

MUTReWa - Maßnahmen für einen nachhaltigeren Umgang mit Pestiziden und deren Transformationsprodukten im Regionalen Wassermanagement



BMBF-MUTReWa Projektteam: Klaus Kümmerer¹ (Klaus.Kuemmerer@leuphana.de), Oliver Olsson¹ (oliver.olsson@leuphana.de), Jens Lange² (jens.lange@hydrology.uni-freiburg.de), Fritzi Lang² (Fritzi.Lang@bodenkunde.uni-freiburg.de), Nicola Fohrer³ (nfohrer@hydrology.uni-kiel.de), Uta Ulrich³ (uulrich@hydrology.uni-kiel.de), Matthias Pfannerstill⁴ (Matthias.Pfannerstill@llur.landsh.de), Christof Martin⁵ (c.martin@gfmbh.de), Malte Unger⁵ (m.unger@gfmbh.de), Thomas Weber⁶ (Thomas.Weber@stadt.freiburg.de), Michael Bruder⁷ (bruder@eichstetten.de), Alex Krämer⁸ (alexander.kraemer@wwl-web.de) und Johannes Engel⁸ (johannes.engel@wwl-web.de)

¹ Leuphana Universität Lüneburg

² Universität Freiburg

³ Christian-Albrechts-Universität Kiel

⁴ Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein

⁵ GFN mbH - Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung

⁶ Stadt Freiburg

⁷ Gemeinde Eichstetten (Bürgermeister)

⁸ WWL Umweltplanung und Geoinformatik GbR

Abstract

In den vergangenen Jahren haben Politik, wasserwirtschaftliche Praxis, Wissenschaft und Gesellschaft viel zur Verbesserung des ökologischen Zustands von Grund- und Oberflächengewässern unternommen. Bislang wird bei der Bewertung von Gewässerschutzmaßnahmen jedoch die verstärkte Mobilisierung von organischen Spurenstoffen und insbesondere ihrer Transformationsprodukte vernachlässigt. Das Verbundprojekt MUTReWa möchte diese Wissenslücke über Prozesse zur Mobilisierung und Transformation von Pflanzen-

schutzmitteln aus der Intensivlandwirtschaft sowie Bioziden aus urbanen Gebieten schließen. Die Projektpartner wollen die Effektivität und Nachhaltigkeit ausgewählter Gewässerbewirtschaftungsmaßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Zustands von Grund- und Oberflächengewässern unter diesen Aspekten bewerten. Daraus abgeleitete Empfehlungen sollen in Kooperation mit der Praxis ins regionale Wassermanagement implementiert werden.

Einleitung

Pflanzenschutzmittel (PSM) sind Substanzen, die in der Landwirtschaft ausgebracht werden, um Pflanzen vor Schädlingen zu schützen (PflSchG, 2012; RICHTLINIE 2009/128/EG), wohingegen Biozide für alle Zwecke eingesetzt werden, die nicht dem Pflanzenschutz dienen (Biozid-Verordnung, EU/528/2012). Das heißt, PSM und Biozide definieren sich über ihren Einsatz, können aber chemisch identisch sein, und werden im Weiteren unter dem Begriff Pestizide zusammengefasst. Gleichzeitig können jedoch Stoffe aus beiden Gruppen aufgrund ihrer Toxizität, ihrer Tendenz zur Bioakkumulation und insbesondere ihrer ggf. vorhandenen endokrinen Aktivität schon in geringen Konzentrationen unerwünschte Effekte bei nicht im Zielbereich der Anwendung liegenden Organismen und in der Umwelt hervorrufen. So werden in Regionen mit intensiver Landwirtschaft oder urbanen Gebieten immer häufiger Pestizide in Grund- und Oberflächenwasserproben gefunden (LAWA, 2016). Die in Flusseinzugsgebieten dominierenden Prozesse des diffusen Gewässereintrags von PSM durch Abdrift, Abwaschung von Pflanzen, Oberflächenabfluss sowie Transport im Boden sind bekannt. Für Biozide geschieht der Eintrag in Gewässer über die Kanalisation durch nicht ausreichend geklärtes Abwasser oder durch Auswaschung aus Schutzanstrichen auf Fassaden sowie durch die Abwaschung von versiegelten Flächen (Burkhardt et al., 2012). Während des Transports in der Umwelt beeinflussen Sorptionsprozesse, Verflüchtigung und Transformationsprozesse die Mobilität von Pestiziden. Transformation beinhaltet biotische sowie abiotische Prozesse wie z.B. Photolyse, Hydrolyse, Oxidation, Reduktion, welche unter der Bildung von sich einem weiteren Abbau entziehenden Transformationsprodukten (TPs) (Fenner et al., 2013) oft unvollständig verlaufen.

Die Untersuchung von TPs in der Umwelt kam erst in den letzten Jahren vermehrt in den Fokus der Wissenschaft und der Behörden im regulären Monitoring (LAWA, 2016). TPs konnten bereits in sämtlichen Wasserkörpern, im Trinkwasser und im Mineralwasser nachgewiesen werden (z.B. Kolychalow et al. 2012; Stiftung Warentest, 2014). Ebenso können nicht relevante TPs im Sinne der EU-Verordnung Nr.1107/2009 bei der Trinkwasseraufbereitung zu karzinogenen Substanzen umgewandelt werden (Schmidt und Brauch, 2008). TPs können mobiler, persistenter und toxischer sein als ihre Muttersubstanzen. Zudem sind TPs in der aquatischen Umwelt oft nicht bekannt und können in ihrer Bedeutung nicht eingeschätzt werden.

Im Zuge europäischer Umweltgesetzgebung wurden in den letzten Jahren zahlreiche Gewässerbewirtschaftungsmaßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Zustands von Grund- und Oberflächengewässern initiiert. Jedoch werden bei der Bewertung dieser Maßnahmen mögliche Effekte auf eine verstärkte Mobilisierung von organischen Spurenstoffen und insbesondere ihrer TPs vernachlässigt. TPs von Pestiziden in der wässrigen Phase, die nicht mehr im Sinne der Muttersubstanz aktiv sind, wurden bisher nicht ausreichend untersucht und deshalb nicht entsprechend im Gewässermanagement berücksichtigt.

Das Projekt MUTReWa befasst sich daher, als eines von 15 Verbundprojekten in der BMBF-Fördermaßnahme „Regionales Wasserressourcen-Management für den nachhaltigen Gewässerschutz in Deutschland“ (ReWaM), mit relevanten Prozessen zur Mobilisierung und Transformation von PSM aus der Intensivlandwirtschaft sowie Bioziden aus urbanen Gebieten. Weiter wollen die Partner des Verbundprojekts MUTReWa die Effektivität und Nachhaltigkeit ausgewählter Gewässerbewirtschaftungsmaßnahmen (GBM) zur Verbesserung des ökologischen Zustands von Grund- und Oberflächengewässern bewerten. Daraus abgeleitete Empfehlungen sollen in Kooperation mit der Praxis in das regionale Wassermanagement implementiert werden. Weitere Ziele des Projekts sind:

- Verbesserung des Prozessverständnisses zur Mobilisierung und Transformation von Pestiziden in Flusseinzugsgebieten
- Bestimmung aktueller Belastungen durch ausgewählte Pestizide und ihre TPs, der ökotoxikologischen Relevanz sowie des Gefährdungspotenzials für das Trinkwasser
- Bewertung der Effektivität und Nachhaltigkeit ausgewählter Maßnahmen und Strategien zur Eintragsminimierung von Pestiziden und deren TPs
- Erarbeitung von Empfehlungen zur Anpassung und Umsetzung geeigneter Maßnahmen und die gemeinsame Umsetzung mit zentralen Akteuren der Wasserbewirtschaftung

Durch eine enge fachliche Verzahnung der Verbundprojektpartner mit assoziierten Partnern aus der regionalen Wasserwirtschaft erfolgt die Bearbeitung des Projekts in enger Abstimmung und unter fachlicher Begleitung. Ein Transfer und die Verstetigung des MUTReWa-Konzepts in den Modellregionen erfolgt durch kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit unter Einbeziehung aller relevanten Akteure.

Methoden/Durchführung

Das Verbundprojekt greift auf Erfahrungen aus vorhergehenden Projekten zum Umweltverhalten von Pestiziden und der Umsetzung von GBM zur Vermeidung des Eintrags in Gewässer zurück.

Im ersten Schritt ist vorgesehen, den Forschungsstand und die praktische Umsetzung um bisher nicht beachtete Stoffe und TPs zu erweitern. Basierend auf den gewonnenen Ergebnissen sollen allgemeine Erkenntnisse abgeleitet werden. Dafür werden die Entstehung und das Verhalten der analysierten TPs im Labor (Wasserphase im Laborreaktor, Mesokosmos, Bodensäulen) sowie auf Ebene von Einzugsgebieten untersucht und modelliert. Der Lösungsansatz kombiniert experimentelle Untersuchungen und computerbasierte Modelle zur Bewertung der Umwelteigenschaften sowie des Umweltverhaltens in den Modellregionen (Abb.1).

Anhand von mehreren Beispielsubstanzen und zwei unterschiedlich geprägten Einzugsgebieten werden die Wirksamkeit von bestehenden und geplanten Bewirtschaftungsmaßnahmen und -strategien bewertet und neue Konzepte zur Verbesserung einer einzugsgebietsweiten Wasserbewirtschaftung abgeleitet. Das Einzugsgebiet des Mühlbachs im Süden Baden-Würt-

tembergs, südwestlich der Stadt Freiburg steht hierbei als Modellregion für Intensivlandwirtschaft mit Sonderkulturen (Weinanbau) und urbaner Landnutzung, das Tiefland-Einzugsgebiet der Kielstau südöstlich von Flensburg ist charakteristisch für Drainagen und laterale Abflüsse aus landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen (Raps, Getreide, Mais).

Neben der Prozessforschung zur Mobilisation und Transformation von Pestiziden steht die Entwicklung und Bewertung von GBM im Fokus des Projektes. Mit Hilfe von integrativen Strategien wie z.B. Kooperations- und Kommunikationsmaßnahmen sollen Maßnahmen eines vorbeugenden Gewässerschutzes zur Reduzierung des Pestizideintrags in Gewässer entwickelt und umgesetzt werden. Ziel einer solchen

integrativen Strategie ist es, eine freiwillige Zusammenarbeit zwischen den Vertretern der Landwirtschaft, Städten und Kommunen und der Wasserwirtschaft zu initiieren. Bei den untersuchten GBM handelt es sich um Retentionsteiche und künstliche Feuchtgebiete im ländlichen Raum sowie um Regenwasserversickerungsanlagen im urbanen Raum. Die Bewertung dieser GBM erfolgt über eine Effektivitätsabschätzung, die Nachhaltigkeit und das (öko-)toxikologische Gefährdungspotential durch TP's. Als Abschluss sollen Empfehlungen für das regionale Wassermanagement gegeben werden, wie unter Einbindung aller Beteiligten geeignete GBM für bestimmte Regionen zur Eintragsreduzierung von Pestiziden und ihren TP's implementiert werden können.

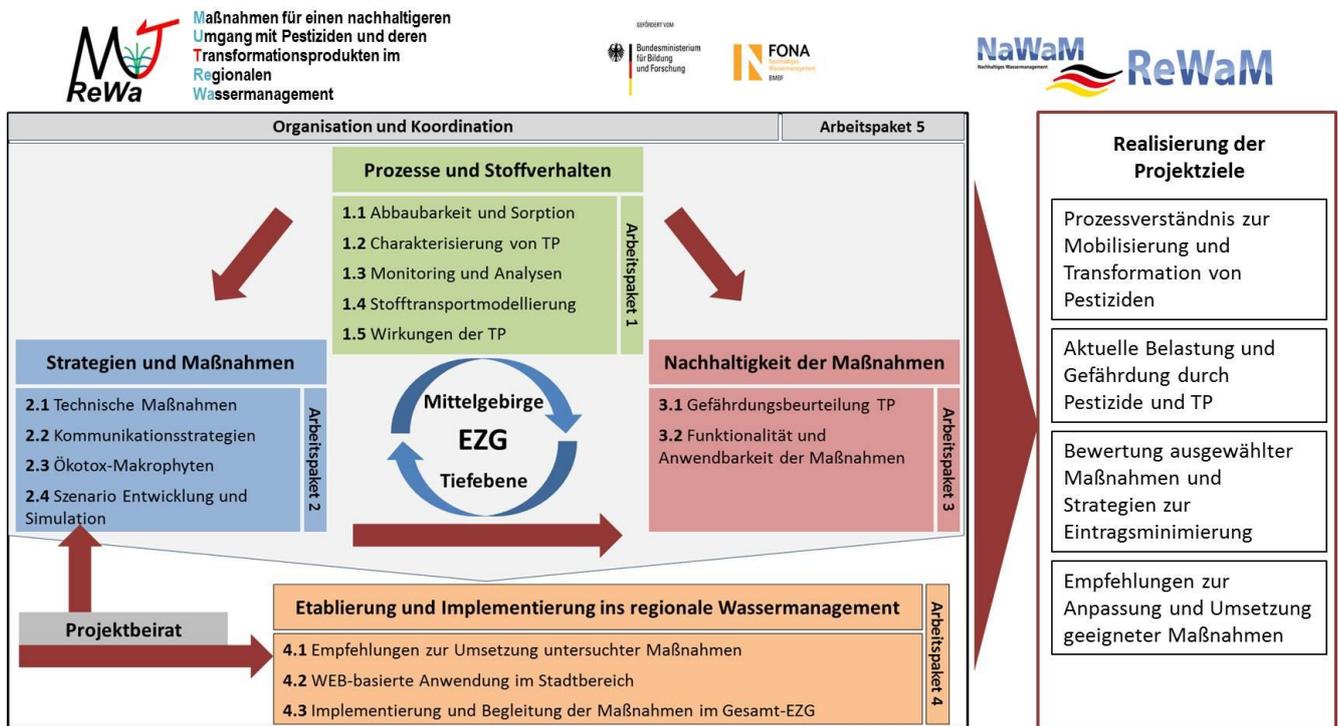


Abbildung 1: Konzept und Arbeitspakete des MUTReWa Projekts

Zwischenergebnisse

In der ersten Projekthälfte wurden Analysen zur Abbaubarkeit ausgewählter Biozide (Diuron, Terbutryn, Othilidon und Mecoprop) und Pflanzenschutzmittel (Boscalid, Penconazol, Metazachlor und Flufenacet) durch Sonnenlicht und Mikroorganismen durchgeführt. Erste Ergebnisse zeigen, dass die exemplarisch untersuchten Substanzen nur zu TP's umgebaut und nicht vollständig abgebaut werden. Laborstudien lieferten darüber hinaus neue Erkenntnisse über die Entstehung und Eigenschaften der zum Teil noch unbekannt TP's. Im Vergleich zur Muttersubstanz zeigten einzelne durch Lichteinwirkung entstandene TP's eine bessere biologische Abbaubarkeit. Darüber hinaus konnte bei einigen TP's auch eine erhöhte Toxizität beobachtet werden. Weiter konnten unter Verwendung von Kartierungen und Toxizitäten nur geringe Auswirkungen der Pflanzenschutzmittel auf heimische Makrophytenarten nachgewiesen werden. Ergänzend zu diesen

Studien belegen Vorversuche mit Fluoreszenztracern den Einfluss von pH-Wert, organischer Substanz und Tongehalt auf die Sorption und den Einfluss von Pflanzen auf den biochemischen Abbau dieser Fluoreszenztracern. Hierdurch lassen sich Rückschlüsse auf das Umweltverhalten von Pestiziden ziehen.

Im EZG der Kielstau zeigen die Ergebnisse aus dem Herbstmonitoring 2015, dass in Oberflächengewässern und in einer Drainage noch vor der Applikation 2015 TP's der beiden Herbizide, Metazachlor und Flufenacet, aus dem Vorjahr nachzuweisen waren. Sowohl im Fließgewässer als auch in den stehenden Kleingewässern war erkennbar, dass die Muttersubstanzen und auch die TP's (jeweils die Sulfon- und Oxalsäure) nach Regenereignissen in die Gewässer transportiert werden. Im Roh- bzw. Trinkwasser zeigte sich, dass Brunnen mit geringer Deckschicht ein höheres Kontaminationsrisiko

durch diese TPs aufweisen als durch die Muttersubstanzen. Hier traten vereinzelte Positivbefunde für Metazachlor-Sulfonsäure auf. Während an den untersuchten Grundwassermessstellen vereinzelt Muttersubstanzen nachgewiesen wurden, treten die Befunde der zugehörigen TPs weitaus häufiger auf. Die Untersuchungen zeigen, dass die Gestaltung der Fruchtfolgen im Anstrombereich der Messstellen und die Bodenart einen wesentlichen Einfluss auf die Konzentration der untersuchten Zielsubstanzen haben. Die Ergebnisse im EZG Kielstau werden die Einzugsgebietsmodellierung (Modell SWAT) entscheidend verbessern und wurden im Rahmen des vom Projekt initiierten Praxis- und Expertenrates und in einer öffentlichen Infoveranstaltung mit den Landwirten vor Ort diskutiert.

Im Untersuchungsgebiet Mühlbach (Freiburg) wurde der Zulauf zu städtischen Regenwasserversickerungsanlagen beprobt. Erste Analyseergebnisse zeigen Positivbefunde für die ausgewählten Biozide Diuron, Terbutryn und Othilidon, wobei die Biozidkonzentrationen im Regenwasserabfluss denen anderer mitteleuropäischer Städte entsprachen. Dies ist besonders bedenklich, da in einer durchgeführten Untersuchung mit hydrologischen Tracern ein schneller Durchbruch in einem Mulden-Rigolensystem dokumentiert werden konnte. Eine Gefährdung des Grundwassers durch solche Rigolensysteme scheint somit wahrscheinlich. Gegenwärtig werden die gemessenen Zulaufkonzentrationen in ein WEB-basiertes Planungstool (FReWaB-neu) integriert, um das Risiko beliebiger Regenwasserversickerungsanlagen im Untersuchungsgebiet abzuschätzen.

Mit Unterstützung der Gemeinde Eichstetten am Kaiserstuhl (Südbaden) wurde in einem intensiv bewirtschafteten Weinbaugebiet ein Bachlauf umgestaltet. Er besteht nun aus zwei Feuchtfächen, die nacheinander durchflossen werden und Pestizide zurückhalten: eine dicht bewachsene Schilffläche und eine offene Wasserfläche. Beide zeichnen sich durch hohe biologische Aktivität aus, jedoch sind Beschattung, Sauerstoff- und Temperaturdynamik verschieden. Dies führt zu unterschiedlichen Ab- und Umbaumechanismen, was am Beispiel von Fluoreszenztracern und Stofftransportmodellierung (OTIS) gezeigt werden konnte. Infolge witterungsbedingter hoher PSM-Ausbringung im Studiengebiet wurden im Bachlauf im Frühsommer 2016 hohe Konzentrationen für Boscalid, Penconazol und Metazachlor gemessen, die durch die Feuchtfächenkombination spürbar reduziert werden konnten. Unter Verwendung des Modells ZIN-AgriTra wurde der reaktive Stofftransport für dieses Teileinzugsgebiet erfolgreich simuliert, wobei die Analyseergebnisse vor und nach der Applikation sowie die Effekte von Niederschlagsereignissen auf den Stoffaustausch bestätigt wurden. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass besonders auf den Straßenflächen angesammelte PSM sofort abgeschwemmt werden und dass aufgrund unterschiedlicher Stoffeigenschaften die Austragspfade der PSM und TPs variieren können.

Ausblick

Bis Projektende sind weitere Untersuchungen zur möglichen Gefährdung durch identifizierte TPs, Prozessuntersuchungen von hydrologischen Tracern und Pestiziden in relevanten Umsatzräumen sowie eine weitere Verbesserung der erstellten Simulationsmodelle (FReWaB-neu, OTIS, ZIN-AgriTra und SWAT) geplant. Letztere werden belastbare Szenarioanalysen ermöglichen, wodurch sich die Wirkung weiterer Gewässerbewirtschaftungsmaßnahmen abschätzen lässt und diese als Kommunikationsmittel eingesetzt werden können. Die Kommunikationskonzepte in den Studiengebieten werden weiter umgesetzt und unterstützen den Transfer und Austausch von neuen Erkenntnissen über den Verbleib von Pestiziden und TPs in der Umwelt, mögliche Gefährdungspotenziale durch TPs und zur Implementierung von nachhaltigen Gewässerbewirtschaftungsmaßnahmen in das regionale Wassermanagement.

Literatur

- Biozid-Verordnung, EU/528/2012. Verordnung (EU) No. 528/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bereitstellung auf dem Markt und die Verwendung von Biozidprodukten.
- Burkhardt, M., Zuleeg, S., Vonbank, R., Bester, K., Carmeliet, J., Boller, M., Wangler, T., 2012. Leaching of biocides from façades under natural weather conditions. *Environ. Sci. Technol.* 46 (10), 5497–5503.
- Fenner K., Canonica S., Wackett L., Elsner M. 2013. Evaluating pesticide degradation in the environment: blind spots and emerging opportunities, *Science* 341(6147): 752-758.
- Kolychalow, O., Schmalz, B., Matthiesen, A., Ostendorp, G., Hippelein, M., Fohrer, N., 2012. Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und deren Metaboliten in privaten Trinkwasserbrunnen in Schleswig-Holstein. *Hydrologie & Wasserbewirtschaftung* 56 (4), 193-202.
- LAWA 2016. Mikroschadstoffe in Gewässern. Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ (LAWA-AO) Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).
- PflSchG 2012. Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz - PflSchG). Pflanzenschutzgesetz vom 6. Februar 2012 (BGBl. I S. 148, 1281), das zuletzt durch Artikel 4 Absatz 87 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist.
- Schmidt, C.K., Brauch, H.J., 2008. N,N-dimethylsulfamide as precursor for N-nitrosodimethylamine (NDMA) formation upon ozonation and its fate during drinking water treatment. *Environ. Sci. Technol.* 42, 6340-6346.
- Stiftung Warentest 2014. Die Reinheit geht baden, Natürliches Mineralwasser Test 08/2014, 20-27.

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. Klaus Kümmerer
Institut für Nachhaltige Chemie und Umweltchemie
Leuphana Universität Lüneburg
Scharnhorststr. 1
21335 Lüneburg
Telefon: 04131-677-2894
Email: [mutrewa\[at\]leuphana.de](mailto:mutrewa[at]leuphana.de)
Webseite: www.mutrewa.de