

Häufige Fragen zum Thema Pflanzenschutzmittel in Gewässern

Dieses Infoblatt erläutert aktuelle Fakten und gibt Antworten auf immer wiederkehrende Fragen zum Aufkommen und zur Wirkung von Pflanzenschutzmitteln, speziell im Wasser. Es bleiben auch Fragen offen – daher forschen unter anderem wir an der Eawag und am Ökotoxzentrum Eawag-EPFL weiterhin zu diesem Thema.

Was sind Pflanzenschutzmittel?

Unter dem Begriff Pflanzenschutzmittel (PSM) werden Substanzen und Organismen zusammengefasst, die primär eingesetzt werden, um (Nutz-)Pflanzen gegenüber (Schad-)Organismen wie Pilzen, Insekten, anderen Pflanzen, Mäusen etc. zu schützen, aber auch zum Schutz von Infrastrukturen (z.B. Nationalstrassen, Gleisanlagen) gegen unerwünschte Pflanzen. Der Begriff PSM ist nicht deckungsgleich mit dem Begriff Pestizide, da letzterer alle Substanzen umfasst, welche gegen unerwünschte Organismen eingesetzt werden, z.B. auch zum Schutz von Fassadenfarben gegen Pilz- und Algenbefall. Es gibt Substanzen, welche sowohl als PSM wie auch als Biozid Verwendung finden. Ein Beispiel ist Diuron: Es wird sowohl als PSM zur Unkrautvernichtung in der Landwirtschaft wie auch als Biozid in Fassadenfarben zum Schutz vor Algenbewuchs eingesetzt. Sämtliche PSM, die in der Schweiz in Verkehr gebracht werden, müssen gemäss PSM-Verordnung [1] vom Bund zugelassen werden. Im Folgenden beschränken wir uns auf chemische PSM. Organismen (z.B. Nützlinge oder Viren), die als PSM eingesetzt werden, sind hier nicht behandelt. Chemisch gesehen stellen PSM eine sehr diverse Gruppe dar. Dazu gehören sowohl anorganische Stoffe wie Schwefel oder Kupfer als auch organische Moleküle. Diese sind mehrheitlich künstliche Substanzen, können aber auch Naturprodukte sein, die z.B. aus Pflanzen gewonnen werden. Beispiele dafür sind das Insektizid Pyrethrum oder Rapsöl. Auch im Biolandbau werden PSM verwendet, z.B. Kupfer als Fungizid im Obst- und Rebbau. Es sind aber nur natürliche Substanzen zugelassen.

Wie viele PSM werden in der Schweiz eingesetzt?

Momentan (August 2014) sind in der Schweiz rund 340 Stoffe als PSM zugelassen. [2] Gemäss Verkaufszahlen werden in der Schweiz pro Jahr rund 2200 t PSM eingesetzt – etwa 1440 t synthetischorganische PSM, 360 t Mineral- und Rapsöl, Silikate, Tonminerale und Fettsäuren sowie rund 400 t Schwefel und Kupfer. Vergleiche mit Zahlen aus dem Ausland zeigen, dass in der Schweiz ähnlich grosse Mengen pro Landwirtschaftsfläche eingesetzt werden wie in anderen Ländern. [3]

Mengenmässig am bedeutsamsten sind die drei Gruppen Fungizide (Schutz vor/bei Pilzbefall), Herbizide (Unkrautvernichter) und Insektizide (Schutz vor/bei Befall durch Schadinsekten). Andere Gruppen wie Rodentizide (Nagetierbekämpfung) oder Molluskizide (Schneckenbekämpfung) sind von untergeordneter Bedeutung.

Wie wirken PSM und wo werden sie eingesetzt?

Der überwiegende Teil der PSM wird in Landwirtschaft eingesetzt. Allerdings fehlen verlässliche Zahlen zu Anwendungen ausserhalb der Landwirtschaft (z.B. Privatgärten, öffentliche Grünflächen). In der Landwirtschaft werden PSM ausgeprägt kulturspezifisch eingesetzt. Die Anwendungsmengen hängen stark vom Wirkstoff ab und bewegen sich zwischen etwa 10 und 4000 g pro ha und Anwendung. In Kulturen wie Obst, Beeren, Reben und Gemüse werden besonders viele Anwendungen durchgeführt.

- **Herbizide** hemmen die Photosynthese (z.B. Diuron, Terbutylazin), blockieren Enzyme (z.B. Glyphosat) oder unterbinden die Zellwandbildung (z.B. S-Metolachlor) von Pflanzen. Sie werden in den meisten Acker-, Obst- und Gemüsekulturen eingesetzt. Acker- und Obstkulturen werden meist einmal pro Jahr behandelt. Als Folge der Ausdehnung des Ackerbaus, aber auch verursacht durch eigentlich nicht erlaubte Anwendungen (z.B. auf Garagenvorplätzen) ist weit verbreitet auch mit Einträgen in Gewässer zu rechnen.

- **Fungizide** werden am intensivsten im Obst- und Rebbau verwendet. Hier kommen zwischen 9 und 16 Spritzungen vom Frühling bis wenige Wochen vor der Ernte vor. Auch im Kartoffelanbau ist die Behandlung recht intensiv (durchschnittlich 5 bis 6 Fungizidanwendungen). Der Getreidebau benötigt deutlich weniger Fungizide (1-2 Anwendungen): Zum Schutz vor dem echten Mehltau werden zum Beispiel Wirkstoffe aus der Gruppe der Triazole eingesetzt. Sie hemmen die Bildung von Ergosterol, einem wichtigen Bestandteil der Zellmembranen von Pilzen und Hefen. Der extensive Getreideanbau (Extensio) kommt gänzlich ohne Fungizide aus. Andererseits ist sämtliches Saatgut von Getreide, Mais, Raps und Zuckerrü-

ben mit Fungiziden gebeizt, um schon die Keimlinge vor Befall zu schützen. Im Gemüsebau sind die Anwendungen kulturspezifisch und stark vom Witterungsverlauf geprägt. Da Kulturen mit hohem Fungizideinsatz v.a. in bestimmten Regionen angebaut werden, ist auch bei Gewässerbelastungen mit regionalen Unterschieden zu rechnen.

• **Insektizide** wirken auf das zentrale Nervensystem und sind für Insekten besonders toxisch. Sie werden vorwiegend im Obst- und Rebbau eingesetzt. Auch Raps, Kartoffeln sowie gewisse Gemüse sind stark anfällig auf Insektenbefall. Teilweise wird das Saatgut mit Insektiziden gebeizt (Mais, Zuckerrüben: 100%, Raps: 35%, Getreide: 5%). Dabei kommen auch Neonicotinoide zum Einsatz, die für gewisse Kulturen (Zuckerrübe, Raps) wegen ihrer Bienengiftigkeit als Beizmittel inzwischen verboten sind. Andere Insektizide werden direkt auf die Pflanze gespritzt. Dazu gehören vor allem die Gruppen der Organophosphate, Carbamate und Pyrethroide. Räumlich gesehen ist der Insektizideinsatz in Obst- und Rebbau-Gebieten besonders hoch.

Wie gelangen PSM in Gewässer?

Während und nach der Anwendung von PSM können die Stoffe durch eine Reihe von Transportprozessen in Gewässer gelangen: Während der PSM-Anwendung können Tröpfchen der Spritzbrühe über die Luft in Oberflächengewässer gelangen (Drift). Mengenmässig ist das aber in der Schweiz gemäss vorliegenden Messungen von untergeordneter Bedeutung. Wichtiger ist die Abschwemmung von behandelten Flächen, aber auch von Strassen (Driftdeposition, Spritzverluste) während Regenereignissen nach der Anwendung. Auch der schnelle Transport durch grosse Poren im Boden in Drainagen kann bedeutsam sein. Durch Makroporen können Stoffe auch in Richtung Grundwasser verlagert werden. In Flussnähe können PSM zudem durch Uferfiltration ins Grundwasser gelangen.

Die genannten Prozesse treten auch bei vorschriftsmässigem Umgang mit PSM auf. Messungen und Beobachtungen in Gewässern und Kläranlagen zeigen, dass es daneben immer wieder Einträge durch unsachgemässe Handhabung gibt, z.B. falsche Entsorgung, unsachgemässe Reinigung von Spritzge-

räten oder Unfälle. Die Bedeutung solcher Vorfälle ist bisher jedoch nur in Einzelfällen dokumentiert.

Wann gelangen PSM in Gewässer und in welchen Mengen?

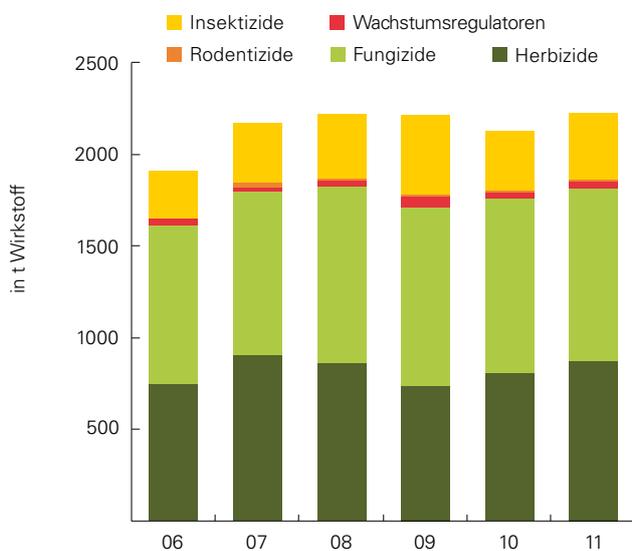
In Fliessgewässern werden häufig in den Wochen nach der Anwendung während Regenereignissen hohe Konzentrationen gemessen. Übers Jahr betrachtet treten diese Spitzen stark saisonal auf. Sie folgen recht eng dem Anwendungsmuster der PSM. Langjährige Messreihen anhand des Maisherbizids Atrazin (heute nicht mehr zugelassen) zeigen, dass die jährliche Herbizidverlustrate in die Fliessgewässer proportional mit der Abflussmenge während der Anwendungsperiode zunimmt. [5] Die dabei festgestellten Verlustraten (= Anteil der in einem Einzugsgebiet pro Jahr ausgebrachten PSM, der in die Gewässer gelangt) bewegten sich für Atrazin zwischen weniger als 1% der ausgebrachten Menge unter günstigen und etwa 3.5% unter ungünstigen Witterungsbedingungen. Im Vergleich zu grossen Teilen Europas müssen die Witterungsbedingungen in der Schweiz generell als eher ungünstig bezeichnet werden. Zudem treten kleinräumig grosse Unterschiede auf, teilweise als Folge einer nicht standortgerechten Bewirtschaftung. Für viele andere PSM liegen die Verlustraten in einem ähnlichen, weiten Bereich, allenfalls auch tiefer. Der allergrösste Teil der PSM verbleibt somit auf den Pflanzen oder wird in den Böden abgebaut. Ins Grundwasser gelangen diejenigen PSM, die grossflächig und in grossen Mengen angewendet werden und die aufgrund ihrer Substanzeigenschaften mobil und langlebig sind. Dabei handelt es sich praktisch ausschliesslich um Herbizide.

Wie hoch sind PSM-Konzentrationen in Schweizer Gewässern?

Im Grundwasser werden im Messnetz der nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA v.a. Abbauprodukte von Herbiziden nachgewiesen. PSM selber werden hingegen deutlich seltener und in tieferen Konzentrationen gefunden. Für Abbauprodukte wurden an 20% der Messstellen Werte > 0,1 µg/l festgestellt, für die Wirkstoffe hingegen nur an 2%. [6]

Für Oberflächengewässer gibt es kein schweizweites Messnetz zur Erfassung von PSM-Konzentrationen. Den besten Überblick vermittelt bisher eine Zusammenstellung kantonal verfügbarer Messdaten aus dem Jahr 2012. Von 203 untersuchten Pestiziden (Biozide und PSM) wurden zwischen 2005 und 2012 in Schweizer Fliessgewässern 162 nachgewiesen [7]. 98 Stoffe wiesen mindestens einen Messwert oberhalb des Anforderungswerts der eidgenössischen Gewässerschutzverordnung (GSchV) [8] von 0,1 µg/l pro Einzelstoff auf. Bei 60 Substanzen lag der maximale Wert über 1 µg/l. Bei fast 10% der 203 Stoffe wurden sogar Konzentrationen über 10 µg/l gemessen. Die höchsten Belastungen wurden in kleinen Fliessgewässern und zwar im Juni und Juli beobachtet.

Die Daten von Bund und Kantonen aus dem Jahr 2012 zeigen, dass die Pestizidbelastung in Fliessgewässern durch PSM aus der Landwirtschaft dominiert wird. In kleinen Fliessgewässern – sie machen bezogen auf die Länge rund 75% des Schweizer Gewässernetzes aus – sind die Konzentrationen besonders hoch.7 Aber auch mittelgrosse Fliessgewässer sind verunreinigt. Untersuchungen in fünf, für intensive landwirtschaftliche Nutzungen repräsentativen Einzugsge-



Verkaufte PSM-Wirkstoffe in den Jahren 2006-2011 in der Schweiz; Quelle: [4].

bieten im Mittelland zeigen, dass diese Gewässer beachtliche PSM-Mischungen enthalten. In den meisten Proben wurden 30-50 PSM-Wirkstoffe nachgewiesen. Die Konzentrationssummen lagen mehrheitlich über 1 µg/l. Dabei haben die Herbizide und Fungizide einen grossen Anteil an der Gesamtkonzentration.

Die Daten von Bund und Kantonen aus dem Jahr 2012 zeigen, dass die Pestizidbelastung in Fliessgewässern durch PSM aus der Landwirtschaft dominiert wird. In kleinen Fliessgewässern – sie machen bezogen auf die Länge rund 75% des Schweizer Gewässernetzes aus – sind die Konzentrationen besonders hoch.[7]

Aber auch mittelgrosse Fliessgewässer sind verunreinigt. Untersuchungen in fünf, für intensive landwirtschaftliche Nutzungen repräsentativen Einzugsgebieten im Mittelland zeigen, dass diese Gewässer beachtliche PSM-Mischungen enthalten. [10] In den meisten Proben wurden 30-50 PSM-Wirkstoffe nachgewiesen. Die Konzentrationssummen lagen mehrheitlich über 1 µg/l. Dabei haben die Herbizide und Fungizide einen grossen Anteil an der Gesamtkonzentration.

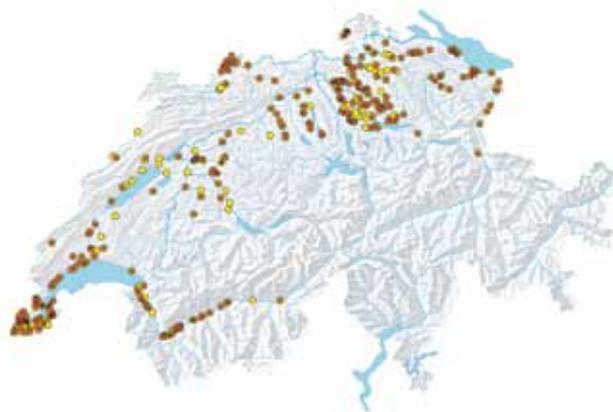
Wie wirken PSM in Gewässern?

Grundsätzlich sind PSM in Gewässern unerwünscht, da PSM ihre Wirkung nicht nur bei den Schadorganismen der landwirtschaftlichen Kulturen, sondern auch bei anderen Lebewesen (Nicht-Zielorganismen) einschliesslich des Menschen zeigen. [11]

Weil das Grundwasser die wichtigste Trinkwasserressource der Schweiz ist, dürfen darin aus Vorsorgegründen pro Einzelstoff nicht mehr als 0.1 µg/l enthalten sein. Die heute im Grundwasser gefundenen PSM-Konzentrationen stellen nach aktuellem Wissensstand keine Gefahr für die menschliche Gesundheit dar.

Aufgrund ihres jeweiligen Wirkmechanismus können Herbizide primär Wasserpflanzen und Algen, Insektizide dagegen vor allem Wirbellose (Krebstiere, Insekten, etc.) beeinträchtigen. Bei Fungiziden sind die Auswirkungen schlechter bekannt. Triazolfungizide können den Abbau von Laub im Gewässer durch Pilze stören. Damit beeinträchtigen sie die Nahrungsgrundlage für laubfressende wirbellose Tiere wie Bachflohkrebse. Auf einzelne Fungizide (z.B. Cyprodinil) reagieren Fische und Wirbellose besonders empfindlich. Insektizide sind die giftigsten PSM-Wirkstoffe. Sie können schon bei sehr geringen Konzentrationen zu Schäden führen, wie z.B. zu einer Verminderung der Schwimmfähigkeit bei aquatischen Lebewesen oder zur Schwächung des Geruchssinns und des Immunsystems bei Fischen. Das kann zu einem verstärkten Befall mit Krankheitserregern, einer Minderung des Fortpflanzungserfolges und erhöhter Sterblichkeit (z.B. bedingt durch Räuber) führen.

Ausser bei Unfällen und Fehlmanipulationen führen die in der Schweiz gemessenen PSM-Konzentrationen in Fliessgewässern nicht akut zum Sterben ganzer Lebensgemeinschaften. Der Einfluss der charakteristischen kurzzeitigen Konzentrationsspitzen auf empfindliche Arten ist bis heute aber nicht geklärt. Eawag-Forscher haben anhand der typischerweise stark schwankenden Belastungen mit Pflanzenschutzmitteln nachgewiesen, dass die Dauer zwischen zwei Konzentrationsspitzen wesentlich darüber entscheiden kann, ob Organismen dauerhaft geschädigt werden oder sich wieder erholen können. [12]



- > AA-EQS über chronischem Qualitätskriterium
- > MAC-EQS über akutem Qualitätskriterium
- > RAC über regulatorisch akzeptabler Konzentration

Quelle: Nationale Beobachtung der Oberflächengewässerqualität; Erläuterungen zu den Qualitätskriterien: siehe Faktenblatt EQS-RAQ [9].

onsspitzen wesentlich darüber entscheiden kann, ob Organismen dauerhaft geschädigt werden oder sich wieder erholen können. [12]

Auch die Wirkungen der nachgewiesenen PSM-Mischungen auf die aquatischen Lebensgemeinschaften sind bisher unzureichend verstanden. Durch Stoffgemische werden in der Regel stärkere Effekte ausgelöst als durch jeden einzelnen Stoff im Gemisch. Zusätzlich können neue Stressfaktoren, wie wärmeres Wasser oder höhere UV-Strahlung als Folge der Klimaveränderung, dazu führen, dass Organismen mehr mit Verunreinigungen zu kämpfen haben. Schliesslich sollten auch die Abbau- oder Umwandlungsprodukte in die Betrachtung einbezogen werden. So wurde gezeigt, dass 30% der Umwandlungsprodukte von rund 40 untersuchten Pestiziden gleich oder sogar stärker toxisch sind als die Ausgangsverbindung. [13]

Wie werden die Anforderungen an die Wasserqualität festgelegt?

Für die PSM Zulassung zuständig ist das Bundesamt für Landwirtschaft. Bevor ein PSM in der Schweiz verkauft werden darf, wird gemäss der Pflanzenschutzmittelverordnung (PSMV) von Fachleuten der landwirtschaftlichen Forschungsanstalten eine Risikobewertung durchgeführt, in der auch das Risiko für Gewässer beurteilt wird. Nur wenn dieses Risiko als akzeptabel beurteilt wird, gegebenenfalls unter Berücksichtigung von Anwendungsaufgaben, darf die Substanz in der Schweiz als PSM angewendet werden. Die Risikobewertung basiert auf vorhergesagten Gewässerkonzentrationen (Modellrechnungen) und im Labor oder unter Freilandbedingungen durchgeführten Untersuchungen mit Pflanzen und Tieren.

Zur Beurteilung der Wasserqualität werden die gemessenen Pestizidkonzentrationen mit der in der GSchV festgelegten numerischen Anforderung von 0,1 µg/l je Einzelstoff verglichen. Diese generelle Anforderung zielt, dem Vorsorgeprinzip entsprechend, auf möglichst niedrige Pestizid-

konzentrationen in allen Gewässern. Sie erlaubt jedoch nicht, in Fließgewässern die Wasserqualität anhand der ökotoxikologischen Auswirkungen der PSM zu beurteilen. In der GSchV sind zwar «andere Werte aufgrund von Einzelstoffbeurteilungen im Rahmen des Zulassungsverfahrens» vorbehalten. Solche abweichenden Werte wurden bisher vom Bundesrat jedoch nicht festgelegt. Das Ökotoxzentrum hat für verschiedene PSM und weitere Pestizide differenzierte Vorschläge für Qualitätskriterien in Fließgewässern erarbeitet, die in die GSchV aufgenommen werden könnten [14] In der EU werden als effektbasierte Qualitätskriterien EQS-Werte (Environmental Quality Standards) festgelegt. Auch zur Beurteilung der Gemisch-Toxizität in Fließgewässern hat das Ökotoxzentrum einen Vorschlag gemacht. [15]

Antworten auf Fragen zu den Unterschieden zwischen der Bewertung der Auswirkungen auf aquatische Lebewesen im Rahmen der PSM-Zulassung und für die Beurteilung der Wasserqualität von Fließgewässern finden sich in einem separaten Faktenblatt. [9]

Wie können PSM-Belastungen in Gewässern verhindert werden?

Gemäss GSchV (Artikel 47) müssen die Behörden Massnahmen prüfen und dafür sorgen, dass erforderliche Massnahmen getroffen werden, wenn ein Gewässer die Anforderungen an die Wasserqualität nicht erfüllt. Massnahmen zur Verminderung der PSM-Einträge in Gewässer decken einen sehr breiten Handlungsraum ab. Sie reichen vom Zulassungsverfahren für PSM über die landwirtschaftliche Praxis bis zum Konsumverhalten der Bevölkerung. Das Thema geht damit über das Ziel dieses Faktenblattes hinaus. Der Bundesrat hat am 21. Mai 2014 die Ausarbeitung eines nationalen Aktionsplans zur Risikominimierung und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln befürwortet. Im entsprechenden erläuternden Bericht sind zahlreiche mögliche Handlungsfelder beleuchtet. [16]

Quellen: (Blau = Internetverknüpfungen)

- 1 [Verordnung über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln \(PSMV\) vom 12. Mai 2010; SR 916.161.](#)
- 2 [Bundesamt für Landwirtschaft: Pflanzenschutzmittelverzeichnis](#)
- 3 [Spycher S. et al.: Einsatz von Pflanzenschutzmitteln: Entwicklungen in der EU und in der Schweiz. Agrarforschung Schweiz 2 \(5\): 232–234, 2011](#)
- 4 [Spycher S. et al.: Indikatoren für den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Schweiz. Agrarforschung Schweiz. 4, \(4\), 2013, 192-199](#)
- 5 [Singer, H. et al.: Pestizidbelastung von Oberflächengewässern. Auswirkungen der ökologischen Massnahmen in der Landwirtschaft. gwa 2005\(11\): 879 - 886.](#)
- 6 [Ergebnisse NAQUA: Pflanzenschutzmittel im Grundwasser, <http://www.bafu.admin.ch/grundwasser/07500/07563/07579/index.html?lang=de>](#)
- 7 [Munz N. et al.: Pestizidmessungen in Fließgewässern. Schweizweite Auswertung. Aqua&Gas Nr. 11/2012.](#)
- 8 [Gewässerschutzverordnung \(GSchV\) vom 28. Oktober 1998; SR 814.201: <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19983281/index.html>](#)
- 9 [Beurteilung von Pflanzenschutzmittelkonzentrationen im Gewässer: Was unterscheidet Überwachungswerte \(EQS\) von Zulassungswerten \(RAC\); Faktenblatt Ökotoxzentrum Eawag-EPFL; Juni 2014](#)
- 10 [Wittmer I. et al.: Über 100 Pestizide in Fließgewässern; Aqua&Gas Nr. 3/2014; S. 32ff](#)
- 11 [Moschet C. et al.: How A Complete Pesticide Screening Changes the Assessment of Surface Water Quality, \(2014\). Environmental Science and Technology, 48 \(10\), pp. 5423-5432. DOI: 10.1021/es500371t](#)
- 12 [Ashauer R.: Effekte schwankender Schadstoffbelastungen; Eawag News 67/2009 Science & Technology 37, 4617–4625 \(2003\).](#)
- 13 [Sinclair C.J., Boxall A.B.A.: Assessing the ecotoxicity of pesticide transformation products. Environmental Science & Technology 37, 4617–4625 \(2003\).](#)
- 14 [Vorschläge für akute und chronische Qualitätskriterien für ausgewählte schweizrelevante Substanzen; \(Ökotoxzentrum Eawag-EPFL; 2012 – Liste im Internet\).](#)
- 15 [Junghans M. et al.: Toxizität von Mischungen; Aktuelle, praxisorientierte Ansätze für die Beurteilung von Gewässerproben; Aqua&Gas Nr. 5/2013](#)
- 16 [Bedarfsabklärung eines Aktionsplans zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln \(pdf\) – Bericht des Bundesrates vom 21.5.2014. \[Postulat Tiana Moser \\(glp/ZH\\)\]\(#\); siehe dazu auch: Aktionsplan zur Risikominimierung und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. \[Interpellation Silva Semadeni \\(sp/GR\\): Wie viel Pestizide vertragen unsere Gewässer?\]\(#\)](#)

Ansprechpersonen

Eawag: Dr. Christian Stamm, Abteilung Umweltchemie, christian.stamm@eawag.ch

Ökotoxzentrum Eawag-EPFL: Dr. Marion Junghans, Risikobewertung, marion.junghans@oekotoxzentrum.ch

Autorinnen/Autoren dieses Faktenblatts: Marion Junghans, Inge Werner, Christian Stamm, Rik Eggen, Andri Bryner

Adressen

Ökotoxzentrum, Eawag, Überlandstrasse 133, Postfach 611, CH-8600 Dübendorf, +41 (0)58 765 55 62, info@oekotoxzentrum.ch, www.oekotoxzentrum.ch

Eawag, Überlandstrasse 133, Postfach 611, CH-8600 Dübendorf, +41 (0)58 765 55 11, info@eawag.ch, www.eawag.ch