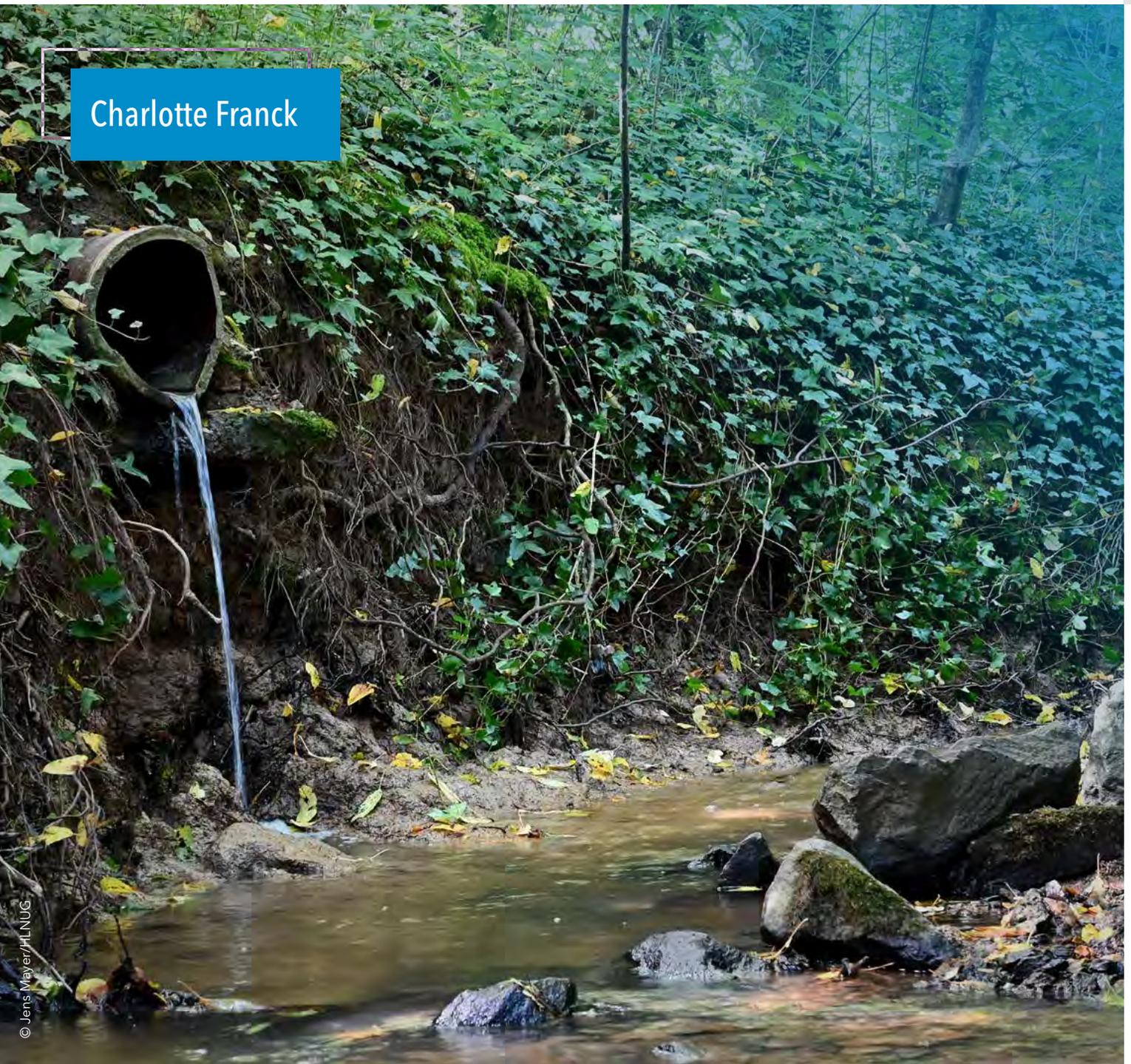


DEZERNAT GEWÄSSERGÜTE

Einträge von Pestiziden in hessische Fließgewässer



Charlotte Franck



Die Ökosysteme in Fließgewässern sind vielen Stressoren ausgesetzt. Die daraus entstehenden Belastungen lassen sich unter anderem in einem Rückgang der Artenvielfalt beobachten, der durch Schadstoffeinträge vorangetrieben wird (SÁNCHEZ-BAYO & WYCKHUYS 2019). Pestizide sind Teil dieser Verunreinigung. Sie werden vielfältig eingesetzt und können bereits in geringsten Konzentrationen negativ auf Organismen einwirken. Aus diesem Grund werden solche Substanzen in Gewässern überwacht, Eintragspfade aufgeklärt und Maßnahmen zur Reduktion umgesetzt. Hierbei gibt es viele Herausforderungen, die zu berücksichtigen sind.



Über 1 900

Pflanzenschutzmittel sind derzeit beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft zur Anwendung zugelassen.

Pestizide – ein vielfältiger Sammelbegriff

Die Gruppe der Pestizide vereint Stoffe unterschiedlicher Einsatzfelder, Wirkungsweisen und chemisch-physikalischer Eigenschaften. Mit ihnen sollen Schadorganismen oder Krankheitsüberträger bekämpft werden. Dabei sind zwei große Untergruppen zu unterscheiden: Die Anwendung der Wirkstoffe an Pflanzen dient der Wachstumsförderung und der Erhaltung der Pflanzengesundheit. Solche Produkte werden als Pflanzenschutzmittel bezeichnet. Daneben werden zum Teil dieselben Substanzen zur Konservierung von Farben, zum Schutz von Werkstoffen oder zur Beseitigung von Kleinstlebewesen im Haushalt eingesetzt. In diesen Fällen wird von Bioziden gesprochen. Darüber hinaus gibt es weitere Möglichkeiten, um Pestizide einzuteilen. Besonders häufig wird nach dem Zielorganismus unterschieden. Hierbei kommt zum Beispiel die Wirkung gegen Pflanzen (Herbizide), Pilze (Fungizide) oder Insekten (Insektizide) in Frage.

Monitoring in Fließgewässern

In der chemischen Gewässeruntersuchung gehören Pestizide zu den Spurenstoffen. Damit sind Stoffe gemeint, die typischerweise in einem sehr niedrigen Konzentrationsbereich auftreten. Die Größenordnung liegt im Rahmen von Mikrogramm pro Liter bis Nanogramm pro Liter. Weitere Beispiele für Spurenstoffe in Gewässern sind Arzneimittel oder Bestandteile von Körperpflegeprodukten. Pestizide unterliegen je nach Substanz und Anwendungsfeld verschiedenen rechtlichen Restriktionen, die die Zeiträume vor der Markteinführung, während des Einsatzes und nach Beendigung einer Zulassung umfassen. Im Rahmen der Zulassungsverfahren findet eine Bewertung der Wirkstoffe statt. Das Ziel hierbei ist es, dass die erwarteten Konzentrationen im Gewässer ein tolerier-

bares Niveau nicht überschreiten. Dies ist jedoch nicht gleichbedeutend mit bindenden Grenzwerten in der Überwachung. Einige Wirkstoffe werden daher unabhängig von der Zulassung mit sogenannten Umweltqualitätsnormen (UQN) versehen. Durch die Verankerung in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) sind diese Werte für die Feststellung von Grenzwertüberschreitungen ausschlaggebend. Dabei werden entsprechend des angestrebten Schutzziels Jahresdurchschnittswerte (JD-UQN) und Maximalwerte (ZHK-UQN) unterschieden.

Das HLNUG erhebt umfangreiche Messdaten, die nach Ablauf eines Messjahres mit den UQN verglichen werden können. Die dafür ausgewählten Messstellen sind in drei Gruppen eingeteilt, die sich jährlich abwechseln und gemeinsam einen Zyklus ergeben. Eine Messstelle ist somit in der Regel alle drei Jahre Bestandteil des Messprogramms. Innerhalb eines Jahres findet die Routineprobenahme an den meisten Standorten organisatorisch begründet in Form von monatlichen Stichproben statt. Die Eintragsdynamik von Pestiziden hängt unter anderem von Anwendungszeiten im Pflanzenschutz, von lokalen Gegebenheiten und insbesondere von Niederschlagsereignissen ab. Konzentrationspitzen bei starkem Regen sind hier typisch. Diese können jedoch nur gezielt durch eventgesteuerte Beprobungen erfasst werden, bei denen dann der Einsatz von automatischen Probenehmern notwendig ist. Der Einfluss von Niederschlägen wurde in einer deutschlandweiten Studie über mehrere Jahre gezeigt (LIess et al. 2021).

Im letzten Messzyklus (2019–2022) des HLNUG wurden an ausgewählten Gewässern Wasserproben genommen und im Rahmen des Monitorings auf 206 Pestizidwirkstoffe und Metaboliten untersucht. Davon haben 65 Substanzen eine UQN, die zur Bewertung der Ergebnisse verwendet werden konnte. In Abbildung 1 ist die Aufteilung der Parameter in Bezug auf vorhandene UQN dargestellt. Der Großteil der Pestizidwirkstoffe findet sich demnach nicht in der OGewV von 2016 wieder.

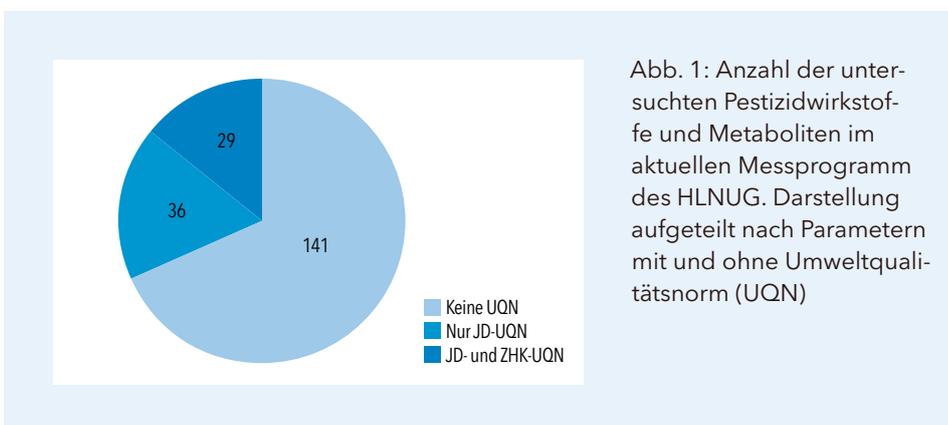


Abb. 1: Anzahl der untersuchten Pestizidwirkstoffe und Metaboliten im aktuellen Messprogramm des HLNUG. Darstellung aufgeteilt nach Parametern mit und ohne Umweltqualitätsnorm (UQN)



Monitoring in Fließgewässern:

Pestizide können bereits in einer Konzentration von einem Nanogramm pro Liter toxisch für Wasserorganismen sein. Dies entspricht einem Salzkorn aufgelöst in der Wassermenge von etwa 250 Badewannen.

Die Messung von Parametern mit und ohne UQN macht deutlich, dass nicht nur Parameter mit UQN für die Gewässerbelastung eine wichtige Rolle spielen. Die Darstellung der Befunde an den Messstellen kann auf verschiedene Weisen erfolgen. Eine Kenngröße ist die Anzahl der nachgewiesenen Substanzen. Sie zeigt den Stoffumfang, in dem die Gruppe der Pestizide präsent ist. Für die rechtlichen Anforderungen ist die Anzahl von Überschreitungen entscheidend. Abbildung 2 zeigt beide Ansätze gemeinsam. Der Balken für jede Messstelle ist aufgeteilt in Befunde von Parametern ohne UQN, mit eingehaltener UQN und mit überschrittener UQN. In manchen Fällen kommt es zudem vor, dass keine Bewertung möglich ist. Grund dafür kann zum Beispiel eine zu hohe Bestimmungsgrenze sein. Dieser Anteil ist ebenfalls dargestellt. In der Auswertung wird außerdem nach dem Worst-Case-Prinzip vorgegangen. Ein Parameter wird demnach als überschritten bewertet, wenn entweder die ZHK- oder JD-UQN nicht eingehalten wurde. Wenn Daten aus mehreren Jahren vorhanden sind, wird ebenfalls das schlechteste Messjahr abgebildet.

Die meisten Pestizid-Parameter wurden in der Ems nachgewiesen. Dort lagen 39 Stoffe mindestens einmal oberhalb der Bestimmungsgrenze. Die Ems befindet sich in Nordhessen in einer stark landwirtschaftlich geprägten Region und mündet in die Eder. Die meisten Pestizid-Parameter mit UQN-Überschreitung traten hingegen im Sandbach und in der Modau auf. Diese Fließgewässer liegen südlich von Darmstadt im hessischen Ried. Bei der genaueren Betrachtung der Überschreitungen ist auffällig, dass sie besonders häufig von zwei Wirkstoffen verursacht werden. Dies trifft für ganz Hessen, auch außerhalb der benannten Gebiete, zu. Das Herbizid Flufenacet war insgesamt für Überschreitungen an 14 Messstellen verantwortlich. Es wird in der Landwirtschaft vorwiegend im Ackerbau, aber auch im Gemüsebau eingesetzt. Das Herbizid Terbutryn führte zu Überschreitungen an 8 Messstellen. Es ist im

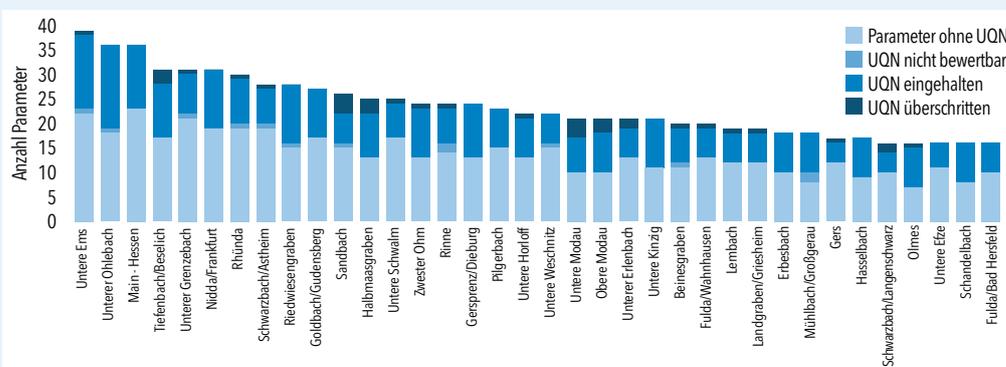


Abb. 2: Anzahl der Pestizid-Parameter, die an einer Messstelle im Zyklus 2019-2022 nachgewiesen wurden. Darstellung aufgeteilt nach Parametern mit und ohne Umweltqualitätsnorm (UQN), inkl. Bewertung. Gezeigt sind die Standorte mit einer Gesamtzahl von mehr als 15 Befunden.

Pflanzenschutz nicht mehr zugelassen, wird aber in verschiedenen Biozidprodukten verwendet. Somit sind beide Teilgruppen der Pestizide relevant für die Gewässerbewertung.

Untersuchung von Kläranlageneinleitungen

Pestizide können über verschiedene Pfade in Oberflächengewässer gelangen. Im Allgemeinen lassen sich Punktquellen und diffuse Quellen unterscheiden. Punktquellen befinden sich an einer definierten Stelle und leiten dort direkt in das Gewässer ein. Dazu gehören Abläufe von Kläranlagen und Misch- oder Regenwasserentlastungen. Zu den diffusen Quellen zählen Abflüsse von Wasser an der Oberfläche und im Boden (auch Drainagen) oder Einträge aus der Luft, wie etwa durch Verdriftungen bei der Applikation. Es ist entscheidend, alle relevanten Eintragspfade zu identifizieren, um zielgerichtete Maßnahmen zur Eintragsminderung treffen zu können.

Untersuchungen im Jahr 2022 sollten insbesondere den Eintragspfad über Kläranlagen betrachten. Dieser kann für verschiedene Anwendungsfälle von Pestiziden relevant sein. Eine Rolle spielt zum Beispiel die Reinigung von Spritzgeräten für Pflanzenschutzmittel auf befestigten Flächen. Die Wirkstoffe gelangen in diesem Fall über Hofabläufe in die Kanalisation. In den Kläranlagen werden sie nur unzureichend abgebaut, sodass mit dem gereinigten Abwasser ein Transport in Fließgewässer stattfindet (SINGER et al. 2010). Aus diesem Grund ist heutzutage die Reinigung von Gerätschaften auf dem Feld ein Bestandteil der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz (BMELV 2010). Die Anwendung auf öffentlichen Grünflächen, in Kleingärten oder auf nicht bewirtschafteten Flächen kann aber ebenso zu entsprechenden Einträgen führen. Im Bereich der Biozide gibt es weitere mögliche Quellen. Im häuslichen Abwasser sammeln sich abgewaschene Desinfektionsmittel oder Insektensprays sowie Bestandteile von Wandfarben und Lacken durch die Reinigung von Pinseln. Bei der Ableitung von Regenwasser können Wirkstoffe aus Fassaden, Dächern und anderen Beschichtungen ausgewaschen werden. Durch die vielfältigen Einsatzfelder ist es besonders schwierig, die Befunde von Wirkstoffen einzelnen Ursachen zuzuordnen.

Die Eintragsdynamik kann durch lokale Betrachtungen besser nachvollzogen werden. Im Einzugsgebiet der Gersprenz, der Modau und am Halbmaasgraben wurden daher insgesamt acht Kläranlagen ausgewählt. Dort wurde der Ablauf selbst und zusätzlich das Gewässer oberhalb und unterhalb der Einleitstelle beprobt. Der Gesamtumfang belief sich auf 90 Proben. Die Ergebnisse der Untersuchung sind als Masterarbeit über die Website des HLNUG abrufbar (FRANCK 2022).

Insgesamt lagen 55 Substanzen aus dem Bereich der Pestizidwirkstoffe und Metaboliten mindestens einmal oberhalb der Bestimmungsgrenze. Durch die Vielfalt der Stoffpalette kann es schwierig sein, die Belastung der Standorte untereinander zu vergleichen. Dies ist notwendig, um die Bedeutung der Einleitungen einzuordnen. Dieselbe Konzentration unterschiedlicher Wirkstoffe ist nicht immer gleich kritisch zu bewerten. Wie bereits beschrieben liegen aber für viele Substanzen keine Referenzwerte in Form von UQN vor. Eine Ausweichoption ist die Nutzung ökotoxikologischer Kennzahlen. Damit können sogenannte Toxic Units (TU) berechnet werden. Als Kennzahl aus dem Labor wird der LC50 genutzt. LC steht für „lethal concentration“ (= tödliche Konzentration). Der Wert definiert die Konzentration, die 50 Prozent der eingesetzten Testorganismen in einer Studie nicht mehr überleben. Der Organismus ist in diesem Fall *Daphnia magna*. Durch das Einbeziehen dieser Daten wird weniger die Menge, jedoch verstärkt der Effekt der Wirkstoffe auf die Organismen verglichen. Solche Effekte sind schlussendlich der entscheidende Faktor für das Ökosystem im Gewässer. Dieser Ansatz der Auswertung wird aktuell vorwiegend im Forschungskontext angewendet, wo er sich als geeigneter Indikator gezeigt hat (LIESS & VON DER OHE 2005). Der TU ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen der gemessenen Konzentration eines Stoffs und dem LC50. Für die hier gewählte Betrachtung von gesamten Proben werden die TU-Werte der untersuchten Einzelsubstanzen aufsummiert (TU_{SUM}).

In der Auswertung der Ergebnisse der Messkampagne konnten Pestizideinträge aus Kläranagen deutlich nachgewiesen werden. Die Relevanz eines einzelnen Standorts hing dabei von verschiedenen Faktoren ab. Als besonders wichtig ist die Anzahl landwirtschaftlicher Betriebe (für Pflanzenschutzmittel) und der Abwasseranteil im Gewässer zu nennen. Zusammenfassend über alle Beprobungen ist im Mittel eine steigende Belastung durch die Einleitstellen sichtbar, wie Abbildung 3 darstellt.

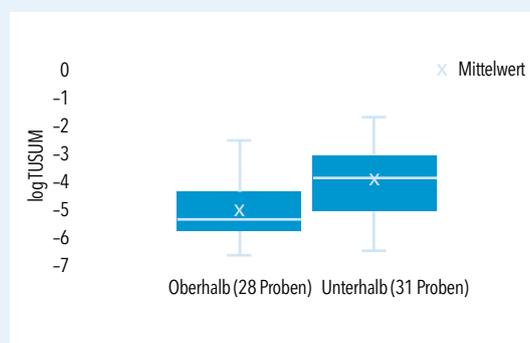


Abb. 3: Summe der Toxic Units (TU_{SUM}) an Messstellen oberhalb und unterhalb von Kläranlageneinleitungen als Boxplot. Die Abweichung zwischen den Gruppen ist statistisch signifikant (FRANCK 2022).

Die bestimmten Konzentrationen lagen im Gewässer in einer ökotoxikologisch relevanten Größenordnung. Die berechnete Summe der TU-Werte zeigt unterhalb der Kläranlagen signifikant höhere Werte als oberhalb. Dies unterstreicht die Bedeutung des Eintragspfads Kläranlage. In der Planung und Durchführung von Maßnahmen zur Verringerung der Gewässerbelastung mit Pestiziden sollte dies berücksichtigt werden, zum Beispiel bei der inhaltlichen Ausgestaltung von Beratungsangeboten für verschiedene Akteure.

Die vorgestellten Resultate verdeutlichen das Potenzial für weitere Untersuchungen. Messprogramme außerhalb des Routinemonitorings ermöglichen erst die konkrete Beschreibung der Belastungssituation und die Identifikation von Belastungsquellen. Eine Ausweitung auf andere Regionen und Standortfaktoren ist entscheidend, um die Beobachtungen in den Gesamtkontext hessischer Fließgewässer einzuordnen. Insgesamt konnte jedoch bereits gezeigt werden, dass die Eliminierung punktueller Pestizideinträge weiterhin eine wichtige Aufgabe im Gewässerschutz bleibt.

Aktuelle Maßnahmen und Projekte in Hessen

Die Minimierung von Pestizidkonzentrationen in Gewässern kann über verschiedene Ansatzpunkte erfolgen. Im Jahr 2021 hat das Land Hessen gemeinsam mit verschiedenen Verbänden und Organisationen die „Kooperationsvereinbarung Landwirtschaft und Naturschutz“ abgeschlossen (HMUKLV 2021). Es wurden gemeinsame Ziele beschrieben, die alle Beteiligten erreichen wollen. Eines dieser Ziele ist die Reduzierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln um 30 Prozent bis 2030. Im Pestizidreduktionsplan, der im Frühjahr 2023 veröffentlicht wurde, ist dieses Ziel mit konkreten Maßnahmen ergänzt worden (HMUKLV 2023a). Begleitend zur Durchführung der Maßnahmen findet in diesem Rahmen eine intensiviertere Überwachung der Fließgewässer statt. In ausgesuchten Modellregionen wird deutlich umfassender beprobt und gemessen, als es in der Routineüberwachung möglich ist. Auch eventgesteuerte Probenahmen zur Untersuchung von Niederschlagsereignissen sind ein Bestandteil der Strategie. Abbildung 4 zeigt ein Beispielfoto für ein solches Gerät. Mit diesem Vorgehen soll durch eine fundierte Datenlage erkennbar werden, wie sich die Konzentrationen in den Gewässern im Verlauf der kommenden Jahre auch aufgrund von Maßnahmen entwickeln.

Die geplanten Maßnahmen im Rahmen der Kooperationsvereinbarung sind vorwiegend anwendungsorientiert. Das bedeutet, dass beim Schritt der Verwendung der Substanzen angesetzt wird. Eine weitere Möglichkeit im Falle punktueller Einträge über Kläranlagen sind nachgeschaltete



Abb. 4: Foto des Aufbaus eines automatischen Probennehmers am Gewässer zur Beprobung von Regenereignissen
© Charlotte Franck/
HLNUG

Maßnahmen. Hierzu gehört die erweiterte Abwasserreinigung durch eine vierte Reinigungsstufe. Pestizidwirkstoffe und auch weitere Spurenstoffe können dadurch besser eliminiert werden. Die erste vierte Reinigungsstufe an einer hessischen kommunalen Kläranlage wurde 2023 in Mörfelden-Walldorf in Betrieb genommen (HMUKLV 2023b).

Pestizidreduktion in Privathaushalten

Der Pestizidreduktionsplan adressiert auch Privathaushalte. Alle Menschen können durch einen bewussten Umgang mit Pestiziden zum Gewässerschutz beitragen. Dies wird insbesondere durch die zum Teil hohen Wirkstoffmengen in Konzentraten deutlich. Beispielsweise ist das Herbizid 2,4-D mit Konzentrationen von 70 g/l für nichtberufliche Anwender erhältlich. Das bedeutet, dass 1 ml der unverdünnten Flüssigkeit ausreicht, um in 70 000 Litern die ZHK-UQN (1 µg/l) zu erreichen. Dementsprechend müssen Anwendungshinweise dringend beachtet werden.

Die private Verwendung von Pflanzenschutzmitteln in Haus- und Kleingärten ist eine verbreitete Möglichkeit zur Behandlung von Nutz- oder Zierpflanzen. In diesen Fällen ist neben der sachgerechten Anwendung besonders dafür Sorge zu tragen, dass Produktreste fachgerecht entsorgt werden. Die Entleerung in den Abfluss und damit in das Kanalsystem ist unbedingt zu vermeiden. Auch bei der Anwendung kann dies berücksichtigt werden, indem die verwendeten Hilfsmittel (z. B. Gießkanne) nochmal mit Wasser gefüllt und dann im Pflanzenbeet ausgespült werden und nicht im Waschbecken. Auf diese Weise wird ein Zufluss in Kläranlagen deutlich vermindert.

Biozide werden häufig bei Renovierungsarbeiten, zur Schädlingsbekämpfung oder in der Hygiene verwendet. Nicht immer ist direkt ersichtlich, dass biozide Wirkstoffe enthalten sind. Biozidprodukte sind zum Beispiel über angegebene Zulassungsnummern (beginnend mit DE-) oder Registriernummern (beginnend mit N-) erkennbar. Darüber hinaus gibt es nach EU-Verordnung 528/2012 auch sogenannte „behandelte Waren“. Diese Produkte haben einen anderen primären Einsatzzweck als die Bekämpfung von Schadorganismen. Ein Beispiel für eine behandelte Ware ist etwa ein Holzpfosten, der vor dem Vertrieb zum Schutz vor Verwitterung mit Herbiziden oder Fungiziden behandelt wurde. Solche Produkte unterliegen nicht denselben Regularien und verfügen daher nicht zwingend über die oben genannten Nummern, können jedoch Biozide in die Umwelt abgeben.

Für viele Anwendungen können dennoch bewusst Alternativen ohne Biozide oder Pflanzenschutzmittel gewählt werden. Zu beiden Themen liefert das Umweltbundesamt viele wichtige Informationen, die bei der Entscheidungsfindung unterstützen (UBA 2023a und UBA 2023b).



Fazit

Pestizide sind eine relevante Schadstoffgruppe für hessische Fließgewässer. Sie können nach dem Eintrag in die Umwelt aquatische Ökosysteme negativ beeinflussen und werden daher regelmäßig an ausgewählten Messstellen überwacht. An einigen dieser Messstellen wurden Pestizide nachgewiesen, zum Teil auch oberhalb von Umweltqualitätsnormen. Für viele Stoffe sind allerdings keine verbindlichen Grenzwerte im Gewässer vorgeschrieben. Die ökotoxikologische Relevanz muss in diesen Fällen mit anderen Hilfsmitteln eingeordnet werden. Als Ursache für Belastungen kommen mehrere Eintragspfade in Betracht. Die Ermittlung von Quellen ist daher nicht immer einfach. Aktuelle Untersuchungen haben gezeigt, dass neben diffusen Einträgen auch Kläranlageneinleitungen weiterhin eine entscheidende Rolle spielen können und aus diesem Grund nicht vernachlässigt werden dürfen. Die Reduktion von Pestizidkonzentrationen in Gewässern bleibt somit eine wichtige Aufgabe für die kommenden Jahre. Mit dem Pestizidreduktionsplan und

einem zugehörigen verstärkten Monitoring wurden die ersten Schritte bereits begonnen. Darüber hinaus kann grundsätzlich ein bewusster Umgang mit Pestiziden einen Beitrag zur Verbesserung der chemischen Gewässerqualität leisten.

Literatur

- BMELV - Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2010): Bekanntmachung der Grundsätze für die Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz. BAnz Nr. 76a vom 21. Mai 2010. Bonn.
- 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: 04.08.2023].
- HMU KL V - Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2021): Kooperationsvereinbarung Landwirtschaft und Naturschutz in Hessen. [https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2022-09/060921_koopvereinbarung.pdf; Stand: 19.09.2023].
- HMU KL V - Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2023a): Pestizidreduktionsplan Hessen 2023-2030. [https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2023-05/pestizid_reduktionsplan_bf.pdf; Stand: 04.08.2023].
- HMU KL V - Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.) (2023b): Beseitigung von kommunalen Abwässern in Hessen. Lagebericht 2022. Bearbeitung durch das HLNUG. [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/abwasser/kommunales_abwasser/Lageberichte/Lagebericht_Hessen_2022.pdf; Stand: 04.08.2023].
- LISS, M. & VON DER OHE, P.C. (2005): Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. - Environ Toxicol Chem **24** (4): 954-965.

LISS, M., LIEBMANN, L., LÜCK, M., VORMEIER, P., WEISNER, O., FOIT, K., KNILLMANN, S., SCHÄFER, R.B., SCHULZE, T., KRAUSS, M., BRACK, W., REEMTSMA, T., HALBACH, K., LINK, M., SCHREINER, V.C., SCHNEEWEISS, A., MÖDER, M., WEITERE, M., KASKE, O., VON TÜMPLING, W., GUNOLD, R., ULRICH, N., PASCHKE, A., SCHÜÜRMAN, 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. Abschlussbericht. UBA Texte 07/2022. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_07-2022_umsetzung_des_nationalen_aktionsplans_zur_nachhaltigen_anwendung_von_pflanzenschutzmitteln.pdf; Stand: 04.08.2023].

Oberflächengewässerverordnung (OGewV) vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2873) geändert worden ist.

SÁNCHEZ-BAYO, F. & WYCKHUYS, K.A. (2019): Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. – *Biological Conservation* 232: 8–27.

SINGER, H., JAUS, S., HANKE, I., LÜCK, A., HOLLENDER, J. & ALDER, A.C. (2010): Determination of biocides and pesticides by on-line solid phase extraction coupled with mass spectrometry and their behaviour in wastewater and surface water. – *Environ Pollut* **158** (10): 3054–3064.

UBA – Umweltbundesamt (2023a): Biozid-Portal. [<https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/biozide/biozid-portal-start>; Stand: 04.08.2023].

UBA – Umweltbundesamt (2023b): Pflanzenschutz im Garten. [<https://www.umweltbundesamt.de/pflanzenschutz-im-garten-startseite>; Stand: 04.08.2023].

Verordnung (EU) Nr. 528/2012 des Europäischen Parlaments und Rates vom 22. Mai 2012 über die Bereitstellung auf dem Markt und die Verwendung von Biozidprodukten.