMUKLV 2023).



Abb. 48: Event-Probenehmer im Feld: Aufbau am Gewässerrand (links) und Befestigung in der Gewässersohle (rechts) © HLNUG

5.2.6 Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFAS)

5.2.6.1 Allgemeines

Neben Arzneimitteln und Pestiziden stellen per- und polyfluorierte Chemikalien eine Stoffgruppe dar, die durch ihre weite Verbreitung in der Umwelt immer wieder im Fokus der öffentlichen Diskussion steht.

PFAS sind organische, oberflächenaktive Verbindungen, bei denen die Wasserstoffatome am Kohlenstoffgerüst vollständig (perfluoriert) oder teilweise (polyfluoriert) durch Fluoratome ersetzt worden sind. Zu der Gruppe der PFAS zählen mehr als 10 000 Verbindungen. Besonderes Augenmerk gilt den Leitsubstanzen Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonat (PFOS). Beide Stoffe sind bioakkumulativ und zeigen in Tierversuchen lebertoxische und krebserregende Eigenschaften.

Nach heutigem Kenntnisstand sind PFAS ausschließlich anthropogenen Ursprungs und kommen natürlich in der Umwelt nicht vor. Da sie sehr stabil sind und schmutz-, farb-, fett-, öl- und wasserabweisende Eigenschaften haben, werden sie in vielen Bereichen eingesetzt. Wichtige Anwendungsgebiete sind z. B. die Veredelung von Oberflächen (Papier, Verpackungen, Textilien, Dichtungen etc.). Außerdem wurde die spreitende Eigenschaft von PFAS beim Galvanisieren, in Feuerlöschschäumen, Farben und vielem anderen genutzt.

Wegen der schädlichen Eigenschaften sollen vor allem PFOA und PFOS nicht mehr verwendet werden. In der EU wird PFOS seit 2006 nicht mehr eingesetzt (Richtlinie 2006/122/EG), für PFOA bestehen Einschränkungen. PFOS ist in der Verordnung für POP-Stoffe (EU-VO 2019/1021) gelistet, auch PFOA wurde 2019 dieser hinzugefügt.

5.2.6.2 Untersuchungen in Hessen

In der OGewV ist PFOS mit einer Umweltqualitätsnorm (UQN) geregelt. Die JD-UQN liegt im Wasser bei 0,00065 µg/l und die ZHK-UQN beträgt 36 µg/l. Neben der Wasser-UQN hat PFOS auch eine Biota-UQN mit 9,1 µg/kg Frischgewicht.

In Abbildung 49 sind die Daten der Wasserphase für PFOS dargestellt. Den Daten liegt ein Messprogramm

zugrunde, dass sukzessive alle OWK in Hessen mit zunächst vierteljährlichen Messungen erfasst. Falls sich dabei Hinweise auf eine PFAS-Belastung zeigen, wird in den Folgejahren mit einem 12-fachen Messprogramm nachgemessen. Verwendet werden die aktuellsten, vorliegenden Daten der Wasserphase. Da die Bestimmungsgrenze mit 1 ng/l oberhalb der JD-UQN von 0,65 ng/l liegt, ist eine Einhaltung der UQN nicht überprüfbar. Nur Überschreitungen lassen sich zuverlässig feststellen.

Bislang lässt sich in Hessen eine eher flächen-deckende Grundbelastung mit PFOS in der Wasserphase erkennen, wobei Belastungsschwerpunkte in Nordhessen und Südhessen verortet werden können. Hier kommen als Ursache einerseits Altlasten in Frage, andererseits mit Abwasser belastete Gewässer. Der ausgewertete Datenbestand ist weitreichender als der des BP/MP (2021–2027).

Um zu einem vollständigen Bild für Hessen zu kommen, muss das Messprogramm noch einige Jahre fortgeführt werden. Um zu einer Verbesserung der Belastungssituation im Gewässer zu kommen, sind bei den langkettigen PFAS vor allem Altlasten im Fokus, da die Anwendung von PFAS entweder verboten oder stark eingeschränkt ist. Aktuell liegt nur für PFOS eine Umweltqualitätsnorm (UQN) vor.

Im Untersuchungsprogramm dominieren bis auf wenige Ausnahmen die enthaltenen kurzkettigeren PFAS. Durch Verbote von langkettigen PFAS wie PFOS und PFOA sollten diese nicht mehr aktiv in die Umwelt eingetragen werden, daher ist als weitere Maßnahme zur Reduktion die Erkundung und Sanierung von Altlasten zu nennen. Da aber auch eine Verlagerung zu kurzkettigeren PFAS vermieden werden soll, da sich diese auch im Boden mobil verhalten und so in das Grundwasser eingetragen werden können, wird neben der UQN für PFOS auch die Möglichkeit eines Summenparameters, der mehrere PFAS-Verbindungen enthält, vorgeschlagen und diskutiert (EU-Kommission 2022). Für das Trinkwasser existiert mit der EU-Richtlinie 2020/2184 (Richtlinie 2020/2184) bereits eine Vorgabe über Qualitätsanforderungen, die einen Summenparameter für mehrere PFAS enthält (PFAS gesamt bzw. Summe der PFAS).

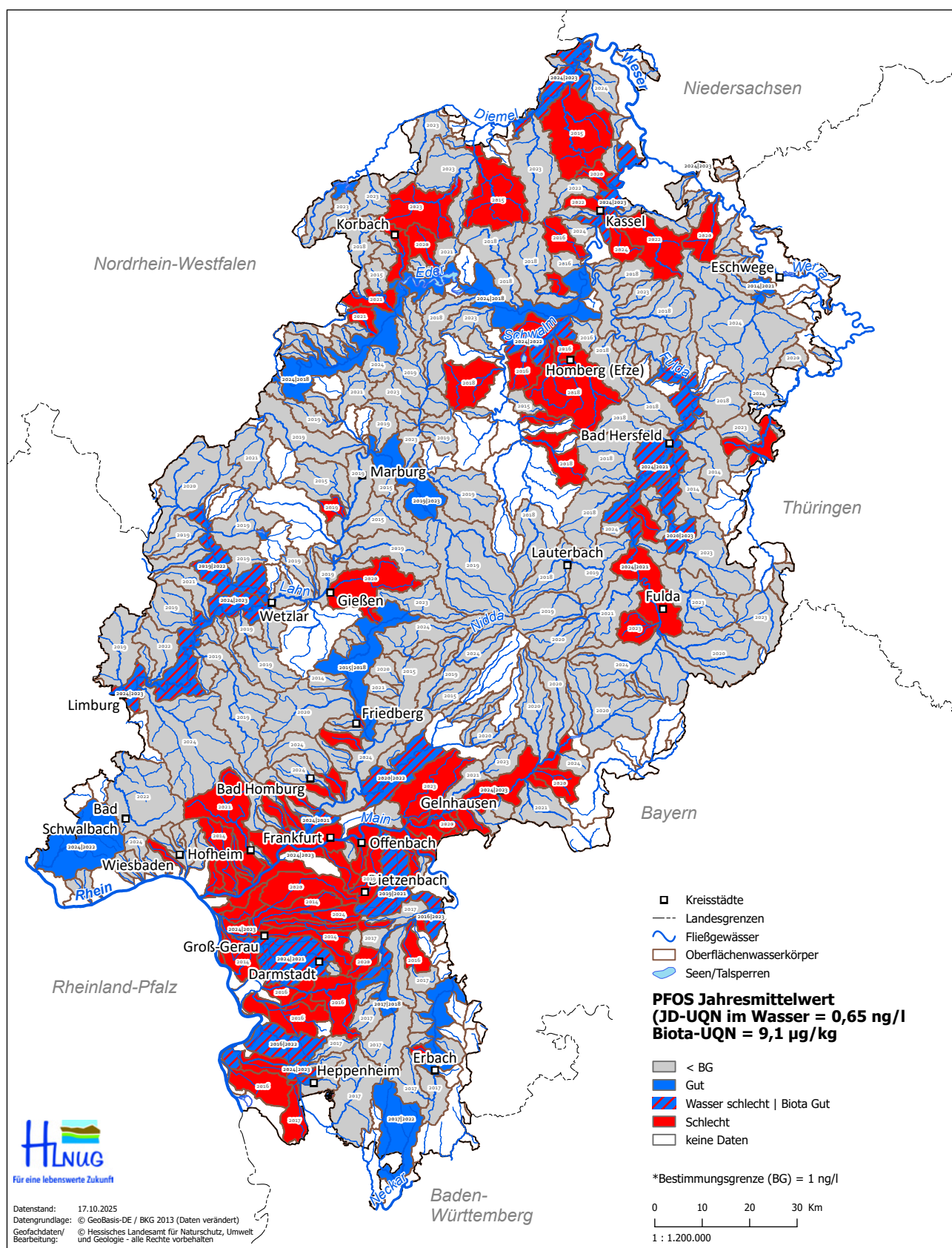


Abb. 49: Jahresmittelwerte von PFOS in hessischen OWK in der Wasserphase sowie in Biota. OWK, bei denen Wasser und Biota zu einer unterschiedlichen Bewertung kommen sind schraffiert dargestellt. Datenstand 2025 (Daten 2014–2024, jeweils die neusten Messjahre).

5.2.7 Metalle

5.2.7.1 Allgemeines

Im Gegensatz zu den meisten anderen Stoffen in Anlage 6 und 8 der OGewV können Metalle und Metalloide sowohl geogen bedingt, als auch durch menschliche Einflüsse (z. B. Bergbau, Einleitungen von Abwasser) in höheren Konzentrationen in Gewässern vorkommen. Daher muss bei der Auswertung der Ergebnisse mit einbezogen werden, ob die Messwerte durch eine natürliche Hintergrundbelastung in dem betrachteten OWK bereits oberhalb der UQN liegen. Dies kann z. B. der Fall sein, wenn Thermalwasser natürlich zu Tage tritt und dabei hohe Konzentrationen an Metallen bzw. Metalloiden wie Arsen oder auch Thallium in die Oberflächengewässer verfrachtet. Hier würde keine künstliche Beeinflussung des Gewässers vorliegen, sondern eine natürliche, auf die sich auch die Gewässergemeinschaft eingestellt hat. Daher wären keine Maßnahmen notwendig, um die Konzentrationen zu reduzieren. Der Begriff der natürlichen Hintergrundkonzentration ist in § 2 Abs. 7 als „Konzentration eines Stoffes in einem OWK, die nicht oder nur sehr gering durch menschliche Tätigkeiten beeinflusst ist“ (OGewV 2016) definiert. Abweichend von der vorgegebenen UQN ist für diese OWK eine neue UQN, basierend auf der natürlichen Konzentration im Gewässer, abzuleiten.

Metalle sind sowohl in Anlage 6 als auch in Anlage 8 der OGewV geregelt. In Anlage 6 finden sich UQN für Metalle in der Wasserphase (Thallium, Selen, Silber), wobei sich die UQN auf das Filtrat bezieht, sowie Zielvorgaben für Metalle/Metalloide im Schwebstoff (Chrom, Kupfer, Zink und Arsen). In Anlage 8 sind Quecksilber, Nickel und Blei geregelt, die z. T. auch eine UQN in der Biota (Fisch) aufweisen. Bei Quecksilber wird generell (hessenweit) von einer Überschreitung der UQN in Biota ausgegangen (bestätigt durch Messwerte in Fischen). Bei den UQN für Nickel und Blei muss bei der Auswertung noch berücksichtigt werden, dass sich die UQN nur auf den bioverfügbaren Anteil der gemessenen Konzentration bezieht, was dazu führt, dass i. d. R. keine Überschreitungen der UQN festgestellt werden können.

Ursächlich für erhöhte Konzentrationen von Metallen und Metalloiden in Gewässern können Altlasten wie

ehemalige Bergbauregionen (Halden) sein, aber auch durch das Kanalnetz (z. B. aus verzinkten Rohren oder Regenrinnen) können vor allem Zink und Kupfer in Gewässer eingetragen werden.

5.2.7.2 Untersuchungen in Hessen

In Hessen finden Untersuchungen sowohl in der Wasserphase als auch im Schwebstoff statt. Die Ergebnisse der Auswertung lassen sich im aktualisierten Bewirtschaftungsplan für den Zeitraum 2021–2027 nachlesen. Hier waren vor allem die Metalle Arsen, Zink und Kupfer als auffällig zu nennen.

Seit 2020 werden Metalle in der Wasserphase im Routine-Messprogramm untersucht, welches jährlich ca. 160 OWK enthält, die in einem Dreijahreszyklus rotieren. Die Untersuchungen der Schwebstoffe finden nur an vorab ausgewählten OWK statt, die i. d. R. jährlich beprobt werden.

Abbildung 50 zeigt die Anzahl der OWK, bei denen im Zeitraum von 2021–2024 die UQN der unterschiedlichen Metalle und Metalloide überprüft wurden. Cadmium, Nickel und Blei sind in Anlage 8 der OGewV aufgeführt, während sich die restlichen Metalle/Metalloide in Anlage 6 wiederfinden.

Die UQN-Überschreitungen bei Arsen sind zum größten Teil durch Altlasten (Bergbau) oder mit Thermalquellenwasser verbunden. Dies trifft z. T. auch auf Thallium zu. Kupfer und Zink können sowohl aus Altlasten stammen, als auch durch die Rohrsysteme (z. B. durch die Regenwasserableitung von unbeschichteten Metallflächen vom Dach, Regenrinne und Fallrohr), die mit der Kanalisation verbunden sind und anschließend ins Gewässer eingetragen werden.

Im Vergleich zu den im aktualisierten BP/MP für den Zeitraum 2021–2027 veröffentlichten Ergebnissen sind in der aktuellen Auswertung vor allem die UQN-Überschreitung bei Silber auffällig. Dies liegt an einer verbesserten Analytik mit niedrigeren Bestimmungsgrenzen, sowie an der landesweiten Ausweitung des Messprogramms, welche erst nach Erstellung des letzten Bewirtschaftungsplans erfolgt ist.

Da eine Belastung mit Metallen bzw. Metalloiden auch geogenen Ursprungs sein kann, muss bei der Feststellung einer UQN-Überschreitung immer auch geprüft werden, ob die Konzentration im Gewässer durch natürliche Prozesse erhöht ist oder ob anthropogene Einwirkungen ursächlich sind. Da eine Belastung im Gewässernetz eines OWK nicht immer singulären, punkttartigen Einträgen zugeordnet werden kann und sich meist nur schwierig von möglichen anthropogenen Einflüssen trennen lässt, ist dies jedoch nicht trivial. Vor allem die Suche nach Messstellen, die anthropogen nicht überprägt sind, kann sich schwierig gestalten. Dies gilt vor allem auch, wenn die Beeinflussung nicht durch großskalige, geologische Strukturen wie z. B. einer in dem Grundwasserleiter generell erhöhten Konzentration von Arsen herrührt, sondern von lokalen Anomalien im Grundwasserleiter. Eine nachgewiesene, geogene Ursache erhöhter Konzentrationen würde dazu führen, dass ein nach Anlage 9 Nr. 3.3 der OGewV abweichender Grenzwert definiert werden müsste. Hier wird die Verwendung des 90-Perzentils der Konzentrationen an einer nicht bzw. wenig anthropogen beeinflussten Messstelle empfohlen und zwar sowohl für die Wasserphase (gesamt, gelöst) und als auch für die Schwebstoffphase. Dies wäre in Bezug auf Maßnahmen, falls die Ursache der Einträge in einem OWK noch nicht näher bekannt sind, vorab zu klären.

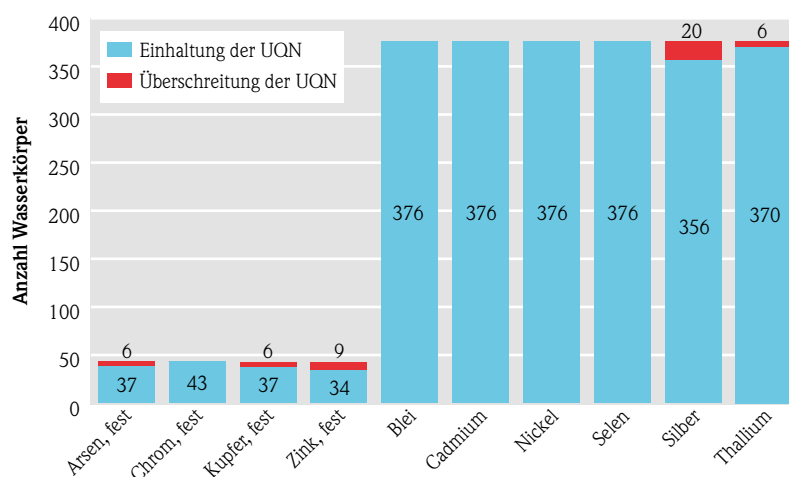


Abb. 50: Ergebnisse der Untersuchungsprogramme Metalle im Schwebstoff und Filtrat im Zeitraum 2021–2024

Sind Einträge durch anthropogene Beeinflussung bekannt, können mehrere Maßnahmen zur Reduktion der Belastung im Gewässer führen. Dabei kann sowohl die Ertüchtigung von Kläranlagen eine Rolle spielen, als auch die Sanierung von Altlasten. Bei Stoffen, die wie Quecksilber u. a. durch atmosphärische Deposition (aus natürlichen und anthropogenen Quellen) in die Gewässer gelangen, spielen Maßnahmen bei den Emittenten (u. a. Kohlekraftwerken) eine Rolle. Quecksilber kommt durch die historische Deposition aus der Atmosphäre als Belastung in Sedimenten vor (LAWA 2016) und führt zu einer flächendeckenden (ubiquitären) Überschreitung der UQN in der Biota (allerdings nicht in der Wasserphase).

5.2.8 Untersuchungen von Biota - Fische und Muscheln

Neben der Wasserphase und dem Schwebstoff spielt die Anreicherung in der Nahrungskette (Bioakkumulation) bei bestimmten Schadstoffen eine wichtige Rolle. Bestimmte Stoffeigenschaften wie z. B. die Neigung sich im Fettgewebe einzulagern, können dazu führen, dass Top-Prädatoren durch den Verzehr belasteter Beutetiere diese Stoffe in ihrem Körper anreichern. Als Schutzziel für UQN-Vorgaben kann dabei einerseits der Verzehr durch den Menschen, andererseits der durch andere Lebewesen (sog. „secondary poisoning“) stehen. Schutzziel ist i. d. R. der Mensch, daher werden im Rahmen der Beprobung Filets (inkl. Unterhautfettgewebe) von Fischen analysiert.

Die Untersuchungen zeigen, dass bei Quecksilber und den bromierten Diphenylethern (BDE, Flammschutzmittel) von einer flächendeckenden (ubiquitären) Überschreitung der UQN ausgegangen werden kann. Die Werte für PFOS (Kapitel 5.2.6) zeigen vereinzelte Überschreitungen der UQN von 9,1 µg/kg. Zum Teil kommt es hier bei der Bewertung über die Wasserphase zu gegenteiligen Aussagen. Wenn Biota-Daten vorliegen, sind diese für eine Bewertung im Sinne der OGewV allerdings vorzuziehen. Bei Heptachlor und Heptachlorepoxyd (Pflanzenschutzmittel-Insektizid und dessen Abbauprodukt) lässt sich die UQN von 0,0067 µg/kg mit den aktuellen Ergebnissen nicht auf

Einhaltung überprüfen, da die Bestimmungsgrenze zu hoch liegt. Lediglich Überschreitungen der UQN können somit dokumentiert werden. Ergebnisse andere Bundesländer legen jedoch nahe, dass bei Messungen mit ausreichender niedriger BG von häufigen Überschreitungen der UQN ausgegangen werden muss. Die polyzyklischen, aromatischen Kohlenwasserstoffe – PAK (Benzo(a)pyren, Fluoranthen) werden in Muscheln untersucht, die anderen Parameter in Fischen. Benzo(a)pyren (B(a)P) gilt dabei als „Marker“ für weitere PAK. Überschreitungen lassen sich vereinzelt bei dem in Anlage 8 OGEWV unabhängig von B(a)P aufgeführten Fluoranthen feststellen.

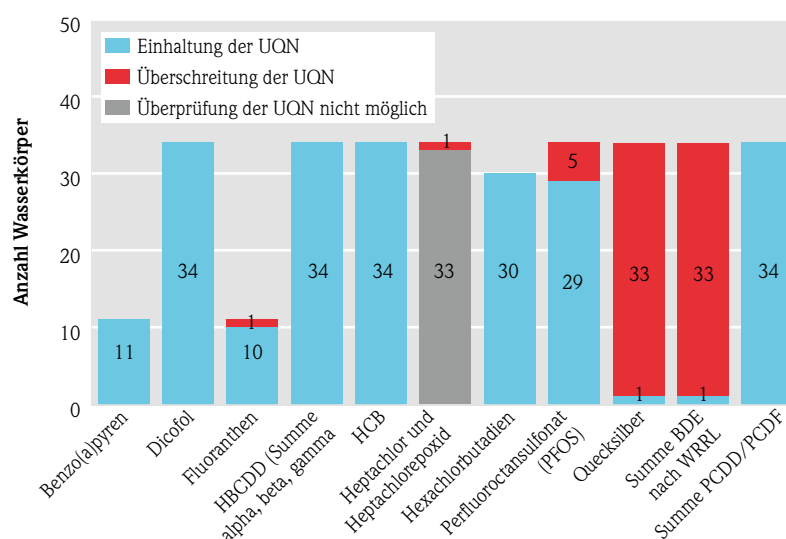


Abb. 51: Ergebnisse der Biota-Untersuchungen an Fischen und Muscheln (Daten aus 2012–2024)

6 Verringerung von Spurenstoffeinträgen

Wie dem Kapitel 5 bereits zu entnehmen ist, sind anthropogene Spurenstoffe auch in hessischen Oberflächengewässern teilweise ubiquitär feststellbar. Einige haben nachteilige Wirkungen (ökotoxikologische Effekte) auf Ökosysteme (UBA 2018) und/oder beeinträchtigen die Gewinnung von Trinkwasser aus Rohwasser. So finden sich Spurenstoffe im Hessischen Ried bereits im Grund- und Rohwasser zur Trinkwasserversorgung in niedrigen und nicht therapeutischen Dosen (UBA 2016, HLNUG 2016). Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde die Spurenstoffstrategie Hessisches Ried (HMUKLV 2018) zur Vermeidung und Verminderung des Spurenstoffeintrags in die Gewässer des Hessischen Rieds entwickelt. Ziel dieser Strategie ist, auch wenn bislang wenig verbindliche Vorgaben zur Begrenzung der großen Zahl an Spurenstoffen EU-weit und auf nationaler Ebene vorliegen, durch geeignete Maßnahmen die stoffliche Belastung der Fließgewässer im Hessischen Ried zu vermindern und damit im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) sowohl die vielfältigen Funktionen und Nutzungen der Gewässer zukünftig sicherzustellen als auch die Grundwasservorkommen im Hessischen Ried langfristig zu schützen.

In der „Spurenstoffstrategie Hessisches Ried“ (HMUKLV 2018) wurden daher sechs Kernmaßnah-

men, vier begleitende Maßnahmen sowie drei einzelfallbezogene Maßnahmen und zwei Forschungsvorhaben erarbeitet.

Mit der Begleitmaßnahme B1 ist das Dialogforum „Spurenstoffe im Hessischen Ried“ eingerichtet worden, das zum Ziel hat, Aktivitäten zur Verringerung von Spurenstoffeinträgen zu begleiten, entsprechende Maßnahmen zu erarbeiten und die Umsetzung zu unterstützen, sodass die Einträge von Spurenstoffen in die Gewässer im Hessischen Ried nachhaltig reduziert werden können: <https://www.reines-ried.de/>

Hierbei ist es von Bedeutung, sowohl bei relevanten Stakeholdern als auch bei der Bevölkerung ein höheres Problembewusstsein für Spurenstoffe in der Umwelt zu erzeugen. Im Dialogforum sind diverse Stakeholder u. a. aus der Wasserwirtschaft, von Kommunen und Umweltverbänden, von Bildungseinrichtungen, aus der Landwirtschaft und auch aus dem Gesundheitswesen (Apothekenverband, Ärzteschaft) vertreten.

Als technisch-wissenschaftliche Fachbehörde des HMLU ist das HLNUG im Dialogforum vertreten und begleitet bzw. gestaltet Maßnahmen zur effektiven und nachhaltigen Verringerung von Spurenstoffeinträgen aktiv mit.

Es werden allgemeinverständliche Steckbriefe zu den besonders relevanten Spurenstoffen im Hessischen Ried verfasst, um damit die breite Öffentlichkeit zu sensibilisieren und ein umweltgerechtes Handeln mit weniger Spurenstoffeinträgen zu erzielen.

Steckbriefe zu sechs Stoffen wurden bereits fertiggestellt und sind auf folgender Webseite des HLNUG veröffentlicht: <https://www.hlnug.de/themen/wasser/fliessgewaesser/fliessgewaesser-chemie/spurenstoffe/spurenstoff-steckbriefe>

7 Fazit und Ausblick

Der Bericht zeigt, dass der kontinuierlich verbesserte technische Ausbau kommunaler Kläranlagen in den letzten Jahrzehnten zu einer deutlichen Verringerung der in Gewässer eingeleiteten Nähr- und Schadstofffrachten geführt hat und die Gewässerqualität damit maßgeblich verbessert wurde.

Im aktualisierten Maßnahmenprogramm zur Europäischen Wasserrahmenrichtlinie für den Zeitraum 2015–2021 lag der Schwerpunkt auf der flächendeckenden Phosphoreliminierung bei den kommunalen Kläranlagen ab der Größenklasse 2. Im nochmals aktualisierten Maßnahmenprogramm für den Zeitraum 2021–2027 erhielten erstmals auch alle kommunalen Kläranlagen der Größenklasse 1 sowie industrielle Direktleiter strengere Anforderungen für einzuhaltende Ablaufwerte von Phosphor sowie die kommunalen Kläranlagen der Größenklasse 2 bis 5 weitergehende Anforderungen – bezogen auf den OWK und nicht mehr pauschal flächendeckend. Zusätzlich werden bei ausgewählten kommunalen und industriellen Kläranlagen Maßnahmen zur deutlichen Eliminierung von Ammonium vorgenommen, um die Nährstoffbelastung in den hessischen Gewässern weiter zu reduzieren.

Im Zuge der Umsetzung der Düngeverordnung ist die Feststellung der durch Phosphor belasteten Gewässer und die Ausweisung ihrer Einzugsgebiete ein wichtiger erster Schritt, den Zustand der Gewässer auch im Hinblick auf Belastungen durch landwirtschaftlich bedingte Phosphor-Einträge zu verbessern und damit ihrer Eutrophierung entgegenzuwirken. Im nächsten Schritt gilt es in Form eines Wirkungsmonitorings zu prüfen, ob die ergriffenen Maßnahmen aufgrund der besonderen Vorgaben bei der Düngung geeignet sind, den landwirtschaftlich bedingten Phosphoreintrag in die Gewässer zu reduzieren, oder ob bei Bedarf weitere Maßnahmen

zu ergreifen sind. Dazu wird an zusätzlichen Messstellen in eutrophierten Gebieten monatlich die Entwicklung der Phosphorkonzentrationen im Gewässer durch das HLNUG überprüft.

Auch wenn im Bereich der Spurenstoffe längst noch kein flächendeckendes Bild für alle in der OGW aufgeführten Stoffe vorliegt, so sind aus den Monitoringprogrammen dennoch einige OWK mit Überschreitungen von UQN bzw. erhöhten stofflichen Belastungen bekannt. Es sind Maßnahmen geboten, um diese Belastungen zu verringern und die UQN einzuhalten. Dort, wo bereits Maßnahmen umgesetzt werden, gilt es, die Entwicklungen weiter zu verfolgen und damit ihre Wirksamkeit zu überprüfen. Denn auch bei Gruppen wie den Pestiziden, bei denen bereits einige Schritte zur Reduktion umgesetzt werden, ist das Ziel für einen ausreichenden Gewässerschutz noch nicht erreicht. Die kontinuierliche Begleitung durch das Monitoring und eine stetige Anpassung der bestehenden Konzepte ist daher zwingend notwendig.

Die etablierte Umsetzung eines landesweiten Monitorings basiert auf einer begrenzten Anzahl von Stichproben (i. d. R. einmal pro Monat) und einer endlichen Liste an zu messenden Parametern. Stoffe, die nicht auf dieser Liste stehen oder die zeitlich stark schwankend in die Umwelt eingetragen werden, sind so nicht oder nur unzureichend zu erfassen. Diese Grenzen des etablierten Monitorings können und müssen durch innovative Ansätze überwunden werden. Hierzu werden neue Methoden wie das Non-Target Screening (z. B. zur Entdeckung bisher nicht erfasster Schadstoffe) oder wirkungsbasierte Biotests zur besseren Erfassung der tatsächlichen Belastungssituation und zur Priorisierung von Messstellen zukünftig wertvolle Beiträge leisten.

Durch die novellierte EU-Kommunalabwasserrichtlinie werden sich mit der Umsetzung in Bundes- und Landesrecht in verschiedenen Bereichen des Abwassermanagements konkrete neue Anforderungen und Vorgaben ergeben, die sich mittelfristig positiv auf den chemischen und ökologischen Zustand der Fließgewässer auswirken werden.

Neben nachgeschalteten Maßnahmen, wie der Einführung von 4. Reinigungsstufen an ausgewählten, kommunalen Kläranlagen, werden jedoch auch Maßnahmen an der Quelle und in der Anwendung not-

wendig sein, um die Spurenstoffemissionen weiter zu verringern.

Insbesondere im Hinblick auf den demografischen Wandel und den damit zusammenhängenden erhöhten Verbrauch von Pharmazeutika sowie auf den Klimawandel, in dessen Folge ein häufiger auftretender Trockenwetter- bzw. Niedrigwasserabfluss einen höheren Abwasseranteil in den Fließgewässern bedingt, steht das Land Hessen auch in Zukunft vor großen wasserwirtschaftlichen Herausforderungen.

8 Abkürzungen

AbwV	Abwasserverordnung (Bundesverordnung)
ACP	allgemeine chemisch-physikalische Parameter
AVV GeA	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten Gebieten und eutrophierten Gebieten
BG	Bestimmungsgrenze
BSB5	biochemischer Sauerstoffbedarf innerhalb von fünf Tagen
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
ETOX-Plattform	Informationssystem Ökotoxikologie und Umweltqualitätsziele des Umweltbundesamtes (UBA)
EW	Einwohnerwerte
GK	Größenklasse einer Kläranlage (nach Abwasserverordnung)
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
HMLU	Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat
i. d. R.	in der Regel
JD-UQN	Überprüfung auf Einhaltung der Umweltqualitätsnorm anhand des Jahresdurchschnittswertes
KiWQM	Kisters Wasserqualitätsmanagement (Softwaremodul)
LABO	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LHWZ	Landeshauptwarnzentrale
MEPhos-Modellierung	Modell zur Ermittlung der Phosphatbelastungen von Oberflächengewässern und zur Bestimmung der Ursachen
$N_{\text{ges.anorg}}$	anorganischer Gesamtstickstoff (Summe aus Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$), Nitrat-Stickstoff ($\text{NO}_3\text{-N}$) und Nitrit-Stickstoff ($\text{NO}_2\text{-N}$))
OWK	Oberflächenwasserkörper
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
PEC	vorhergesagte Umweltkonzentration (Predicted Environmental Concentration)
PFAS	Per- und polyfluorierte Verbindungen
PFOA	Perfluorooctansäure
PFOS	Perfluorooctansulfonat
P_{ges}	Gesamtphosphor
PNEC	Predicted No-Effect Concentration (Konzentration, bei der noch keine Effekte auf das Ökosystem auftreten)
POP	persistente organische Schadstoffe (Persistent Organic Pollutants)
PSM	Pflanzenschutzmittel
TFA	Trifluoracetat
TOC	gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (total organic carbon)
UQN	Umweltqualitätsnorm, ist nach § 2 OGewV definiert als Konzentration eines bestimmten Schadstoffs oder einer bestimmten Schadstoffgruppe, die in Wasser, Schwebstoffen, Sedimenten oder Biota aus Gründen des Gesundheits- und Umweltschutzes nicht überschritten werden darf
ZHK-UQN	Überprüfung auf Einhaltung der UQN anhand der zulässigen Höchstkonzentration

9 Glossar

anthropogen: Alles durch Menschen Beeinflusste, Entstandene, Verursachte oder Hergestellte

atmosphärische Deposition: Eintrag von Stoffen aus der Atmosphäre auf die Erd- oder Wasseroberfläche

Bioakkumulation: Anreicherung eines Stoffes aus der Umwelt in einen Organismus

Biota: Sammelbegriff für alle Lebewesen eines Ökosystems, wie Pflanzen, Tiere, Pilze, Bakterien

Dalbe: Ein Pfahl im Gewässer, an dem zum Beispiel Pumpen befestigt werden können

Daphnien-Toximeter: Damit wird das Schwimmverhalten von Daphnien (Wasserflöhen) beobachtet und bewertet. Ziel ist die Bestimmung von toxischen Verbindungen im Wasser.

Diatomeen: Einzellige, pflanzliche Kleinstlebewesen, die frei im Wasser schweben (auch Kieselalgen genannt)

Emittent: Ursprung oder Quelle, der bzw. die feste, flüssige oder gasförmige Stoffe in die Umwelt freisetzt

Eutrophierung: Übermäßige Anreicherung von Nährstoffen in einem Ökosystem (z.B. einem Gewässer), die meist mit negativen Folgen für die Ökologie verbunden ist.

Flussgebietseinheit: Einzugsgebiet eines Flusses von seiner Quelle bis zur Mündung. In Deutschland bilden zehn Flussgebietseinheiten von großen Fließgewässern die nationalen Planungsräume, in denen die Wasserrahmenrichtlinie umgesetzt wird.

geogen: Fachbegriff aus der Geologie für die Charakterisierung von Stoffkonzentrationen im Boden, Luft und Wasser, die auf natürliche Prozesse zurückzuführen sind.

Metabolismus/Metabolit: Stoffwechsel (chemische Umwandlung von Stoffen). Ein Metabolit (Umgewandelte) ist ein Zwischenprodukt.

Nitrifikation/Denitrifikation: Nitrifikation ist die biologische Umwandlung von Ammonium-Ionen zu Nitrat. Denitrifikation ist die Umwandlung von Nitrat-Ionen zu Stickstoff.

persistent: schwer abbaubar (z. B. Verbindungen)

90-Perzentil: In der Statistik wird ein der Größe nach geordneter Datensatz in 100 gleich große Teile unterteilt. Das 90-Perzentil bildet die Marke, unterhalb welcher 90 Prozent der Werte und oberhalb welcher 10 Prozent der Werte liegen.

Prädatoren: Organismen, die andere lebende Organismen zum Zwecke der Nahrungsaufnahme nutzen.

Stakeholder: Personen oder Gruppen, die ein direktes Interesse an einer Sache haben

Trophiestufe: Beschreibung der Position in der Nahrungskette

Vorfluter: Gewässer, in das abfließendes Wasser aus einer Einleitung, einem anderen Fließgewässer oder über sonstige Fließwege einmündet

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hessen Überblick – Lage der Flussgebietseinheiten, Bearbeitungsgebiete und Wasserkörper (Anhang 1-1 des Bewirtschaftungsplans 2021–2027; HMUKLV 2021b)	5
Abbildung 2: Vereinfachte Darstellung der wesentlichen Stoffeintragspfade in ein oberirdisches Fließgewässer..	6
Abbildung 3: Anzahl der kommunalen Kläranlagen in Hessen pro Größenklasse bezogen auf die Ausbaugröße (EW) (Stand 31.12.2024) (siehe Lagebericht 2024, S. 11, Tab. 2; HMLU 2025)	7
Abbildung 4: Karte mit einer Übersicht über die Standorte der 699 kommunalen Kläranlagen in Hessen, Stand 31.12.2024 (veröffentlicht als Anhang des Lageberichtes 2024 „Beseitigung von kommunalen Abwässern in Hessen“; HMLU 2025)	8
Abbildung 5: Zeitliche Entwicklung des technischen Ausbaus der hessischen kommunalen Kläranlagen (Stand 31.12.2024).....	9
Abbildung 6: Reinigungsleistung hessischer Kläranlagen hinsichtlich des Parameters $N_{ges.anorg.}$ in den Jahren 2013–2024 (Ergebnisse der Eigenkontrolle)	9
Abbildung 7: Reinigungsleistung hessischer Kläranlagen hinsichtlich des Parameters $P_{ges.}$ in den Jahren 2013–2024 (Ergebnisse der Eigenkontrolle)	10
Abbildung 8: Einzugsgebiete und Lage ortsfester Messstationen	13
Abbildung 9: Probenahmeahn, automatischer Probenehmer, Messsonden (v. l. n. r.).....	14
Abbildung 10: Mobile Messstation.....	15
Abbildung 11: Außenansicht Gewässergüte Messstation Bischofsheim, Main	16
Abbildung 12: Außenansicht Gewässergüte Messstation Nied, Nidda und Main	16
Abbildung 13: Gewässergüte Messstation mit Pumpenausleger Ginsheim, Schwarzbach	17
Abbildung 14: Gewässergüte Messstation Hanau, Kinzig.....	17
Abbildung 15: Gewässergüte Messstation Oberbiel, Lahn.....	18
Abbildung 16: Gewässergüte Messstation Wahnhausen, Fulda	18
Abbildung 17: Gewässergüte Messstation Witzenhausen, Werra	18
Abbildung 18: Rheingütestation Worms (© Stefanie Semsei)	19
Abbildung 19: Rheinwasser-Untersuchungsstation Mainz-Wiesbaden	20
Abbildung 20: Anteil Ammoniak an der Summe aus Ammonium und Ammoniak in Abhängigkeit vom pH-Wert und von der Wassertemperatur (geändert nach LIECHT 2010)	24
Abbildung 21: Konzentrationen von Ammonium-N in den OWK differenziert nach Kläranlageneinfluss (Durchschnitt aus max. den letzten drei Messjahren 2019–2024)	24
Abbildung 22: Häufigkeitsverteilung der durchschnittlichen Jahresmittelwerte für Ammonium als N aus maximal den letzten drei Messjahren im Betrachtungszeitraum 2019–2024	24
Abbildung 23: Durchschnitt der Jahresmittelwerte für Ammonium als N im Betrachtungszeitraum 2019–2024....	25
Abbildung 24: Häufigkeitsverteilung der durchschnittlichen Jahresmittelwerte für Ammoniak als N aus maximal den letzten drei Messjahren im Betrachtungszeitraum 2019–2024.....	26
Abbildung 25: Ammonium-N-Konzentration an der repräsentativen Messstelle in Abhängigkeit zum Abstand zur nächstgelegenen Kläranlageneinleitung oberhalb	26
Abbildung 26: Durchschnitt der Jahresmittelwerte für Ammoniak als N im Betrachtungszeitraum 2019–2024	27
Abbildung 27: Häufigkeitsverteilung der durchschnittlichen Jahresmittelwerte für Nitrit als N aus maximal den letzten drei Messjahren im Betrachtungszeitraum 2019–2024.....	28
Abbildung 28: Durchschnitt der Jahresmittelwerte für Nitrit als N im Betrachtungszeitraum 2019–2024	29
Abbildung 29: Gesamtposphorfrachten im Ablauf kommunaler Kläranlagen in Hessen seit dem Jahr 2007 ...	30
Abbildung 30: Entwicklung der Phosphor-Konzentrationen (Jahresdurchschnittswerte) am Beispiel der Messstation Nidda, Nied ab 2010 mit abflussgewichteten Gesamtposphor-Ablaufkonzentrationen der im Einzugsgebiet oberhalb einleitender Kläranlagen	30
Abbildung 31: Häufigkeitsverteilungen der ortho-Phosphat als P-Konzentration in Wasserkörpern für die Betrachtungszeiträume 2007–2011 (links) und 2019–2024 (rechts)	31

Abbildung 32: Gegenüberstellung der durchschnittlichen Jahresmittelwerte für ortho-Phosphat als P in den Betrachtungszeiträumen 2007–2011 (links) und 2019–2024 (rechts)	31
Abbildung 33: Häufigkeitsverteilungen der Gesamtposphor-Konzentration in OWK für die Betrachtungszeiträume 2007–2011 (links) und 2019–2024 (rechts)	32
Abbildung 34: Gegenüberstellung der durchschnittlichen Jahresmittelwerte für Gesamtposphor in den Betrachtungszeiträumen 2007–2011 (links) und 2019–2024 (rechts)	32
Abbildung 35: Ergebnis der Modellierung der prozentualen Anteile der Eintragspfade am Gesamtposphoreintrag in hessische OWK (verändert nach TETZLAFF & TA 2020)	34
Abbildung 36: Ergebnis der Modellierung der absoluten Einträge der Eintragspfade für Gesamtposphor in hessische OWK (verändert nach TETZLAFF & TA 2020).....	34
Abbildung 37: Eutrophierte Gebiete in Hessen nach § 13 a Absatz 1 Satz 1 Nr. 4 DüV (DüV 2017) gemäß der Gebietsausweisung 2022	35
Abbildung 38: Untersuchte Matrices sowie Parameterumfang.....	37
Abbildung 39: Stoffgruppen, Matrices und Monitoringprogramme des HLNUG.....	38
Abbildung 40: Anteil nachweisbarer Arzneimittel 2019–2024 (ohne 2020)	43
Abbildung 41: Konzentrations- und Frachtverlauf von Oxipurinol aus Stich- und Mischproben an der Messstation in Main-Bischofsheim 2019–2024	44
Abbildung 42: Vergleich der Mittelwerte von Pharmaka an den in 2021–2024 beprobten Messstellen mit der in dem Entwurf zur WRRL (Stand 2022) genannten UQN-Vorschlägen	44
Abbildung 43: Jahresmittelwerte (jeweils neuester Wert aus den Jahren 2019–2024) von Diclofenac an Messstellen in hessischen Gewässern	45
Abbildung 44: Nachweise von Pestiziden 2022–2024 in Hessen, aufgeteilt nach der Regelung in den Anlagen 6 und 8 der OGewV.....	48
Abbildung 45: Nachweis von Pestiziden in hessischen Oberflächenwasserkörpern (OWK) im Zeitraum 2022–2024 (pro OWK wird nur das aktuellste Messjahr verwendet).....	49
Abbildung 46: Frachten und ihre zeitliche Entwicklung von 4 Pestiziden über den Zeitraum 1991–2021 (nur Sommeranwendung) an der Nidda-Mündung.....	49
Abbildung 47: Summe der Toxic Units (TU) an Messstellen oberhalb und unterhalb der Kläranlageneinleitungen als Boxplot (logarithmisch dargestellt). Der Unterschied ist signifikant mit $p < 0,01$ (FRANCK 2022)	51
Abbildung 48: Event-Probennehmer im Feld: Aufbau am Gewässerrand (links) und Befestigung in der Gewässersohle (rechts).....	52
Abbildung 49: Jahresmittelwerte von PFOS in hessischen OWK in der Wasserphase sowie in Biota. OWK, bei denen Wasser und Biota zu einer unterschiedlichen Bewertung kommen sind schraffiert dargestellt. Datenstand 2025 (Daten 2014–2024, jeweils die neusten Messjahre).	54
Abbildung 50: Ergebnisse der Untersuchungsprogramme Metalle im Schwebstoff und Filtrat im Zeitraum 2021–2024	56
Abbildung 51: Ergebnisse der Biota-Untersuchungen an Fischen und Muscheln (Daten aus 2012–2024)	57

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wesentliche die chemische Beschaffenheit der Fließgewässer betreffende Regelungen.....	3
Tabelle 2: UQN-Vorschläge und PNEC ausgewählter Arzneimittel in $\mu\text{g/l}$ (Daten aus ETOX-Datenbank des UBA) als Jahresdurchschnitt (JD)-Konzentration	41
Tabelle 3: Ergebnisse der UQN-Überschreitungen 2022	50
Tabelle 4: Ergebnisse der UQN-Überschreitungen 2023	50
Tabelle 5: Ergebnisse der UQN-Überschreitungen 2024	50

12 Literaturverzeichnis

- AbwV (2004): Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung – AbwV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I S. 1108, 2625), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 17. April 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 132) geändert worden ist. [<https://www.gesetze-im-internet.de/abwv/BjNR056610997.html>; Stand: 30.09.2025]
- AVV GeA (2022): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten (AVV Gebietsausweisung – AVV GeA) in der Fassung vom 10. August 2022 (BAnz AT 16.08.2022 B2). [<https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/soM4ZaXUtP38shNEcKm/content/soM4ZaXUtP38shNEcKm/BAnz%20AT%2016.08.2022%20B2.pdf?inline>; Stand: 30.09.2025]
- AwSV (2017): Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vom 18. April 2017 (BGBl. I S. 905), die durch Artikel 256 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist. [<https://www.gesetze-im-internet.de/awsv/AwSV.pdf>; Stand: 30.09.2025]
- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2019): Zulassungsverfahren – Schutz von Gesundheit und Umwelt. [<https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/pflanzenschutz/zulassung.html>; Stand: 30.09.2025]
- BMU/UBA – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Umweltbundesamt (2017): Wasserwirtschaft in Deutschland. Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. [<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/wasserwirtschaft-in-deutschland-grundlagen>; Stand: 30.09.2025]
- BMUV/UBA – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Umweltbundesamt (2022): Die Wasserrahmenrichtlinie – Gewässer in Deutschland 2021. Fortschritte und Herausforderungen. Bonn, Dessau. [<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/die-wasserrahmenrichtlinie-gewaesser-in-deutschland>; Stand: 30.09.2025]
- BVL a – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit: Online-Datenbank Pflanzenschutzmittel [<https://psm-zulassung.bvl.bund.de/psm/jsp/index.jsp?modul=form>; Stand: 30.09.2025]
- BVL b – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit: Schutz des Naturhaushaltes bei der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln. [https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/04_Pflanzenschutzmittel/01_Aufgaben/09_GesundheitNaturhaushalt/02_SchutzNaturhaushalt/psm_SchutzNaturhaushalt_node.html;jsessionid=DFFB9C6746D9F72D297D59F21E48AD8E.1_cid290; Stand: 30.09.2025]
- DüV (2017): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung – DüV) vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305), die zuletzt durch Artikel 97 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist. [https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/index.html; Stand: 30.09.2025]
- ECHA – European Chemical Agency: Online-Datenbank REACH – Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals Regulation. [<https://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/registered-substances>; Stand: 30.09.2025]

- EKVO (2010): Verordnung über die Eigenkontrolle von Abwasseranlagen (Abwassereigenkontrollverordnung – EKVO) vom 23. Juli 2010 (GVBl. I 2010, 257), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 20. Juni 2023 (GVBl. S. 484, 488). [<https://www.rv.hessenrecht.hessen.de/bshe/document/jlr-EigenkontrollV-HE2010V6P1/part/X>; Stand: 30.09.2025]
- EU-Kommission (2022): Proposal for a Directive amending the Water Framework Directive, the Groundwater Directive and the Environmental Quality Standards Directive (Vorschlag für eine Richtlinie zur Änderung der Wasserrahmenrichtlinie, der Grundwasserrichtlinie und der Richtlinie über Umweltqualitätsnormen). Datum der Veröffentlichung: 26. Oktober 2022. Brüssel. [https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-amending-water-directives_en; Stand: 30.09.2025]
- EU-VO 2019/1021: Verordnung 2019/1021 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über persistente organische Schadstoffe (Neufassung), (EU-POP-Verordnung), (ABl. L 169 vom 25.6.2019, S. 45–77). [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX:32019R1021>; Stand: 30.09.2025]
- FRANCK, C. (2022): Erfassung der Einträge von Pestiziden aus Kläranlagen und Siedlungsentwässerungen in Hessen. Masterarbeit. Hochschule RheinMain. Rüsselsheim. [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/fliessgewaesser/chemie/spurenstoffe/PSM/Masterarbeit_Franck_Charlotte.pdf; Stand: 30.09.2025]
- HEUDORF, U., ABDEL-TAWAB, M. (2022): Gewässer- und Trinkwasserschutz geht uns alle an, Hessisches Ärzteblatt: Reines Ried Aktion gegen Arzneimittelrückstände, Ausgabe 11/2022 S. 620–624, online Ausgabe, [https://www.laekh.de/fileadmin/user_upload/Heftarchiv/Einzelartikel/2022/11_2022/Gewaesser_und_Trinkwasserschutz.pdf; Stand: 30.09.2025]
- HLNUG – Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2016): Projektbericht des HLNUG für die Arbeitsgruppe beim RP Darmstadt „Kläranlageneinleitungen in oberirdische Gewässer und dadurch bedingte Spurenstoffeinträge in das Grundwasser im Hessischen Ried“. [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/grundwasser/artikel/Projektbericht_Spurenstoffe/Projektbericht_Spurenstoffeintraege_HessRied_30_06_2016_end.pdf; Stand: 30.09.2025]
- HLNUG – Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2020): Veröffentlichung der Messergebnisse auf der Homepage. [<https://www.hlnug.de/themen/wasser/fliessgewaesser/fliessgewaesser-chemie/spurenstoffe/arzneimittel/aktuell>; Stand: 30.09.2025]
- HMLU – Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat (2025): Beseitigung von kommunalen Abwässern in Hessen – Lagebericht 2024. Stand: Juni 2025. Der Bericht wird demnächst unter folgendem Link veröffentlicht: [<https://www.hlnug.de/themen/wasser/berichte/abwasser>; Stand: 30.09.2025]
- HMUELV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2009): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie – Maßnahmenprogramm 2009–2015. [<https://flussgebiete.hessen.de/bewirtschaftungszyklen/1-bewirtschaftungszyklus-2009-2015/massnahmenprogramm-2009-2015>; Stand: 30.09.2025]
- HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2015): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie – Maßnahmenprogramm 2015–2021. [<https://flussgebiete.hessen.de/bewirtschaftungszyklen/2-bewirtschaftungszyklus-2015-2021/massnahmenprogramm-2015-2021>; Stand: 30.09.2025]

- HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2018): Spurenstoffstrategie Hessisches Ried. [https://landwirtschaft.hessen.de/sites/landwirtschaft.hessen.de/files/2021-07/spurenstoffstrategie_hessisches_ried.pdf; Stand: 30.09.2025]
- HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2021a): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen – Maßnahmenprogramm 2021–2027. [<https://flussgebiete.hessen.de/bewirtschaftungszyklen/3-bewirtschaftungszyklus-2021-2027/massnahmenprogramm-2021-2027>; Stand: 30.09.2025]
- HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2021b): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen – Bewirtschaftungsplan 2021–2027. [<https://flussgebiete.hessen.de/bewirtschaftungszyklen/3-bewirtschaftungszyklus-2021-2027/bewirtschaftungsplan-2021-2027>; Stand: 30.09.2025]
- HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2021c): Kooperationsvereinbarung Landwirtschaft und Naturschutz in Hessen 2021. [<https://landwirtschaft.hessen.de/landwirtschaft/kooperationsvereinbarung-landwirtschaft-und-naturschutz>; Stand: 30.09.2025]
- HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2023): Pestizidreduktionsplan Hessen 2023–2030. Stand: März 2023 [https://landwirtschaft.hessen.de/sites/landwirtschaft.hessen.de/files/2023-05/pestizid_reduktionsplan_bf.pdf; Stand: 30.09.2025]
- HWG (2010): Hessisches Wassergesetz (HWG) vom 14. Dezember 2010 (GVBl. I, S. 548), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 28. Juni 2023 (GVBl. S. 473, 475). [<https://www.rv.hessenrecht.hessen.de/bshe/document/jlr-WasGHE2010V9P33/part/X>; Stand: 30.09.2025]
- IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2015): Rheinmessprogramm Chemie 2015–2020. Fachbericht Nr. 222. [https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Fachberichte/DE/rp_De_0222.pdf; Stand: 30.09.2025]
- IndV (2023): Verordnung über das Einleiten von Grundwasser und Abwasser in öffentliche Abwasseranlagen (Indirekteinleiterverordnung – IndV), verkündet als Artikel 1 der Verordnung zur Neufassung und Änderung abwasserrechtlicher Vorschriften vom 20. Juni 2023 (GVBl. S. 484), [<https://www.rv.hessenrecht.hessen.de/bshe/document/jlr-IndEinIVHE-2023pELS/part/X>; Stand: 30.09.2025]
- KomAbw-VO (1996): Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 91/271/EWG des Rates vom 21. Mai 1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser (KomAbw-VO), vom 25. Oktober 1996 (GVBl. I, S. 470), zuletzt geändert durch Verordnung vom 9. November 2016 (GVBl. S. 194). [https://www.rv.hessenrecht.hessen.de/bshe/document/jlr-EWGRL271_91UmsVHEV2P2/part/X; Stand: 30.09.2025]
- KÜMMERER, K., SCHUSTER, A., LÄNGIN, A., HAPPEL, O., THOMA, A., SCHNIEDER, K., HASSAUER, M., GARTISER, S. & HAFNER, C. (2011): Identifizierung und Bewertung ausgewählter Arzneimittel und ihrer Metaboliten (Ab- und Umbauprodukte) im Wasserkreislauf, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau [<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4149.pdf>; Stand: 30.09.2025]
- LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (2016): Bericht zum Kenntnis- und Diskussionsstand betreffend Quecksilberbelastungen in Gewässern und diesbezügliche Relevanz luftbürtiger Quellen; 2. Bericht der Ad-hoc-AG LAWA, LAI, LABO betreffend Hg-Belastungen, August 2016. [https://www.lawa.de/documents/bericht_adhocag_hg_lawa_lai_labo_stand_08_2016_1552298515.pdf; Stand: 30.09.2025]

- LIECHTI, P. (2010): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe. Umwelt-Vollzug Nr. 1005. Bundesamt für Umwelt, Bern. [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/uv-umwelt-vollzug/methoden_zur_untersuchungundbeurteilungderfliessgewaesserchemisc.pdf.download.pdf/methoden_zur_untersuchungundbeurteilungderfliessgewaesserchemisc.pdf]; Stand: 30.09.2025]
- LISS, M., LIEBMAN, L., LÜCK, M., VORMEIER, P., WEISNER, O., FOIT, K., KNILLMANN, S., SCHÄFER, R., SCHULZE, T., KRAUSS, M., BRACK, W., REEMTSMA, T., HALBACH, K., LINK, M., SCHREINER, V. C., SCHNEEWEISS, A., MÖDER, M., WEITERE, M., KASKE, O., VON TÜMLING, W., GUNOLD, R., ULRICH, N., PASCHKE, A., SCHÜÜRMANN, G., SCHMITT JANSEN, M., KÜSTER, E., BORCHARDT, D. (2022): Umsetzung des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP) – Pilotstudie zur Ermittlung der Belastung von Kleingewässern in der Agrarlandschaft mit Pflanzenschutzmittel-Rückständen, Texte | 07/2022, Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. [<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umsetzung-des-nationalen-aktionsplans-zur-1>]; Stand: 30.09.2025]
- OGewV (2016): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV), vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2873). [https://www.gesetze-im-internet.de/ogewv_2016/OGewV.pdf]; Stand: 30.09.2025]
- Richtlinie 91/271/EWG: Richtlinie 91/271/EWG des Rates vom 21. Mai 1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 30.05.1991 (ABl. L 135, 30.05.1991, S.40), zuletzt geändert durch die Richtlinie 2013/64/EU des Rates vom 17. Dezember 2013 (ABl. L 353, 28.12.2013, S. 8). [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:01991L0271-20140101>]; Stand: 30.09.2025]
- Richtlinie 91/676/EWG: Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (Nitratrichtlinie) (ABl. L 375, 31.12.1991, S. 1), geändert durch Verordnung (EG) Nr. 1137/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2008 (ABl. L 311, 21.11.2008, S. 1). [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:01991L0676-20081211>]; Stand: 30.09.2025]
- Richtlinie 2000/60/EG: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 22. Dezember 2000 (ABl. L 327, 20.12.2000, S. 1), zuletzt geändert durch Richtlinie 2014/101/EU der Kommission vom 30. Oktober 2014 (ABl. L 311, 31.10.2014, S. 32). [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02000L0060-20141120&rid=2>]; Stand: 30.09.2025]
- Richtlinie 2006/122/EG: Richtlinie 2006/122/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zur dreißigsten Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (Perfluorooctansulfonate) (ABl. L 372, 27.12.2006, S. 32). [<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:372:0032:0034:de:PDF>]; Stand: 30.09.2025]
- Richtlinie 2013/39/EU: Richtlinie 2013/39/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG (Umweltqualitätsnorm-Richtlinie) in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik (ABl. L 226, 24.08.2013, S. 1). [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0039>]; Stand: 30.09.2025]

Richtlinie 2020/2184: Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Neufassung), Amtsblatt der Europäischen Union (ABl. L 435, 23.12.2020, S.1). [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020L2184>; Stand: 30.09.2025]

Richtlinie (EU) 2024/1785: Richtlinie (EU) 2024/1785 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. April 2024 zur Änderung der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) und der Richtlinie 1999/31/EG des Rates über Abfalldeponien (ABl. L, 2024/1785, 15.7.2024). [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401785; Stand: 30.09.2025]

Richtlinie (EU) 2024/3019: Richtlinie (EU) 2024/3019 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. November 2024 über die Behandlung von kommunalem Abwasser (Neufassung) (ABl. L, 2024/3019, 12.12.2024) [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX:32024L3019>; Stand: 30.09.2025]

SEEL, P., KNEPPER, T. P., GABRIEL, S., WEBER, A. & HABERER, K. (1994): Einträge von Pflanzenschutzmitteln in ein Fließgewässer – Versuch einer Bilanzierung. In: Vom Wasser 83, S. 357–372.

SEEL, P., KNEPPER, T. P., GABRIEL, S., WEBER, A. & HABERER, K. (1996): Kläranlagen als Haupteintragspfad für Pflanzenschutzmittel in ein Fließgewässer: Bilanzierung der Einträge. In: Vom Wasser 86, S. 247–262.

TETZLAFF, B. & TA, P. (2020) Modellierung des Phosphor-Eintrags aus diffusen und punktuellen Quellen in die Oberflächengewässer Hessens; Forschungszentrum Jülich, Institut für Bio- und Geowissenschaften, Jülich. [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/duengeverordnung/Tetzlaff_Modellierung_des_Phosphor-Eintrags_aus_diffusen_und_punktuellen_Quellen_in_die_Oberflaechengewaeser_Hessens.pdf; Stand: 30.09.2025]

UBA – Umweltbundesamt (2016): Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer – Phase 2. Dessau-Roßlau. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/mikroschadstoffen_in_die_gewasser-phase_2.pdf; Stand: 30.09.2025]

UBA – Umweltbundesamt (2018): Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern. Dessau-Roßlau. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_pos_mikroverunreinigung_final_bf.pdf; Stand: 30.09.2025]

UBA – Umweltbundesamt (2021): DDT. [<https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/persistente-organische-schadstoffe-pop/ddt>; Stand: 30.09.2025]

UBA – Umwelt Bundesamt (2023): Stoffeinträge in Gewässer (Internetpräsenz). [<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/fluesse/nutzung-belastungen/stoffeintraege-in-gewaesser#stoffeintrage-in-die-gewasser-notwendige-informationen-fur-die-politik>; Stand: 30.09.2025]

UBA – Umwelt Bundesamt: ETOX Datenbank – Informationssystem Ökotoxikologie und Umweltqualitätsziele. [<https://webetox.uba.de/webETOX/public/search/test/open.do;jsessionid=7DCD1DD49ED1DCD8744D6C1DB9AFBA48>; Stand: 30.09.2025]

UFZ – Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
GmbH: KgM – Kleingewässer Monitoring.
[<https://www.ufz.de/kgm/index.php?de=44480>; Stand: 30.09.2025]

WHG (2009): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz), vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S 2585), zuletzt geändert durch Artikel 7 G v. 22.12.2023 I Nr. 409b [https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/index.html; Stand: 30.09.2025]



Hessisches Landesamt für
Naturschutz, Umwelt und Geologie
Für eine lebenswerte Zukunft

www.hlnug.de



[linkedin.com/
company/hlnug](https://www.linkedin.com/company/hlnug)



[@hlnug_hessen](https://www.instagram.com/hlnug_hessen)