

# Konzeptvorschlag zur Auswahl von kommunalen Kläranlagen für den Ausbau mit einer 4. Reinigungsstufe zum Schutz der hessischen Gewässer

W2

ROLF LEONHARDT

## Hintergrund

Anthropogene Spurenstoffe sind auch in hessischen Oberflächengewässern ubiquitär feststellbar. Da sie nachweislich ökotoxikologische Effekte auf Gewässerorganismen haben können (UBA 2018) und somit die Erreichung des guten ökologischen Zustands/Potenzials und des guten chemischen Zustands gemäß der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erheblich gefährden bzw. verhindern, sind Maßnahmen

zur Verringerung der Spurenstoffkonzentrationen in den Gewässern vorzunehmen. Nicht nur zum Schutz der aquatischen Umwelt, sondern auch aus Vorsorgegründen zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entsprechender Handlungsbedarf gegeben. So finden sich Spurenstoffe bereits im Grund- und Rohwasser zur Trinkwasserversorgung in niedrigen und nicht therapeutischen Dosen (UBA 2016).

## Notwendigkeit der 4. Reinigungsstufe

Neben quellen- und anwendungsorientierten Maßnahmen zur Verringerung von Spurenstoffemissionen existieren mehrere nachgeschaltete Möglichkeiten, von denen im vorliegenden Konzeptentwurf auf den Ausbau von kommunalen Kläranlagen mit einer weiteren Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination eingegangen wird.

Das Verhindern eines Eintrags an der Quelle (beim Produzenten) sowie in der Anwendung (durch den Nutzer) wäre zwar am effizientesten, um bereits die Immissionen in den Wasserkreislauf zu unterbinden, jedoch kann aus verschiedenen Gründen auf weitergehende Reinigungsstufen bei ausgewählten kommunalen Kläranlagen nicht verzichtet werden. Zum einen ist bspw. nicht absehbar, dass gewässerrelevante Medikamentenwirkstoffe in Zukunft durch nachhaltige und ökologisch verträglichere Wirkstoffe substituiert werden und zum anderen ist aufgrund des demografischen Wandels in Mitteleuropa künftig ein weiter steigender Verbrauch von Pharmazeutika anzunehmen. So prognostiziert der Bundesverband der

Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW) für das Jahr 2045 im Vergleich zum Jahr 2015 ein Wachstum des rezeptpflichtigen Humanarzneimittelverbrauchs um etwa 40–70 Prozent (BDEW 2017). Sofern also keine wirksamen Gegenmaßnahmen erfolgen, werden folglich auch die Arzneimittelbelastungen in den Gewässern zwangsläufig ansteigen.

In Folge des anthropogenen Klimawandels und dem dadurch bedingten häufiger auftretenden Trockenwetterabfluss werden diese Belastungen aufgrund des höheren Abwasseranteils in den Fließgewässern und der damit verbundenen Aufkonzentration von Spurenstoffen zusätzlich erhöht. Durch den Klimawandel verursachte sinkende Grundwasserstände können zudem eine erhöhte Infiltration von belastetem Oberflächenwasser in das Grundwasser zur Folge haben, sodass Spurenstoffe vermehrt die für die Trinkwasseraufbereitung bedeutsame Grundwasserbeschaffenheit beeinträchtigen (UHL et al. 2022). Auch vor diesem Hintergrund sind saubere Oberflächengewässer somit von immenser Bedeutung.

Für eine 4. Reinigungsstufe bei ausgewählten Kläranlagen sprechen weiterhin die folgenden Punkte (nicht abschließend):

- Aufgrund der Breitbandwirkung wird eine große Anzahl von Stoffen gut bis vollständig eliminiert.
  - Es werden auch Substanzen eliminiert, die derzeit nicht bekannt sind oder nicht gemessen werden.
  - Die ökotoxikologischen Effekte einiger Substanzen auf die aquatische Umwelt sind nicht oder nur unzureichend bekannt, sodass das Vorsorgeprinzip gelten muss.
  - Der gemäß der WRRL unzureichende ökologische und nicht gute chemische Zustand vieler Oberflächenwasserkörper erfordert eine konsequente Umsetzung effizienter Maßnahmen.
- Auch Trinkwasserversorger profitieren von der 4. Reinigungsstufe, da sie ansonsten selbst vermehrt in moderne Technologien zur Spurenstoffelimination investieren müssen.
  - Je nach Verfahren werden Synergieeffekte zur Reduktion weiterer gewässerrelevanter Parameter erzielt, zum Beispiel bezüglich Phosphor, Mikroplastik, antibiotikaresistenter Keime oder Viren.
  - Diverse Erfahrungswerte und Referenzen zu unterschiedlichen Verfahren liegen bereits in anderen Bundesländern und Staaten vor und beweisen die Eignung zur Verbesserung der Gewässerqualität.

## Gesetzliche Vorgaben

Bislang existieren in Deutschland keine gesetzlichen Vorgaben, die eine 4. Reinigungsstufe zur gezielten Spurenstoffentfernung an Kläranlagen vorschreiben. Jedoch bestehen auf verschiedenen Ebenen Konzepte und Richtlinien, bei denen für die Erreichung der Ziele eine 4. Reinigungsstufe erforderlich ist. In Oberflächengewässern überschreiten einige Spurenstoffe die Konzentrationen der in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) gesetzlich vorgeschriebenen Umweltqualitätsnormen (UQN) bzw. deren Vorschläge. So wird beispielsweise die im Entwurf der neuen UQN-Richtlinie festgelegte UQN von 0,04 Mikrogramm pro Liter für das Analgetikum Diclofenac an einem Großteil der hessischen Oberflächenwassermessstellen teilweise um ein Vielfaches überschritten (HLNUG 2020). Durch die erwiesene stoffliche Verbesserung der Gewässerqualität mithilfe von 4. Reinigungsstufen würde somit ein wichtiger Beitrag zur Erreichung der Zielvorgaben der WRRL geleistet.

Das Umweltbundesamt fordert in seinem Positionspapier „Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern – Vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge“ (2015) „die Fortschreibung des Standes der Technik bei der Abwasserbehandlung und die Einführung weitergehender Abwasserbehandlungs-

verfahren (4. Reinigungsstufe) in den kommunalen Kläranlagen der Größenklasse 5 sowie kleinerer Kläranlagen, die in sensitive Gewässer einleiten“ (UBA 2015a). Zudem empfiehlt das Umweltbundesamt in „Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern“ (2018) den Ausbau der bundesweit 230 Kläranlagen der Größenklasse (GK) 5 (> 100 000 Einwohnerwerte (EW)), die insgesamt etwa 50 Prozent der Jahresabwassermenge (JAM) in Deutschland behandeln (UBA 2018).

Während der European Green Deal der Europäischen Kommission vom 11.12.2019 im Null-Schadstoff-Ziel für eine schadstofffreie Umwelt vorsieht, dass bis zum Jahr 2050 die Spurenstoffemissionen erheblich reduziert werden müssen (Europäische Kommission 2021), wurde auf der 16. Rheinministerkonferenz am 13.02.2020 in Amsterdam beschlossen, „die Einträge von Mikroverunreinigungen in die Gewässer aus den kommunalen Abwassersammel- und Behandlungssystemen, Industrie und Gewerbe sowie Landwirtschaft“ bis zum Jahr 2040 im Vergleich zum Zeitraum 2016–2018 insgesamt um mindestens 30 Prozent zu reduzieren – „konsistent mit einer längerfristigen Ambition, die Verschmutzung im gesamten Rheineinzugsgebiet weiter zu verringern“ (Programm „Rhein 2040“; IKS 2020).

Aus dem Aktionsprogramm Wasser der Nationalen Wasserstrategie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) vom Juni 2021 geht als Maßnahme ebenfalls hervor, dass mehr Kläranlagen mit einer 4. Reinigungsstufe nachgerüstet werden sollen (BMU 2021).

Auch in Bezug auf die Erreichung der Ziele der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) ist eine Verringerung der Einträge von persistenten und mobilen Schadstoffen aus kommunalen Kläranlagen anzustreben, da diese mitverantwortlich für den unzureichenden Umweltzustand der deutschen Nord- und Ostseegebiete sind (UBA 2015a). Diese Bedeutung wird ebenfalls durch den Leitsatz 21 „Den Schutz der Meere starten wir bereits in Hessen“ im Leitbild der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Hessen vom 16.08.2020 hervorgehoben. Leitsatz 16 lautet „Unser Grundwasser ist frisch und sauber“ (HMUKLV 2020) – für dieses Ziel sind ebenfalls weniger Spurenstoffeinträge erforderlich.

Mit der derzeitigen Novellierung der EU-Kommunalabwasserrichtlinie werden bereits konkrete An-

forderungen und Vorgaben zur weitergehenden Reinigung an kommunalen Kläranlagen erwartet, die anschließend in nationales Recht umgesetzt werden müssen (Gwf Wasser/Abwasser (2022)).

Die verschiedenen genannten Strategien und Programme verdeutlichen, dass zur Erreichung der genannten Ziele Handlungsbedarf besteht und die Notwendigkeit von nachgeschalteten Maßnahmen, insbesondere dem Ausbau ausgewählter kommunaler Kläranlagen mit 4. Reinigungsstufen zur Spurenstoffelimination, gegeben ist. Zugleich wird es hierzu in Zukunft voraussichtlich konkrete Vorgaben geben.

Aus diesen Gründen stellt die Implementierung von weitergehenden Reinigungsstufen an ausgewählten kommunalen Kläranlagen in der Spurenstoffstrategie Hessisches Ried, die zum Ziel hat, die Spurenstoffeinträge in die Gewässer des Hessischen Rieds anhand von quellen- und anwendungsorientierten sowie nachgeschalteten Maßnahmen zu verringern, eine von sechs Kernmaßnahmen dar (HMUKLV 2018).

## Verfahren der 4. Reinigungsstufe

Zur Entfernung von Spurenstoffen in kommunalen Kläranlagen existieren verschiedene Verfahren, die sich in anderen Bundesländern (insbesondere in Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen) sowie der Schweiz bereits bewährt haben. Im Allgemeinen wird zwischen adsorptiven, oxidativen und physikalischen Verfahren unterschieden. Einen Überblick über die derzeit verfügbaren Verfahren zur Entfernung von Spurenstoffen aus dem Abwasser gibt schematisch die Abbildung 1. Die grün dargestellten Verfahren sind dabei bereits großtechnisch umgesetzt worden – auch Verfahrenskombinationen finden in der Praxis Anwendung (TRIEBSKORN 2017).

Mit adsorptiven Verfahren werden die aus dem Abwasser zu entfernenden Substanzen an die Oberfläche eines Festkörpers (Adsorbens) angelagert. Als Adsorbens kommt dabei Aktivkohle zum Einsatz, da sie eine sehr hohe spezifische Oberfläche aufweist, wodurch Spurenstoffe gut daran adsorbieren können. Es kann sowohl Pulveraktivkohle (PAK – gemahlene Kohle) als auch granuliert Aktivkohle (GAK – gebro-

chene Kohle) eingesetzt werden. Nach Beladung der Aktivkohle mit den Substanzen muss sie entweder reaktiviert oder ausgetauscht/erneuert werden, damit eine kontinuierliche Entfernung der Spurenstoffe sichergestellt wird (Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW 2018a).

Bei oxidativen Verfahren werden die Spurenstoffe mithilfe eines Oxidationsmittels (zumeist Ozon) chemisch verändert. Durch die Oxidation entstehen neue Substanzen und Transformationsprodukte mit anderen Eigenschaften und möglicherweise anderen toxikologischen Wirkungen. Die Spurenstoffe sollen bei der Ozonung soweit verändert werden, dass die entstandenen Produkte keine umweltschädlichen Wirkungen mehr aufweisen. Da die (ökotoxikologischen) Eigenschaften der neu entstandenen Substanzen jedoch oft nicht vollends bekannt sind, wird nach oxidativen Verfahren eine nachgeschaltete, biologisch aktive Stufe empfohlen, sodass Transformationsprodukte ebenso eliminiert werden (Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW 2018b).

Physikalische Verfahren, zu denen Membranverfahren wie die Ultra- oder Nanofiltration oder die Umkehrosmose zählen, haben sich bisher insbesondere aus Kostengründen (hoher Energieverbrauch) noch nicht in der Praxis der kommunalen Abwasserreinigung durchgesetzt. Jedoch wird hier, ebenso wie bei den Advanced Oxidation Processes (AOP), bei denen neben Ozon bspw. Ultraviolettstrahlung oder Wasserstoffperoxid

eingesetzt wird, derzeit intensiv geforscht (SEKIN 2016).

Die Verfahren bzw. Verfahrenskombinationen besitzen jeweils unterschiedliche Vor- und Nachteile und werden – zumeist im Rahmen einer Machbarkeitsstudie – je nach lokaler Gegebenheit, Abwasserbeschaffenheit, Zielsetzung und weiteren Faktoren ausgewählt.

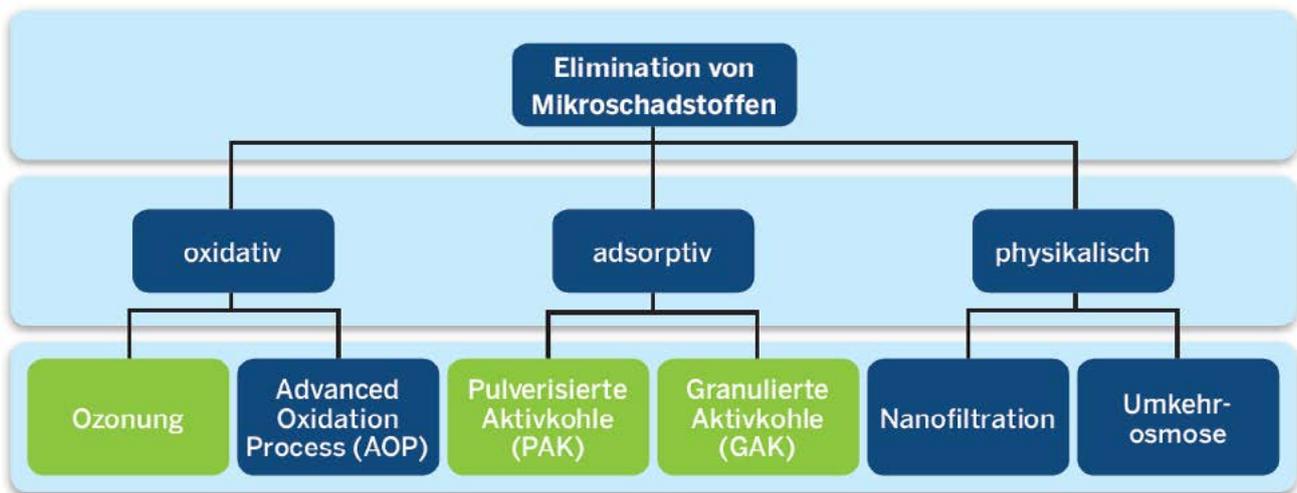


Abb. 1: Verfahren zur Spurenstoffelimination (Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW 2018a)

## Eliminationsleistungen

Die Eliminationsleistungen bezüglich der anthropogenen Spurenstoffe sind bei der 4. Reinigungsstufe in Kläranlagen unterschiedlich hoch, da die unterschiedlichen Verfahren der Spurenstoffelimination jeweils unterschiedlich effizient wirken und jede Substanz andere Eigenschaften aufweist. Im Allgemeinen werden mithilfe einer 4. Reinigungsstufe jedoch deutliche Verbesserungen für den Eintrag von Spurenstoffen in die Gewässer erzielt. Dieses wird in Abbildung 2 deutlich, in der die Eliminationsleistungen von fünf Kläranlagen vor und nach Erweiterung einer Adsorptionsstufe mit Pulveraktivkohle dargestellt sind. Es zeigt sich, dass nach dem Ausbau etwa 60 Prozent von 47 untersuchten Spurenstoffen mindestens zu 80 Prozent entfernt werden konnten, während vor dem Ausbau nur zirka 25 Prozent zu 80 Prozent eliminiert wer-

den konnten. Gleichzeitig ist der Anteil der schlecht entfernbaren Spurenstoffe nach dem Ausbau stark gesunken. Vergleichbare Ergebnisse wurden auch

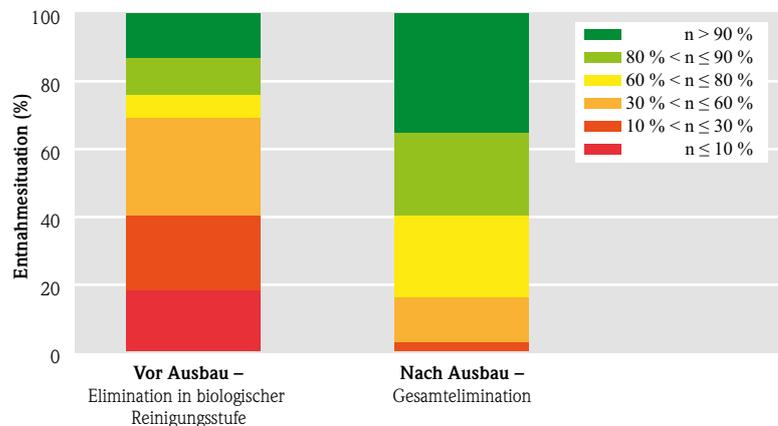


Abb. 2: Eliminationsleistungen von fünf Kläranlagen vor und nach Erweiterung um das sogenannte „Ulmer Verfahren“ (Adsorptionsstufe mit PAK) (RÖSLER und LAUNAY 2019)

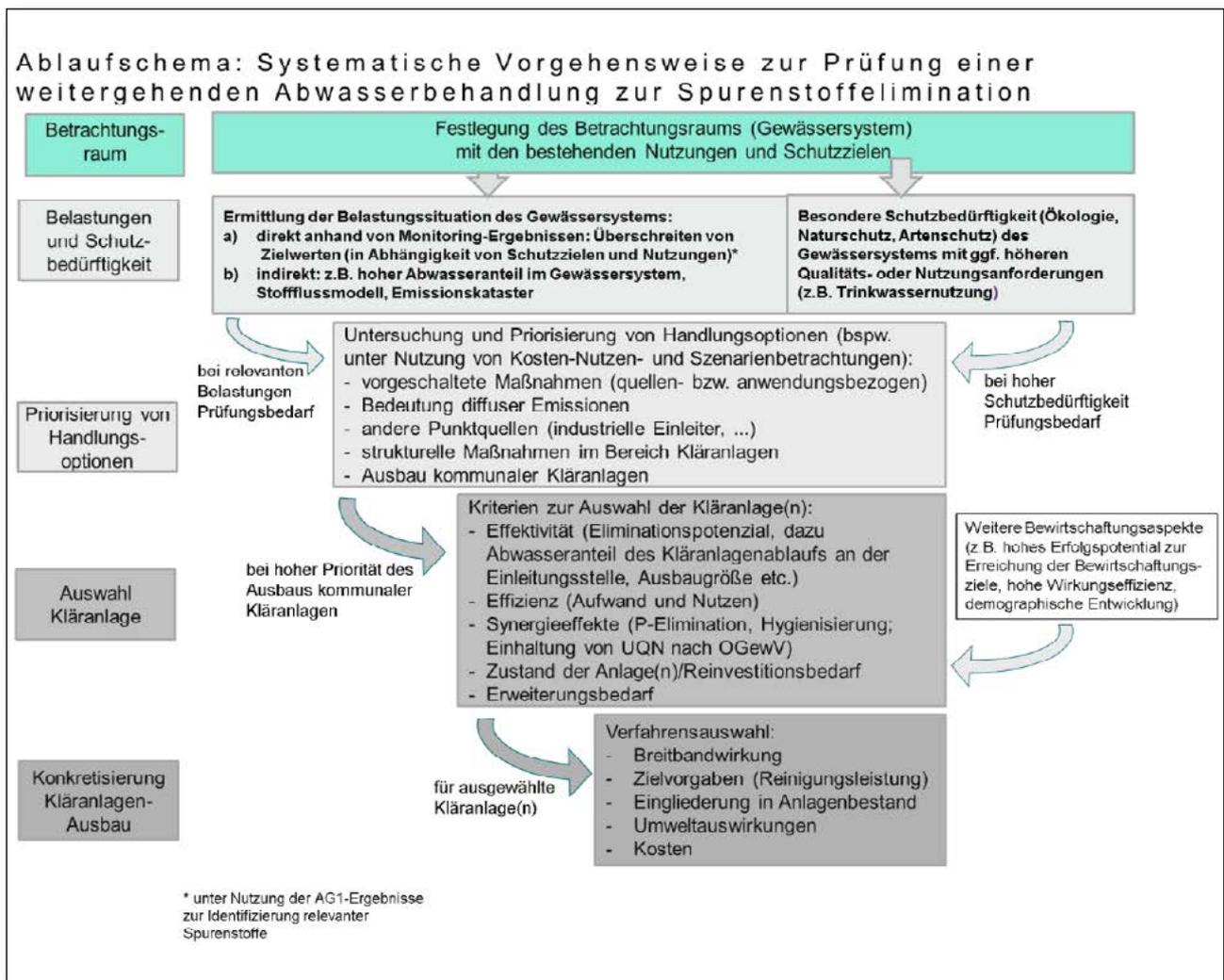
unter dem Einsatz von granulierter Aktivkohle zur Spurenstoffelimination erzielt, wie Pilotprojekte an der Kläranlage Langen im Hessischen Ried zeigten.

Kläranlagen, die eine Ozonung als 4. Reinigungsstufe betreiben, erzielen ebenfalls Eliminationsraten von im Mittel über 80 Prozent (VSA 2019).

## Orientierungsrahmen zur weitergehenden Abwasserbehandlung

Vom BMU wurde im Rahmen der Erarbeitung der Spurenstoffstrategie des Bundes ein Ablaufschema zur „systematischen Vorgehensweise zur Prüfung einer weitergehenden Abwasserbehandlung zur Spu-

renstoffelimination“ entwickelt (Abbildung 3), das als Orientierungsrahmen dienen und von den Bundesländern konkretisiert und umgesetzt werden soll (BMU 2019).



**Abb. 3:** Ablaufschema – systematische Vorgehensweise zur Prüfung einer weitergehenden Abwasserbehandlung zur Spurenstoffreduktion (BMU 2019)

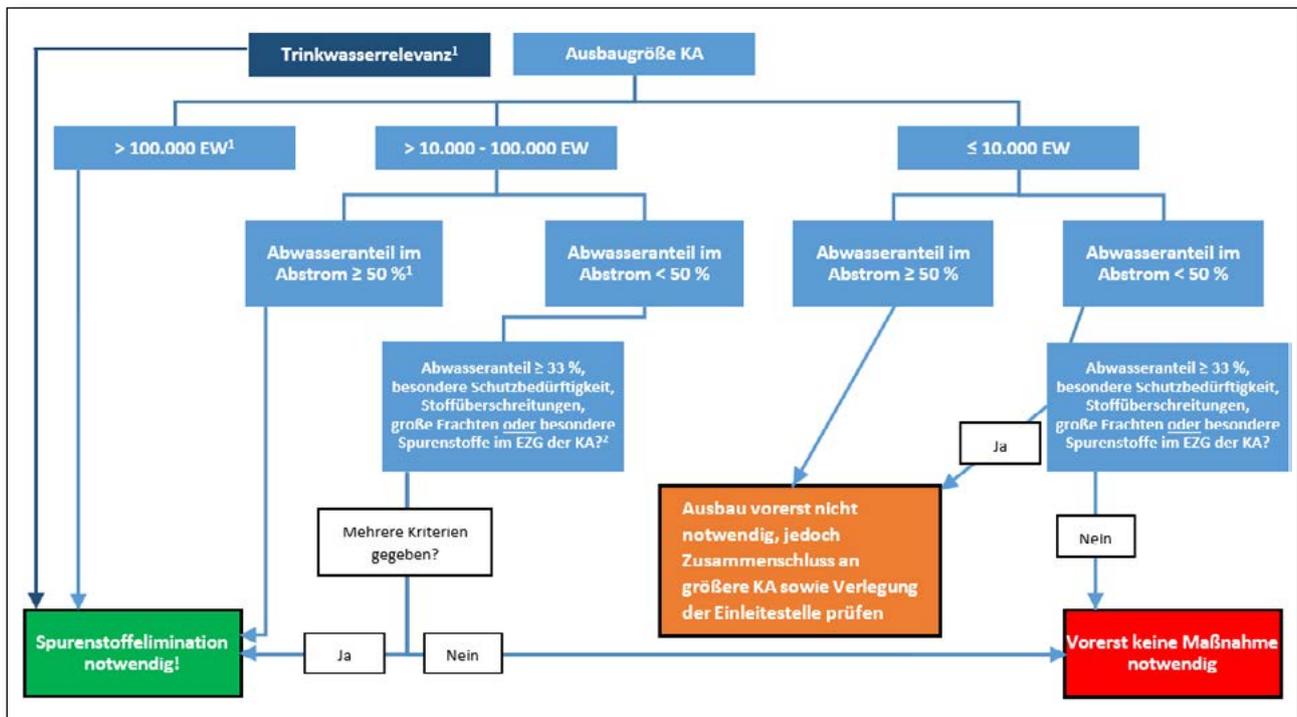
## Vorschlag zur Anwendung des Orientierungsrahmens in Hessen

Auf der Grundlage des Orientierungsrahmens des BMU wurden vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) Überlegungen vorgenommen, wie ein Konzept zur Auswahl von kommunalen Kläranlagen für den Ausbau mit einer 4. Reinigungsstufe zum Schutz der hessischen Gewässer aussehen könnte (Abbildung 4). Bei der Erstellung des Konzeptvorschlages wurden die bereits existierenden Vorgehensweisen und Erfahrungen in anderen Bundesländern genutzt.

Im Folgenden wird der Vorschlag zur Entscheidungshilfe näher erläutert:

Generell wird in primäre und sekundäre Kriterien unterschieden. Während beim Vorhandensein mindestens **eines primären** Kriteriums ein Ausbau mit einer Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination erforderlich ist, müssen mindestens **zwei sekundäre** Kriterien vorhanden sein, damit eine Spurenstoffelimination notwendig wird.

Zunächst erfolgt eine Beurteilung der Trinkwasserrelevanz, die ein primäres Kriterium bildet, sodass beim Vorhandensein einer Trinkwasserrelevanz unabhängig von der Ausbaugröße der Kläranlage eine Spurenstoffelimination notwendig wird. Eine Trinkwasserrelevanz ist gegeben, wenn in dem durch eine Trinkwassergewinnungsanlage geförderten Grundwasser Spurenstoffe gefunden werden, die auf Abwasser zurückzuführen sind und durch eine oder mehrere Kläranlagen in ein Oberflächengewässer eingeleitet werden, aus dem Wasser in den Untergrund und damit das Grundwasser infiltriert. Zusätzlich ist als Hilfskriterium eine Trinkwasserrelevanz gegeben, wenn die Einleitstelle der Kläranlage in einem Wasserschutzgebiet (Trinkwasserschutzgebiet oder qualitativer Teil eines Heilquellenschutzgebietes) liegt oder die Entfernung von der Einleitstelle der Kläranlage zu einer flussabwärts gelegenen Gewinnungsanlage weniger als 10 km beträgt (MKULNV NRW 2012).



**Abb. 4:** Vorschlag für eine Entscheidungshilfe zur Ermittlung der Notwendigkeit einer Spurenstoffelimination an kommunalen Kläranlagen in Hessen.

<sup>1</sup> Primäres Kriterium, das einen Ausbau erfordert.

<sup>2</sup> Sekundäre Kriterien, die einen Ausbau erfordern, sofern mehrere Kriterien gegeben sind.

Sofern keine Trinkwasserrelevanz des Vorfluters vorliegt, wird eine Unterteilung der Kläranlagen nach Ausbaugrößen (Größenklassen) vorgenommen.

Damit die hohen Frachten, die von größeren Kläranlagen ausgehen, Berücksichtigung finden, sollten generell alle Kläranlagen über 100 000 EW (GK 5) mit einer Spurenstoffelimination ausgebaut werden (emissionsbasierter Ansatz). Das sind im Land Hessen derzeit 10 Kläranlagen, die mit einer Gesamtschmutzfracht von 3 665 000 EW bereits 35,2 Prozent des gesamten kommunalen Abwassers in Hessen klären. Die GK 5 bildet somit ein primäres Kriterium, das einen Ausbau erforderlich macht.

Bei Kläranlagen bis 100 000 EW werden die Abwasseranteile nach der Einleitstelle im Abstrom des Gewässers, in das eingeleitet wird, in die Entscheidung einbezogen, da der Abwasseranteil in der Regel mit der Belastung von Spurenstoffen korreliert. Der Abwasseranteil dient zur Priorisierung und Identifizierung von Schwerpunkten nach heutigen Erkenntnissen (BMU 2019). So sollen Kläranlagen über 10 000 EW bis 100 000 EW (GK 4) bei einem Abwasseranteil von mindestens 50 Prozent im Abstrom des Gewässers ebenfalls mit einer 4. Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination ausgebaut werden (immissionsbasierter Ansatz). Der maßgebende Abwasseranteil wird dabei aus dem Quotienten der Jahresabwassermenge (JAM) der jeweiligen Kläranlage und dem mittleren Niedrigwasserabfluss des Gewässers (MNQ) errechnet (JAM/MNQ). Hierbei ist der MNQ dem mittleren Abfluss (MQ) vorzuziehen, da dieser Wert als weniger schwankend gilt und realitätsnäher die tatsächliche Abflusssituation im Fließgewässer widerspiegelt. Zudem sollte mit niedrigen Abflüssen gerechnet werden, um zum einen höhere Abwasseranteile zu berücksichtigen und zum anderen auch den im Zuge des Klimawandels häufiger auftretenden Niedrigwasser- und Trockenwetterperioden gerecht zu werden. Einen allgemeingültigen Ansatz zur Herleitung eines entscheidungsrelevanten Abwasseranteils in einem Gewässersystem sowie an der jeweiligen Einleitungsstelle gibt es derzeit nicht (BMU 2019).

Bei Kläranlagen der GK 4 zählt somit auch ein entsprechender Abwasseranteil im Vorfluter von mindestens 50 Prozent als primäres Kriterium, das eine Implementierung der 4. Reinigungsstufe erfordert.

Wenn der Abwasseranteil im Vorfluter der Kläranlagen der GK 4 bei weniger als 50 Prozent liegt, müssen verschiedene sekundäre Kriterien überprüft werden, anhand derer festgelegt werden soll, ob auch hier ein Ausbau der Kläranlage erforderlich ist. Sofern **mehrere** (mindestens zwei) der folgenden sekundären Kriterien zutreffen, ist ein Ausbau anzustreben:

- Abwasseranteil von mindestens 33 Prozent im Abstrom des Vorfluters (KomS BW 2020)
- besondere Schutzbedürftigkeit des Gewässers:
  - Diese ist vorhanden, wenn das Gewässer innerhalb oder unmittelbar oberhalb eines Natura 2000 oder Naturschutzgebiets liegt – insbesondere dann, wenn relevante wassergebundene Arten oder Lebensraumtypen vorkommen (BMU 2019).
  - Auch die Lage einer Kläranlagen-Einleitstelle im quantitativen Teil eines Heilquellenschutzgebietes führt zu einer besonderen Schutzbedürftigkeit des Gewässers.
  - Ebenso stellen besondere Nutzungsanforderungen wie zum Beispiel Fischerei oder Brauchwassernutzung (aus dem Gewässer) eine Schutzbedürftigkeit des Gewässers dar (BMU 2019).
- Überschreitungen der PNEC (predicted no effect concentration = vorausgesagte höchste Konzentration, bis zu der kein Effekt auftritt) oder der UQN gemäß OGeWV (2016) unter Berücksichtigung des Entwurfs der neuen UQN-Richtlinie im Einleitengewässer des Oberflächenwasserkörpers. Hierbei ist zu prüfen, inwiefern die Stoffe mit entsprechenden Überschreitungen mit einer 4. Reinigungsstufe eliminierbar sind.
- Große Frachten oder besondere Spurenstoffe im Einzugsgebiet der Kläranlage:
  - große Frachten: Sofern durch Infrastruktureinrichtungen oder Industrie-/ Gewerbegebiete große Frachten an Spurenstoffen in die Kläranlage bzw. die Gewässer emittiert werden, sollte dies ebenfalls ein Kriterium darstellen (KomS BW 2020).
  - besondere Spurenstoffe: Sofern Indirekteinleiter im Einzugsgebiet der Kläranlage existieren, deren Abwasser durch Spurenstoffe besonders

belastet ist, kann dies ein weiterer Grund für den Kläranlagenausbau mit einer Spurenstoffelimination sein. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn zum Beispiel mehrere Indirekteinleiter eine besondere Belastung mit Spurenstoffen verursachen. Zu betrachtende Indirekteinleiter können zum Beispiel medizinische Einrichtungen (Krankenhäuser, Arztpraxen etc.), Unternehmen der chemischen Industrie, metallverarbeitende Betriebe oder auch Textilveredelungsbetriebe sein (KomS BW 2020).

Wenn keines oder nur eines dieser Kriterien bei den Kläranlagen der GK 4 zutrifft, ist ein Ausbau vorerst nicht notwendig, kann aber dennoch durchgeführt werden, da jede Verringerung der Spurenstoffimmissionen in die Gewässer im Sinne des Gewässerschutzes begrüßenswert ist.

Insbesondere in der GK 4 sind detaillierte Einzelfallbetrachtungen unter Berücksichtigung von lokalen Gegebenheiten sinnvoll, da diese GK weder die sehr großen Kläranlagen, die in jedem Fall ausgebaut werden sollten, noch die kleineren Kläranlagen umfasst.

Bei Kläranlagen mit maximal 10 000 EW ist ein Ausbau aus Effizienzgründen und schlechterem Kosten-Nutzen-Verhältnis in der Regel **vorerst** nicht erforderlich, sofern keine Trinkwasserrelevanz gegeben ist. Jedoch sollte in den GK 1–3 (< 1 000–10 000 EW) sowohl bei einem Abwasseranteil von min-

destens 50 Prozent im Vorfluter als auch beim Vorkommen von mindestens einem der oben gelisteten Kriterien geprüft werden, ob als nachgeschaltete Maßnahme entweder ein Zusammenschluss der Kläranlage an eine größere Kläranlage, die mit einer Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination ausgestattet ist bzw. ausgebaut wird, möglich oder eine Verlegung der Einleitstelle in einen weniger sensitiven Vorfluter zielführend ist.

Sofern der Abwasseranteil im Vorfluter der Kläranlagen der GK 1–3 unter 50 Prozent beträgt und keines der entsprechenden Kriterien gegeben ist, sind vorerst keine nachgeschalteten Maßnahmen zur Verringerung von Spurenstoffeinträgen anzustreben.

In besonderen Einzelfällen (neben der Trinkwasserrelevanz bspw. die Einleitung in ein besonders sensibles bzw. schützenswertes Gewässer) kann jedoch auch in der GK 3 (5 001–10 000 EW) ein Ausbau sinnvoll sein und ist dementsprechend nicht auszuschließen.

Aus dem Rhein und dem Main wird Oberflächenwasser entnommen, um es zur Trink- und Brauchwassernutzung mehr oder weniger aufbereitet in den Untergrund zu infiltrieren. Somit kann ein weiteres, in der Entscheidungshilfe nicht aufgeführtes Kriterium die Lage einer Kläranlagen-Einleitstelle oder die Mündung eines mit Abwasser belasteten Vorfluters vor einer solchen Entnahmestelle sein.

## Hinweise & Diskussionspunkte

Grundsätzlich ist es wichtig zu betonen, dass es sich bei diesem Konzept um einen Vorschlag handelt, wie eine Auswahl von kommunalen Kläranlagen für den Ausbau mit einer 4. Reinigungsstufe vorgenommen werden könnte. Generell wird darauf hingewiesen, dass diese Anleitung als Hilfestellung bei der Auswahl dienen soll, Einzelfallbetrachtungen – insbesondere in der GK 4 (>10 000–100 000 EW) – sind jedoch sinnvoll und zu empfehlen.

Zu den unterschiedlichen genannten Kriterien zur Auswahl gibt es tieferegehende

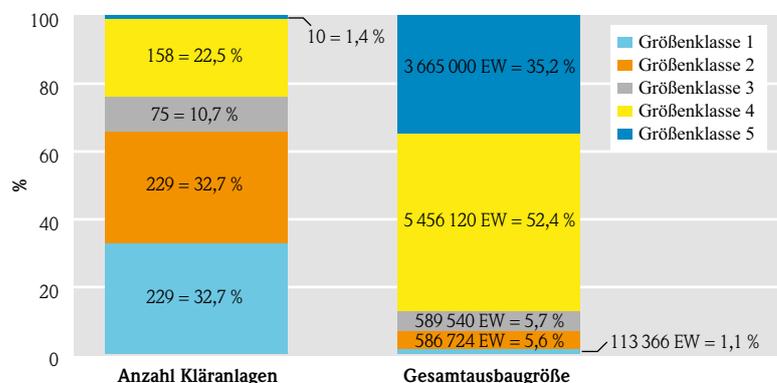


Abb. 5: Verhältnis der Anzahl der kommunalen Kläranlagen in Hessen zur Gesamtausbaugröße (Stand: 01.11.2022)

Hinweise und konkrete Diskussionspunkte, auf die an dieser Stelle jedoch nicht im Detail eingegangen werden kann.

Die Bedeutung der großen Kläranlagen zur notwendigen Frachtreduzierung ist jedoch hervorzuheben, denn die 168 Kläranlagen der GK 4 und 5 (Ausbaugröße größer 10 000 EW) decken bereits 87,6 Prozent der Gesamtausbaugröße der 701 hessischen kommunalen Kläranlagen ab (Abbildung 5). Daraus ergibt sich, dass die technische Ausstattung bzw. die Reinigungsleistung dieser 168 Kläranlagen von besonderer Bedeutung sind (HMUKLV 2021). Alleine die größte

hessische Kläranlage (Frankfurt am Main/Niederrad/Griesheim) mit 1 350 000 EW reinigt zirka 13 Prozent des gesamten kommunalen Abwassers Hessens. Zudem sind aufgrund von Kostendegression und der Komplexität der Verfahren die Kläranlagen der GK 4 und 5 zu bevorzugen – ebenso ist die Akzeptanz für einen Ausbau bei Betreibern und Kommunen in der Regel bei größeren Kläranlagen höher. Zur Förderung der Akzeptanz ist es allgemein sinnvoll, über die Zielsetzung und die Wirkungen einer weitergehenden Abwasserreinigung und den damit verbundenen finanziellen Aufwand zu informieren (BMU 2019).

## Fazit & Ausblick

Die Bedeutung der Erweiterung kommunaler Kläranlagen mit einer weiteren Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination ist in der Fachwelt unumstritten, um die aquatische Umwelt sowie die Grundwasserressourcen vor Spurenstoffbelastungen zu schützen und den guten chemischen und ökologischen Zustand in den Oberflächengewässern gemäß der WRRL zu erreichen.

Bei der Auswahl kommunaler Kläranlagen für den Bau einer 4. Reinigungsstufe bedarf es einer nachvollziehbaren Vorgehensweise – der Orientierungsrahmen der Spurenstoffstrategie des Bundes liefert die dafür notwendigen Rahmenbedingungen. Mit dem vorliegenden Vorschlag zur Anwendung des Orientierungsrahmens in Hessen kann in Abstimmung mit dem HMUKLV basierend auf den beim HLNUG vorliegenden Daten eine Auswahl von kommunalen Kläranlagen getroffen werden, die mittelfristig eine 4. Reinigungsstufe erhalten sollten.

Nach derzeitigem Stand werden durch das Land Hessen insgesamt sieben Kläranlagen im besonders sensiblen Hessischen Ried für den Ausbau mit einer 4. Reinigungsstufe finanziell gefördert.

Zugleich haben bereits über 30 Kläranlagenbetreiber in Hessen Überlegungen, Voruntersuchungen oder Machbarkeitsstudien im Hinblick auf eine 4. Reinigungsstufe durchgeführt. Während das Interesse und der Wille am Ausbau zumeist vorhanden sind, scheitert dieser jedoch aktuell häufig an fehlenden finan-

ziellen Mitteln der Kommunen. Daher erscheint die Schaffung eines weitergehenden finanziellen Anreizsystems erforderlich, sodass die Kommunen die notwendige Unterstützung erhalten.

Durch die derzeitige Novellierung der EU-Kommunalabwasserrichtlinie könnten sich zum einen bezüglich der Implementierung von 4. Reinigungsstufen an ausgewählten kommunalen Kläranlagen sowie deren Verfahrensüberwachung und zum anderen auch im Hinblick auf die Finanzierung entsprechender Maßnahmen (gegebenenfalls verursachergerechte Finanzierung durch erweiterte Herstellerverantwortung) bereits konkrete Anforderungen und Vorgaben ergeben, die anschließend rechtlich umgesetzt werden müssen. So sieht der aktuelle Entwurf der Europäischen Kommission vom 26.10.2022 vor, dass Kläranlagen mit mindestens 100 000 EW bis spätestens zum Jahr 2035 eine 4. Reinigungsstufe erhalten sollen – Kläranlagen zwischen 10 000 EW und 100 000 EW sollen bis zum Jahr 2040 ihr Abwasser weitergehend behandeln, sofern deren Spurenstoffemissionen ein Risiko für die Umwelt oder die menschliche Gesundheit darstellen. Somit ist der vorliegende Konzeptvorschlag konform mit dem Entwurf der Europäischen Kommission, die sowohl einen vorsorgenden als auch einen risikobasierten Ansatz empfiehlt (Europäische Kommission 2022).

Da die ersten kommunalen Kläranlagen Hessens ihre 4. Reinigungsstufe in diesem Jahr in Betrieb nehmen werden (Kläranlage Mörfelden-Walldorf

und Kläranlage Bickenbach), sind für deren Verfahrensüberwachung weiterhin plausible Vorgaben (Auswahl von Leitparametern, anhand derer eine Funktionskontrolle erfolgt) entsprechend der neuen EU-Kommunalabwasserrichtlinie dringend zu erarbeiten und mit den betroffenen Akteuren zu kommunizieren.

Der schrittweise Ausbau von ausgewählten hessischen Kläranlagen mit der 4. Reinigungsstufe wird durch das HLNUG als technisch-wissenschaftliche Fachbehörde insbesondere durch seine Beratungs-

funktion unterstützt und wissenschaftlich begleitet. So wird das HLNUG mit der Inbetriebnahme der ersten 4. Reinigungsstufen in diesem Jahr Evaluierungen bezüglich der Funktionstüchtigkeit (Reinigungsleistung, Verfahrensvergleiche, Kosten etc.) sowie der ökologischen und chemischen Auswirkungen auf die Fließgewässerbeschaffenheit der entsprechenden Vorfluter vornehmen. Weiterhin werden entsprechende Daten zu den in Hessen installierten 4. Reinigungsstufen zentral gesammelt, ausgewertet und für den fortschreitenden Ausbau nutzbar gemacht.

## Literaturverzeichnis

BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.) (2017): Arzneimittelverbrauch im Spannungsfeld des demografischen Wandels – Die Bedeutung des wachsenden Medikamentenkonsums in Deutschland für die Rohwasserressourcen. Berlin. [[https://civity.de/asset/de/sites/3/2018/05/arzneimittelstudie\\_final\\_20171218.pdf](https://civity.de/asset/de/sites/3/2018/05/arzneimittelstudie_final_20171218.pdf); Stand: 02.11.2022]

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz) (2019): Ergebnisse der Phase 2 des Stakeholder-Dialogs „Spurenstoffstrategie des Bundes“ zur Umsetzung von Maßnahmen für die Reduktion von Spurenstoffeinträgen in die Gewässer. Bonn. [[https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Binnengewasser/ergebnispapier\\_stakeholder\\_dialog\\_phase2\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/ergebnispapier_stakeholder_dialog_phase2_bf.pdf); Stand: 02.11.2022]

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz) (2021): Nationale Wasserstrategie. Bonn. [[https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Binnengewasser/langfassung\\_wasserstrategie\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/langfassung_wasserstrategie_bf.pdf); Stand: 02.11.2022]

BUND (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland – BUND e.V.) (2017): Mikroschadstoffstrategie – Standpunkt BUND. Berlin. [[https://www.bund.net/fileadmin/user\\_upload\\_bund/publikationen/fluesse/fluesse\\_mikroschadstoffe\\_standpunkt.pdf](https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/fluesse/fluesse_mikroschadstoffe_standpunkt.pdf); Stand: 02.11.2022]

Europäische Kommission (2021): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen – Auf dem Weg zu einem gesunden Planeten für alle. EU-Aktionsplan: „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser, Boden“. Brüssel. [[https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a1c34a56-b314-11eb-8aca-01aa75ed71a1.0003.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a1c34a56-b314-11eb-8aca-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF); Stand: 02.11.2022]

Europäische Kommission (2022): Proposal for a revised Urban Wastewater Treatment Directive. Brüssel. [[https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-revised-urban-wastewater-treatment-directive\\_en](https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-revised-urban-wastewater-treatment-directive_en); Stand: 02.11.2022]

GWF Wasser/Abwasser (2022): Abwasser: EU-Kommission will Kommunalabwasserrichtlinie überarbeiten. Essen. [<https://gwf-wasser.de/branche/abwasser-eu-kommission-will-kommunalabwasserrichtlinie-ueberarbeiten/>; Stand: 02.11.2022]

HLNUG (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie) (2020): Veröffentlichung der Messergebnisse auf der Homepage. Wiesbaden. [<https://www.hlnug.de/themen/wasser/fließgewaesser/fließgewaesser-chemie/spurenstoffe/arzneimittel/aktuell>; Stand: 02.11.2022]

- HMUKLV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2018): Spurenstoffstrategie Hessisches Ried. Wiesbaden. [[https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-07/spurenstoffstrategie\\_hessisches\\_ried.pdf](https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-07/spurenstoffstrategie_hessisches_ried.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- HMUKLV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2020): Das Leitbild der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Hessen. Wiesbaden. [[https://www.hessen-nachhaltig.de/files/content/downloads/leitbild/NHS\\_Hessen\\_Leitbild\\_Broschuere\\_barrierefrei.pdf](https://www.hessen-nachhaltig.de/files/content/downloads/leitbild/NHS_Hessen_Leitbild_Broschuere_barrierefrei.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- HMUKLV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2021): Beseitigung von kommunalen Abwässern in Hessen – Lagebericht 2020. Wiesbaden. [[https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/abwasser/kommunales\\_abwasser/Lageberichte/Lagebericht\\_Hessen\\_2020.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/abwasser/kommunales_abwasser/Lageberichte/Lagebericht_Hessen_2020.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- IKSR (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins) (2020): Programm „RHEIN 2040“. Der Rhein und sein Einzugsgebiet: nachhaltig bewirtschaftet und klimaresilient. 16. Rheinministerkonferenz, 13. Februar 2020. Amsterdam. [[https://www.iksr.org/fileadmin/user\\_upload/DKDM/Dokumente/Sonstiges/DE/ot\\_De\\_Programm\\_Rhein\\_2040.pdf](https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Sonstiges/DE/ot_De_Programm_Rhein_2040.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW (2018a): Einsatz von Aktivkohle zur Wasser-/ Abwasserbehandlung. Köln. [[https://nrw-mikro.amit-services.de/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Aktivkohle\\_FIN.pdf](https://nrw-mikro.amit-services.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Aktivkohle_FIN.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW (Nordrhein-Westfalen) (2018b): Einsatz von Ozon zur Wasser -/ Abwasserbehandlung. Köln. [[https://nrw-mikro.amit-services.de/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Ozon\\_FIN.pdf](https://nrw-mikro.amit-services.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Ozon_FIN.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- KomS BW (Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg) (2020): Leitfaden Machbarkeitsstudien zur Spurenstoffelimination auf komm. Kläranlagen. Stuttgart. [[https://koms-bw.de/cms/content/media/KomS-Leitfaden%20Machbarkeitsstudien\\_Stand%2009.2020\\_Web.pdf](https://koms-bw.de/cms/content/media/KomS-Leitfaden%20Machbarkeitsstudien_Stand%2009.2020_Web.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- MKULNV NRW (Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen) (2012): Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser – Stoffflussmodellierung, Situationsanalyse und Reduktionspotenziale für Nordrhein-Westfalen. [[https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/forschung/wasser/klaeranlage\\_abwasser/Abschlussbericht%20Mikroschadstoffe\\_kompriert.pdf](https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/forschung/wasser/klaeranlage_abwasser/Abschlussbericht%20Mikroschadstoffe_kompriert.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- RÖßLER, A. und LAUNAY, M. (2019): Durchführung von Vergleichsmessungen zur Spurenstoffelimination beim Ausbau von Kläranlagen um eine 4. Reinigungsstufe – Abschlussbericht. Stuttgart. [[https://koms-bw.de/cms/content/media/2019\\_07\\_Abschlussbericht%20KomS\\_Vergleichsmessungen%20zur%20Spurenstoffelimination.pdf](https://koms-bw.de/cms/content/media/2019_07_Abschlussbericht%20KomS_Vergleichsmessungen%20zur%20Spurenstoffelimination.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- SEKIN, Ö. (2016): Masterarbeit Technische Universität Graz: Vierte Reinigungsstufe in kommunalen Abwasserreinigungsanlagen – Möglichkeiten, Bemessung, Kosten und Betriebserfahrungen für die weitergehende Behandlung von Abwasser. Graz (AT). [[https://www.tugraz.at/fileadmin/user\\_upload/Institute/SWW/3\\_Unterseite\\_Lehre/4\\_Masterarbeiten/MA\\_SEKIN.pdf](https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Institute/SWW/3_Unterseite_Lehre/4_Masterarbeiten/MA_SEKIN.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- TRIEBSKORN, R. (2017): Weitergehende Abwasserreinigung – Ein wirksames und bezahlbares Instrument zur Verminderung von Spurenstoffen und Keimen im Wasserkreislauf. Tübingen. [[https://koms-bw.de/cms/content/media/SchussenAktivplus%20Abwasserreinigung\\_20170404.pdf](https://koms-bw.de/cms/content/media/SchussenAktivplus%20Abwasserreinigung_20170404.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- UBA (Umweltbundesamt) (2014): Arzneimittel in der Umwelt – vermeiden, reduzieren, überwachen. Dessau-Roßlau. [[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/01.08.2014\\_hintergrundpapier\\_arzneimittel\\_final\\_.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/01.08.2014_hintergrundpapier_arzneimittel_final_.pdf)]; Stand: 02.11.2022]

- UBA (Umweltbundesamt) (2015a): Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern – Vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge. Dessau-Roßlau. [[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/organische\\_mikroverunreinigungen\\_in\\_gewassern\\_vierte\\_reinigungsstufe\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/organische_mikroverunreinigungen_in_gewassern_vierte_reinigungsstufe_0.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- UBA (Umweltbundesamt) (2015b): Mikroverunreinigungen und Abwasserabgabe. Dessau-Roßlau. [[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_26\\_2015\\_mikroverunreinigungen\\_und\\_abwasserabgabe\\_1.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_26_2015_mikroverunreinigungen_und_abwasserabgabe_1.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- 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\\_gewasserphase\\_2.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/mikroschadstoffen_in_die_gewasserphase_2.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- 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](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_pos_mikroverunreinigung_final_bf.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- UHL, A., HAHN, H.J., JÄGER, A., LUFTENSTEINER, T., SIEMENSMEYER, T., DÖLL, P., NOACK, M., SCHWENK, K., BERKHOFF, S., WEILER, M., KARWAUTZ, C. & GRIEBLER, C. (2022): Making waves: Pulling the plug – Climate change effects will turn gaining into losing streams with detrimental effects on groundwater quality, Water Research Volume 220. Landau. [<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135422006029?via%3Dihub>]; Stand: 02.11.2022]
- VSA (Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute) (2019): Betrieb von Ozonanlagen auf ARA: Erkennen von kritischen Entwicklungen im Einzugsgebiet – Empfehlung. Glattbrugg (CH). [[https://micropoll.ch/wp-content/uploads/2020/06/191220\\_Interpretationshilfe\\_Betrieb\\_Ozonanlagen.pdf](https://micropoll.ch/wp-content/uploads/2020/06/191220_Interpretationshilfe_Betrieb_Ozonanlagen.pdf)]; Stand: 02.11.2022]