

PESTIZIDMESSUNGEN IN FLIESSGEWÄSSERN

SCHWEIZWEITE AUSWERTUNG

Die Schweizer Fließgewässer werden, mehrheitlich von kantonalen Gewässerschutzfachstellen, auf eine grosse Anzahl von Pestiziden (Biozide und Pflanzenschutzmittel, PSM) untersucht. Erstmals werden hier die zur Verfügung gestellten Messdaten, die anzahlmässig von PSM dominiert werden, aus einer nationalen Perspektive interpretiert. 98 der 162 nachgewiesenen Pestizide wiesen an über 70% der 565 untersuchten Standorte Konzentrationen über 0,1 µg/l auf. Die höchste Belastung wurde in kleinen Fließgewässern im Juni und Juli beobachtet.

Nicole Munz; Christian Leu, BAFU
Irene Wittmer, Eawag

CHARGE EN PESTICIDES DES COURS D'EAU EN SUISSE

L'objectif de cet article est de donner une vue d'ensemble actuelle de la charge en pesticides des cours d'eau en Suisse. L'application de la loi fédérale sur la protection des eaux, et donc la surveillance de l'état des cours d'eau, est de la compétence des cantons. Pour cette étude, des données d'analyses de pesticides effectuées entre 2005 et 2012 ont été récoltées, principalement auprès des services cantonaux de la protection des eaux, de la station internationale de surveillance du Rhin à Weil am Rhein (D) (Internationale Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein, RÜS) et des commissions internationales pour la protection des eaux, et ont été pour la première fois interprétées d'un point de vue national.

Les données de pesticides évaluées proviennent de 565 sites de prélèvement dans des cours d'eau, dont la majorité est située sur le Plateau Suisse. En tout 345 000 valeurs mesurées ont été regroupées dans une banque de données. De cette banque de données, 203 des 281 substances actives organiques avec un effet biocides ont été prises en compte pour l'évaluation. Les pesticides considérés (203) étaient, au moins temporairement, homologués entre 2005 et 2012 comme produit phytosanitaire ou biocide. Parmi les 203 pesticides analysés, 162 ont été détectés au moins une fois au-dessus de la limite de quantification. Dans l'ensemble, les produits phytosanitaires constituent la plus grande partie des pesticides recherchés alors que les biocides n'ont été analysés >

EINLEITUNG

Pflanzenschutzmittel (PSM) und Biozide, zusammengefasst unter dem Begriff Pestizide, werden regelmässig in Fließgewässern nachgewiesen. Ihre potenziellen nachteiligen Einwirkungen auf die aquatische Umwelt sind unbestritten, zumal viele dieser Stoffe gezielt eingesetzt werden, um unerwünschte Organismen zu bekämpfen. PSM werden in der Landwirtschaft und im Siedlungsraum appliziert, vor allem um Pflanzen und Pflanzenerzeugnisse vor Schadorganismen zu schützen und um unerwünschte Pflanzen zu vernichten. Biozide dagegen haben andere Verwendungszwecke: Sie werden beispielsweise zum Schutz von Mauern und Fassaden und zur Schädlingsbekämpfung im Haushalt eingesetzt.

Aktuell sind in der Schweiz 339 Wirkstoffe für die Verwendung in PSM zugelassen (Anhang 1 Pflanzenschutzmittelverordnung, PSMV, Stand 2012, [1]) und 270 Wirkstoffe für verschiedenste Anwendungen als Biozid (Biozidprodukteverordnung, VBP, Stand 2012, [2, 3]). Ein einzelner Wirkstoff, wie zum Beispiel Diuron, kann gleichzeitig als PSM und Biozid zugelassen sein und wird in diesem Artikel als «doppelt zugelassen» bezeichnet. Wenn ein Wirkstoff, wie z.B. Glyphosat, nur als PSM zugelassen ist, wird in diesem Artikel von einem «reinen PSM» gesprochen, und umgekehrt, wenn er nur als Biozid zugelassen ist (z.B. DEET), von einem «reinen Biozid».

PSM und Biozide können aus Siedlungs- und Landwirtschaftsgebieten während der Anwendung (z. B. durch Abdrift) oder regengetrieben nach der Anwendung via Oberflächenabfluss, Drainagen, Meteorwasserleitungen oder Überläufe in Oberflächengewässer eingetragen werden. Zusätzlich können Arbeiten vor und nach der Anwendung, wie z. B. die Reinigung von Spritzgeräten oder Pinseln, zu Pestizid-Einträgen in Oberflächengewässer führen. Alle diese Einträge sind auf eine kurze Zeit beschränkt und gelangen, meist ohne Kläranlagenpassage, als diffuse Einträge direkt in die Oberflächengewässer, wo sie oft zu relativ kurzen Konzentrationsspitzen führen. Im Gegensatz zu den Biozid-Einträgen sind die PSM-Einträge saisonal während den Applikationsperioden am ausgeprägtesten.

Es sind vor allem kleinere Bäche, die nicht durch Kläranlagen-Einträge belastet sind, in denen die höchsten Pestizid-Belastungsspitzen erwartet und gefunden werden. Wie bedeutend aber sind kleinere Bäche im gesamten Schweizer Gewässernetz? Eine Analyse der Flussordnungszahl (FLOZ) lässt erkennen, dass kleine Gewässer (FLOZ 1 und 2) 80% des gesamten 65 000 km langen Gewässernetzes ausmachen (Fig. 1, [4]). Diese kleinen Gewässer sind nicht nur streckenmässig relevant, sondern auch von ökologischer Bedeutung. Zeitlich hochaufgelöste Feldstudien zeigten zudem, dass in kleinen Bächen Konzentrationsspitzen auftreten [z. B. 5, 6], die vielfach höher sind als in grossen Fließgewässern (Fig. 2).

Aufgrund der oben genannten Faktoren ist es schwierig, die Pestizidbelastung der Schweizer Fließgewässer umfassend zu ermitteln und zu beschreiben. Der Vollzug des Gewässerschutzgesetzes (GSchG, [8]) und damit die Überwachung des Gewässerzustandes ist in der Schweiz im Wesentlichen Aufgabe der Kantone. In den letzten zehn Jahren wurden von den Kantonen vermehrt Kampagnen zur Bestimmung von Pestiziden in Fließgewässern durchgeführt. Da der Bund kein Messnetz zur regelmässigen Untersuchung von Pestiziden in Oberflächengewässern betreibt, fehlte aber bisher eine umfassende, nationale Analyse der Pestizidbelastung in Schweizer Fließgewässern.

Im vorliegenden Artikel wird erstmals ein Vergleich der in der Schweiz angewendeten Untersuchungskonzepte sowie eine schweizweite Auswertung der Pestizid-

belastung der Fließgewässer präsentiert. Dafür wurden mehr als 345 000 Messwerte vorwiegend aus den Jahren 2005 bis 2010 und einige wenige aus den Jahren 2011 und 2012 ausgewertet. Die Daten wurden dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) hauptsächlich von 18 kantonalen Gewässerschutzfachstellen, internationalen Gewässerschutzkommissionen und

der internationalen Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein (RÜS) zur Verfügung gestellt.

UNTERSUCHUNGSKONZEPTE

Der Datensatz weist aufgrund der verschiedenen Datenquellen eine grosse Heterogenität in Bezug auf untersuchte

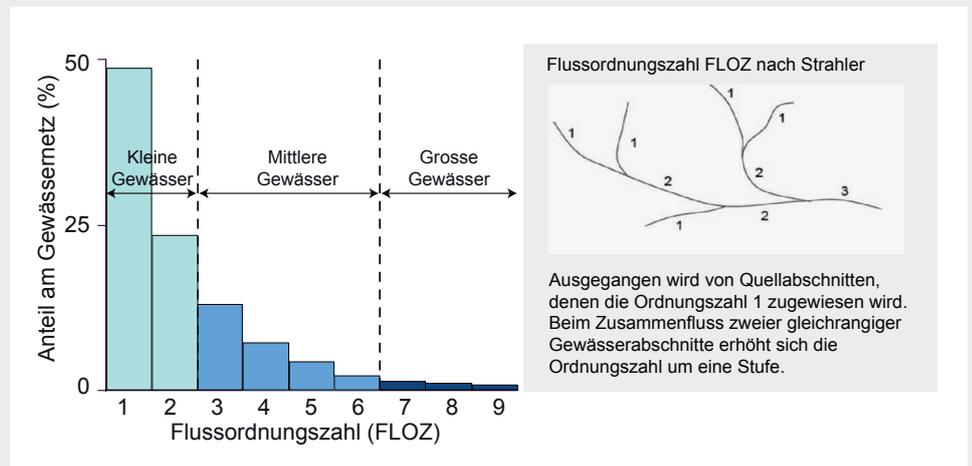


Fig. 1 Anteil der Fließstrecke pro Flussordnungszahl (FLOZ) in Prozent des gesamten Gewässernetzes der Schweiz [4]. In diesem Artikel werden Fließstrecken der FLOZ 1 und 2 als «kleine», FLOZ 3 bis 6 als «mittlere» und FLOZ 7 bis 9 als «grosse» Gewässer bezeichnet

Pourcentage de tronçons de cours d'eau par «numéros d'ordre des cours d'eau» (NOCE) par rapport au réseau hydrographique suisse entier [4]. Dans cet article les tronçons de NOCE 1 et 2 sont nommés «petit» (klein), ceux de NOCE 3 à 6 «moyen» (mittel) et ceux de NOCE 7 à 9 «grand» (gross)

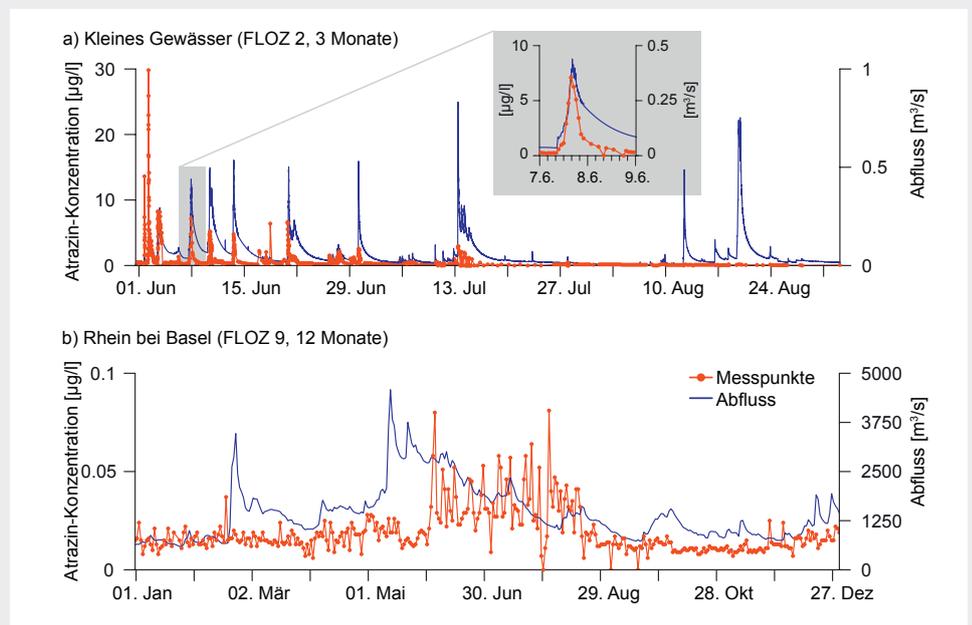


Fig. 2 Grosse Unterschiede im Konzentrationsniveau (Faktor 300) von Atrazin-Messungen im Jahr 1999 a) in einem kleinen Bach im Zürcher Oberland [6] und b) im Rhein bei Basel [7]. Diese Daten wurden im Jahr 1999 erhoben und werden deshalb für die Auswertung in diesem Artikel (Daten von 2005 bis 2012) nicht berücksichtigt

Grandes différences de concentration (facteur 300) d'Atrazine dans les prélèvements de 1999 a) dans un petit ruisseau de l'Oberland zurichois [6] et b) dans le Rhin à Bâle [7]. Ces données ont été relevées en 1999, c'est pourquoi elles ne sont pas considérées dans l'analyse de cet article (données de 2005 à 2012)

Pestizide und Art der Probenahme auf. Diese beiden Aspekte werden im Folgenden näher betrachtet.

UNTERSUCHTE PESTIZIDE

Insgesamt enthält der Datensatz 281 organische Wirkstoffe mit bioziden Eigenschaften. Davon waren 203 in den Jahren 2005 bis 2012 mindestens zeitweise für die Verwendung als PSM oder Biozid zugelassen (Fig. 3a). Der Datensatz enthält somit 78 organische Wirkstoffe mit bio-

ziden Eigenschaften, die nicht in diesem Zeitraum zugelassen waren und für die weiteren Auswertungen nicht berücksichtigt wurden. Zusätzlich sind Messwerte für 94 Pestizid-Metaboliten vorhanden. Die Auswertung berücksichtigte nur Pestizid-Wirkstoffe, keine Metaboliten. Von den 203 untersuchten Pestiziden waren 149 im betrachteten Zeitraum (2005 bis 2012) ausschliesslich für die Verwendung als PSM zugelassen und 18 ausschliesslich für die Verwendung als

Biozid (Fig. 3a). Ein Fünftel (n = 36) der untersuchten Pestizide war sowohl als PSM als auch als Biozid zugelassen. In der Gruppe der untersuchten PSM («reine» und «doppelt zugelassene») sind mit rund 50% die Herbizide am stärksten vertreten (30% Fungizide, 20% Insektizide). Die Liste der für die Verwendung als PSM und/oder Biozid zugelassenen Wirkstoffe unterliegt stetem Wandel, so sind aktuell (2012) nur noch 166 der 203 untersuchten Wirkstoffe zugelassen (Fig. 3b). Die Wirkstoffpaletten der Messprogramme sollten deshalb periodisch angepasst werden, was aber nebst anderem von der analytischen Machbarkeit und den angebotenen Analytikprogrammen beeinflusst wird.

In keiner Probe wurden alle 203 Pestizide untersucht. Die Anzahl untersuchter Pestizide pro Probe reichte von einem Wirkstoff bis zu maximal 96 verschiedenen Wirkstoffen, wobei in der Hälfte aller Proben zwischen 13 und 44 Wirkstoffe untersucht wurden. Dies zeigt, dass die untersuchten Wirkstoffpaletten stark variieren.

70 der 100 im Jahr 2010 meistverkauften PSM sind im vorliegenden Datensatz enthalten [9]. Im Gegensatz zu den PSM werden die Biozidverkaufsmengen in der Schweiz nicht systematisch erhoben. Es kann folglich nicht beurteilt werden, ob auch die meistverwendeten Biozide untersucht wurden.

PROBENAHMEN

Die ausgewerteten Daten stammen von Pestizid-Messungen an 565 verschiedenen Standorten an Fliessgewässern (Fig. 4). Im Schnitt wurden aber pro Jahr nur 150 Standorte untersucht. Die meisten Standorte wurden folglich nur in einem Jahr untersucht.

Im Zeitraum zwischen 2005 und 2012 reicht die Anzahl Proben pro Standort von einer einzelnen bis 2500 Proben bei der Rheinüberwachungsstation (RÜS). Die allermeisten Standorte, mehr als 90%, wiesen in diesem Zeitraum allerdings weniger als 25 Proben auf. Diese Zahlen deuten darauf hin, dass häufiger Spezial-Messprogramme als langjährige Monitorings durchgeführt wurden. Im Datensatz sind einzelne, sehr intensiv beprobte Standorte vorhanden. Standorte mit zeitlich hochaufgelösten Proben während einzelnen Regenereignissen, wie z.B. in Figur 2a gezeigt, sind hingegen kaum vorhanden.

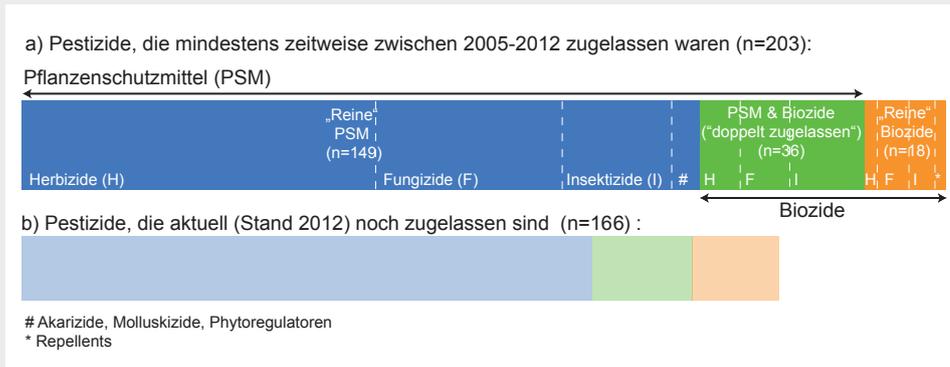


Fig. 3 Zulassungsstatus untersuchter Pestizide: a) Anzahl der untersuchten Pestizide, die zwischen 2005 und 2012 mindestens zeitweise noch zugelassen waren, aufgeteilt nach «reinen PSM» (blau), «reinen Bioziden» (orange) und «doppelt zugelassenen» (grün). Die einzelnen Gruppen sind zusätzlich aufgeteilt in Wirkstoffgruppen (Herbizide, Fungizide, Insektizide), b) Anzahl der untersuchten Pestizide, die im Mai 2012 zugelassen waren. Die Länge der Balken ist proportional zur jeweiligen Anzahl

a) Nombre de pesticides analysés, au moins temporairement homologués entre 2005 et 2012. Répartition entre produits phytosanitaires (bleu), biocides (orange) et homologation pour les deux usages (vert). Répartition également en groupes de substances actives (herbicides, fongicides, insecticides), b) nombre de pesticides recherché, encore homologués en mai 2012. La longueur des barres est proportionnelle aux valeurs

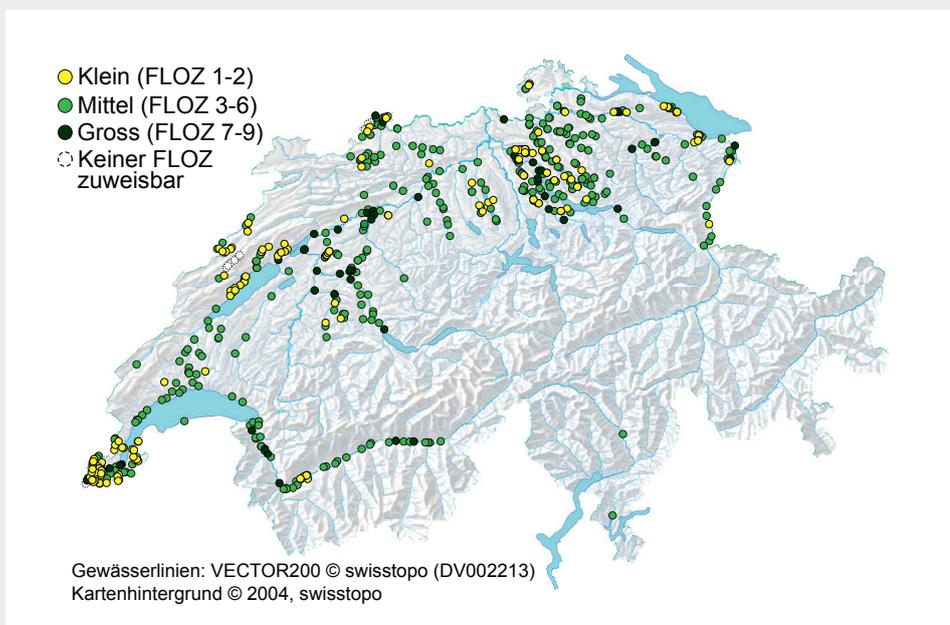


Fig. 4 Alle untersuchten Fliessgewässer-Standorte (n = 565) mit Pestizidmessungen im Zeitraum 2005 bis 2012, aufgeschlüsselt nach Gewässergrösse

Tous les sites de prélèvement dans les cours d'eau (n = 565) où des pesticides ont été mesurés depuis 2005 à 2012, catégorisé par grandeur de cours d'eau

Die 565 untersuchten Standorte sind gleichmässig über das Mittelland verteilt. Aus der Innerschweiz, Graubünden, dem Jura und dem Tessin lagen praktisch keine Pestizidmessungen vor. Im Wallis wurden die Rhone und ihre Zuflüsse untersucht. Obwohl der überwiegende Anteil der gesamten Fliessstrecke in der Schweiz kleine Gewässer sind (Fig. 1), lag nur ein Viertel der untersuchten Standorte an solchen (Fig. 4 und 5).

Der Datensatz ohne die Proben der RÜS enthält etwa gleich viele Misch- wie Stichproben (Fig. 5). Als Mischproben werden alle Proben bezeichnet, die aus mehreren Teilproben bestehen. Dies können sowohl Tagesmischproben als auch bis zu Zweiwochen-Mischproben sein. Etwa ein Viertel aller Proben stammen von der RÜS, wo eine Vielzahl von Pestiziden in kontinuierlich gezogenen Tagesmischproben analysiert wird.

Die Saisonalität des PSM-Einsatzes ist im Datensatz gut abgedeckt, da in den Frühlings- und Sommermonaten deut-

lich mehr Proben genommen wurden als im Rest des Jahres (Fig. 6).

BELASTUNGSANALYSE

KONZENTRATIONSBEREICHE UND EINFLUSSFAKTOREN

Das Ausmass der erfassten Pestizidbelastung in Fliessgewässern hängt von verschiedensten Faktoren wie Gewässer- und Einzugsgebietsgrösse, Applikationsperiode, Probenahme oder Landnutzung inklusive Verwendungsmengen im Einzugsgebiet ab. Im Folgenden wird der Datensatz für die 203 zwischen 2005 und 2012 mindestens zeitweise zugelassenen Pestizide auf diese Einflussfaktoren hin analysiert.

PSM versus Biozide

Rund 80% der 203 untersuchten Pestizide wurden in Schweizer Fliessgewässern mindestens einmal nachgewiesen (Fig. 7), wobei für diejenigen, die nicht nachgewiesen wurden, tendenziell weniger Messwerte vorlagen. Die Hälfte der Pestizide (n = 98) wies mindestens einen Messwert oberhalb des numerischen Anforderungswerts der Gewässerschutzverordnung (GSchV) [10] von 0,1 µg/l auf, ein Drittel Messwerte über 1 µg/l. Bei fast 10% der Pestizide wurden sogar Konzentrationen über 10 µg/l gemessen (Fig. 7).

Obwohl anzahlmässig sehr viel mehr PSM untersucht wurden als Biozide, ist das Verhältnis der nachgewiesenen zu den untersuchten Wirkstoffen für beide ähnlich (Fig. 7). Aufgrund der sehr geringen Anzahl untersuchter Biozide kann allerdings nicht abschliessend beurteilt werden, ob dieses Verhältnis bei einer grösseren Anzahl untersuchter Biozide gleich bleiben würde oder tatsächlich mehr PSM in nachweisbaren Konzentrationen in Schweizer Fliessgewässern vorkommen als Biozide.

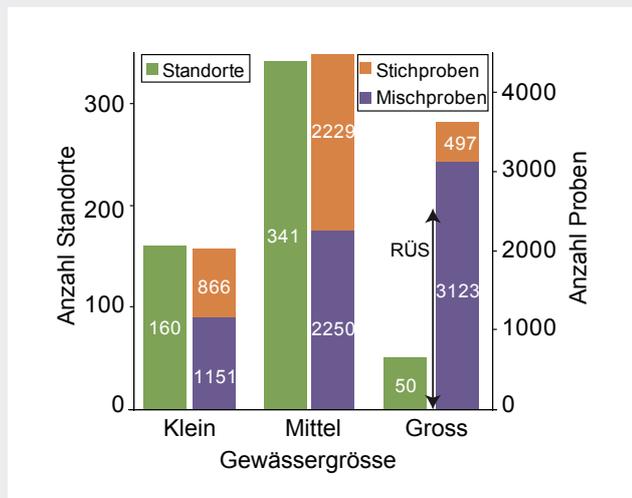


Fig. 5 Anzahl Probenahmestandorte und Proben, aufgeschlüsselt nach Stich- und Mischproben, in verschiedenen Gewässergrössen in den Jahren 2005 bis 2012. Die Proben der internationalen Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein (RÜS) machen ca. 2/3 aller Proben in grossen Gewässern aus

Nombre de sites et d'échantillons, répartis entre échantillons simples et composés, pour les différentes grandeurs de cours d'eau pendant les années 2005-2012. Les échantillons de RÜS (station de surveillance du Rhin à Weil am Rhein) constituent 2/3 de tous les échantillons des grands cours d'eau

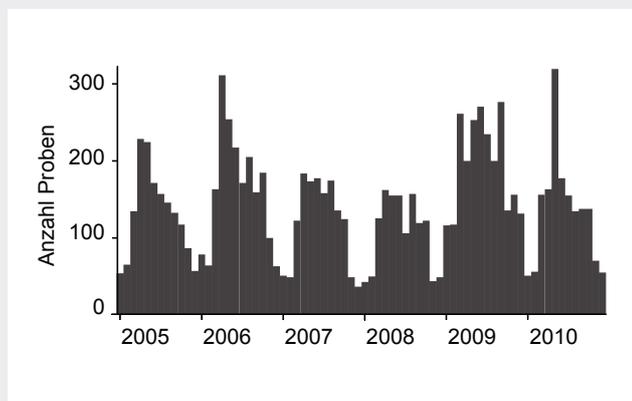


Fig. 6 Anzahl Pestizid-Proben pro Monat in den Jahren 2005 bis 2010
 Nombre d'échantillons pour analyse de pesticides, par mois entre 2005 et 2010

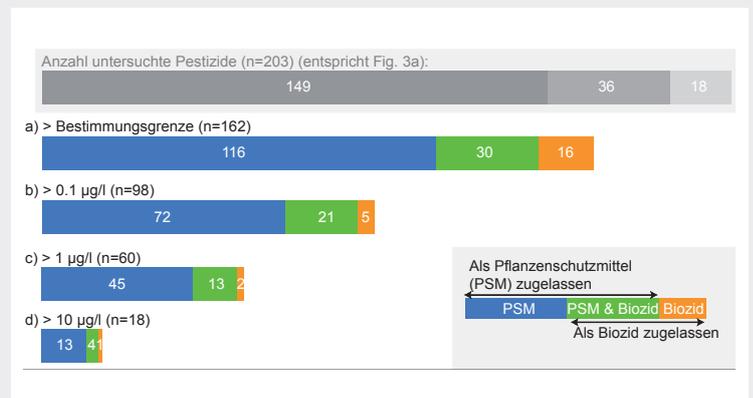


Fig. 7 Anzahl der in Fliessgewässern untersuchten Pestizide, die zwischen 2005 und 2012 mindestens zeitweise zugelassen waren a) in Konzentrationen > Bestimmungsgrenze, b) mit Überschreitungen von 0,1 µg/l, c) mit Überschreitungen von 1 µg/l und d) mit Überschreitungen von 10 µg/l. Aufgeteilt nach «reinen PSM» (blau), «reinen Bioziden» (orange) und «doppelt zugelassenen» (grün). Der graue Balken entspricht der totalen Anzahl untersuchter Pestizide (Fig. 3a)

Nombre de pesticides au moins temporairement homologués entre 2005 et 2012 a) détectés dans les cours d'eau (> limite de quantification), b) mesurés au-dessus de 0,1 µg/l, c) mesurés au-dessus de 1 µg/l et d) mesurés au-dessus de 10 µg/l. Répartition entre produits phytosanitaires (bleu), biocides (orange) et ceux homologués pour les deux usages (vert). La barre grise correspond au nombre total de pesticides analysés (fig. 3a)

Rolle der Gewässergrösse

Betrachtet man die Konzentrationen in Abhängigkeit von der Gewässergrösse, wird deutlich, dass sowohl die Maximalkonzentrationen der einzelnen Pestizide als auch die 95%-Perzentil-Konzentrationen (Konzentration, bei der 5% der Messwerte oberhalb und 95% unterhalb liegen) in kleinen Gewässern deutlich höher sind als in grossen (Fig. 8). In kleinen Gewässern wurden rund viermal so viele Pestizide über 0,1 µg/l nachgewiesen wie

in grossen, und der Anteil der Standorte mit Überschreitungen von 0,1 µg/l ist an kleinen und mittleren Gewässern deutlich höher als in grossen (Tab. 1a und b). Das Bild einer höheren Pestizidbelastung in kleinen Gewässern wird bestätigt durch den Vergleich der Messwerte, die 0,1 µg/l überschreiten. Der Anteil Messwerte grösser 0,1 µg/l unterscheidet sich zwischen den kleinen und den grossen Gewässern um einen Faktor 40 (Tab. 1c). Über alle Fliessgewässer betrachtet, wie-

sen rund 70% (n = 387) der untersuchten Standorte Überschreitungen mindestens eines Pestizids auf (Tab. 1b und Fig. 9), in grossen Gewässern waren es nur 30%. Tendenziell wurden an Standorten ohne Überschreitungen von 0,1 µg/l (Fig. 9) weniger unterschiedliche Pestizide untersucht und weniger Proben gezogen als an jenen mit Überschreitungen (Daten nicht gezeigt). Dies deutet darauf hin, dass an den allermeisten untersuchten Standorten Überschreitungen zu erwarten sind.

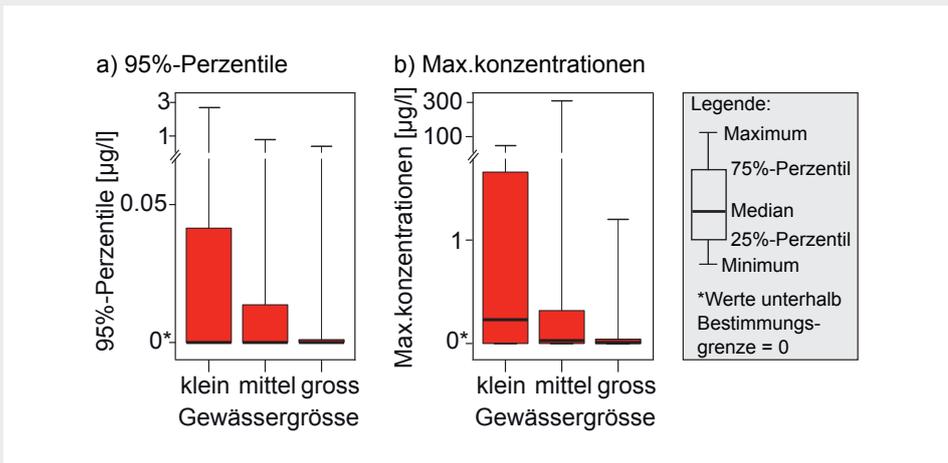


Fig. 8 a) 95%-Perzentil-Konzentrationen und b) Maximalkonzentrationen der einzelnen Pestizide in den verschiedenen Gewässergrössen

a) Percentiles 95% des concentrations et b) concentrations maximales des pesticides dans les différentes grandeurs de cours d'eau

| a) Wirkstoffe (WS) | | | | |
|--------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | Klein | Mittel | Gross | Total |
| Anzahl WS untersucht (Total) | 143 | 199 | 186 | 203 |
| Anteil WS nachgewiesen / Total | 66% (95) | 65% (129) | 65% (120) | 80% (162) |
| Anteil WS > 0,1 µg/l / Total | 56% (80) | 40% (80) | 15% (28) | 48% (98) |

| b) Standorte (STO) | | | | |
|---|-----------|-----------|----------|--------------------|
| | Klein | Mittel | Gross | Total ¹ |
| Anzahl STO untersucht (Total) | 160 | 341 | 50 | 565 |
| Anteil STO mit min. 1 WS nachgewiesen / Total | 91% (146) | 96% (328) | 94% (47) | 94% (533) |
| Anteil STO mit min. 1 WS > 0,1 µg/l / Total | 74% (119) | 72% (246) | 32% (16) | 68% (387) |

| c) Messwerte (MW) | | | | |
|--|-------------|--------------|----------------------------|----------------------------|
| | Klein | Mittel | Gross | Total ¹ |
| Anzahl MW (Total) | 66 000 | 135 000 | 135 000 ² | 345 000 ² |
| Anteil MW mit Konzentrationen >BG / Total | 15% (9 600) | 15% (20 000) | 11% (15 000 ²) | 13% (45 000 ²) |
| Anteil MW mit Konzentrationen > 0,1 µg/l / Total | 4% (2 500) | 2% (3 100) | 0,1% (130 ²) | 2% (5 800 ²) |

>BG: oberhalb Bestimmungsgrenze

¹ Total entspricht nicht der Summe aus Klein, Mittel, Gross, da einige Standorte/Gewässer (n=14) keiner FLOZ zugeordnet werden konnten.

² ~100 000 MW stammen aus der RUS, davon sind ~12 000 MW >BG, davon sind ~50 MW >0,1 µg/l

Tab. 1 Übersicht der a) Wirkstoffe, b) Standorte, c) Messwerte aller Pestizide nach den Kriterien «untersucht», «nachgewiesen» und «Nachweis > 0,1 µg/l» für verschiedene Gewässergrössen. In Klammern ist jeweils die absolute Anzahl angegeben

Vue d'ensemble a) des substances actives, b) des sites, c) des valeurs mesurées de tous les pesticides selon les critères «analysé», «détecté (> limite de quantification)» et «détecté > 0,1 µg/l» pour les différentes grandeurs de cours d'eau. Entre parenthèses: nombre respectif

Saisonalität und Probenahmeart

Um neben der Gewässergrösse auch den Einfluss der Saisonalität und der Probenahmeart (Misch- oder Stichprobe) zu analysieren, wurden alle Messdaten der kleinen Gewässer nach diesen zwei Kriterien aufgeschlüsselt. Die Auswertung zeigt, dass die Fliessgewässer von Frühling bis Herbst stark und in den Sommermonaten Juni und Juli am stärksten belastet sind (Fig. 10).

Weiter wurden mit Mischproben höhere Konzentrationen erfasst als mit Stichproben (Daten nicht gezeigt), was auch durch frühere Untersuchungen des Kantons Zürich bestätigt wird [11]. Ein Grund für diese Konzentrationsunterschiede ist, dass in einer Mischprobe die Konzentrationsspitzen während Regenereignissen mit einer grösseren Wahrscheinlichkeit erfasst werden als mit einer einzelnen Stichprobe.

Rund ein Viertel (n ≈ 20) aller 95%-Perzentil-Konzentrationen der einzelnen Pestizide lag in den Mischproben der Monate Juni/Juli über 0,1 µg/l. Die höchsten effektiv auftretenden Konzentrationsspitzen liegen aber mit Sicherheit höher als die in diesem Datensatz mit Mischproben erfassten Konzentrationen, da sich in kleinen Gewässern die Konzentrationen während Regenereignissen innerhalb weniger Stunden um zwei Grössenordnungen ändern können (Fig. 2a). Mit Mischproben über mehrere Tage erfasst man zwar Regenereignisse, mittelt aber die Konzentrationen über das ganze Ereignis.

Landnutzung im Einzugsgebiet

Neben den bereits diskutierten Einflussfaktoren Gewässergrösse, Applikationsperiode und Probenahme hängt die gemessene Pestizidbelastung eines Fliessgewässers auch massgeblich von der Landnutzung bzw. der applizierten Pestizidmenge im entwässerten Einzugsgebiet ab. Dieser Einflussfaktor wurde

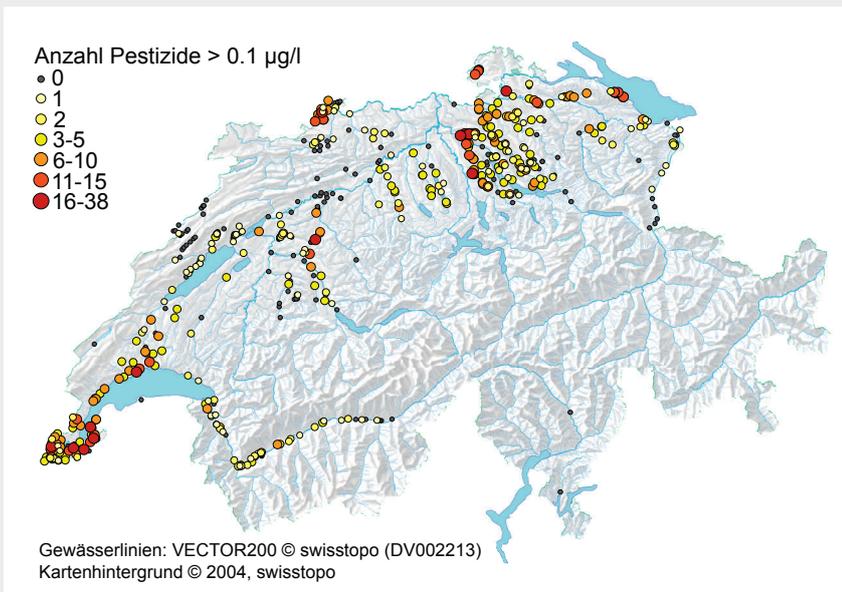


Fig. 9 Anzahl verschiedener Pestizide pro Standort, für die mindestens eine Überschreitung von 0,1 µg/l beobachtet wurde

Nombre de pesticides différents par sites pour lesquelles au moins un dépassement de 0,1 µg/l a été observé

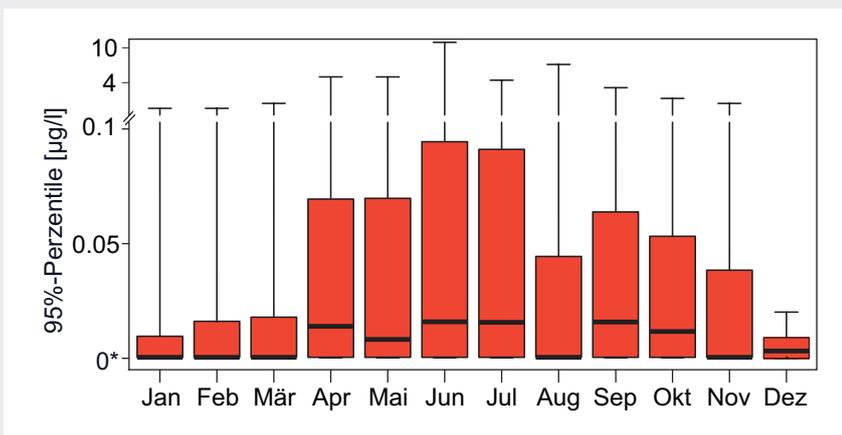


Fig. 10 95%-Perzentil-Konzentrationen der einzelnen Pestizide pro Monat, die in Mischproben aus kleinen Gewässern bestimmt wurden

Percentiles 95% des concentrations de chaque pesticide par mois dans les petits cours d'eau (seulement pour les échantillons composés)

nicht systematisch untersucht. Am Beispiel von zwei im Datensatz enthaltenen, intensiv beprobten Einzugsgebieten kann aber gezeigt werden, dass der gesamtschweizerische Datensatz nicht unbedingt repräsentativ für einen Gewässerabschnitt mit einem hohen Anteil einer spezifischen Landnutzung ist. Im Rebbaugbiet des Ruisseau des Charmilles lagen die Konzentrationen von Diuron, das in grossen Mengen im Rebbaug und in Fassaden eingesetzt wird, um ein Vielfaches höher als im gesamten Datensatz (Fig. 11). Ebenfalls deutlich höher lagen die Diuron-Konzentrationen im dicht besiedelten Einzugsgebiet des Furtbachs. Um die Häufigkeit ähnlich dicht bebauter Sied-

lungs- und Rebbauggebiete im gesamten Gewässernetz zu beurteilen, müsste eine schweizweite Landnutzungsanalyse kombiniert mit Einsatzmengerhebungen durchgeführt werden. Da eine intensive Beprobung sehr aufwendig ist, wurden die allermeisten Standorte im gesamten Datensatz deutlich weniger beprobt als die zwei diskutierten Beispiele. Absolute Konzentrationsspitzen wurden deshalb wahrscheinlich nur in Ausnahmefällen erfasst. Die tatsächliche Belastungssituation kann somit nicht abschliessend beurteilt werden, es kann aber vermutet werden, dass der gesamte Datensatz eher den unteren Bereich der tatsächlichen Pestizidbelastung abdeckt.

PESTIZIDE MIT HOHEN KONZENTRATIONEN

Die Auswertung des gesamten Datensatzes zeigt, dass sehr viele Pestizide ($n = 98$) in Konzentrationen über 0,1 µg/l in Fließgewässern nachgewiesen wurden. In einem zweiten Schritt der Belastungsanalyse wurden deshalb die Pestizide identifiziert, die in höchsten Maximal- und 95%-Perzentil-Konzentrationen vorlagen, sowie jene, die anteilmässig am häufigsten nachgewiesen wurden (Tab. 2).

Höchste Maximalkonzentrationen

Die Hälfte der zwanzig Pestizide mit den höchsten Maximalkonzentrationen gehört zur Gruppe der Herbizide, darunter sind unter anderem Metamitron, Chlortoluron oder Linuron. Die Maximalkonzentrationen dieser zwanzig Pestizide lagen zwischen 7,4 und 301 µg/l, wobei das Biozid DEET mit 301 µg/l die mit Abstand höchste Konzentration aufwies, gefolgt von Chlortoluron mit 81 µg/l.

Höchste 95%-Perzentil-Konzentrationen

Die Betrachtung der 95%-Perzentil-Konzentrationen liefert zusätzlich zur Betrachtung der Maximalkonzentrationen verlässlichere Informationen über jene Pestizide, die regelmässig in hohen Konzentrationen auftreten. Die Hälfte der zwanzig Pestizide mit den höchsten 95%-Perzentil-Konzentrationen sind wiederum Herbizide. Die höchsten 95%-Perzentile wurden allerdings für die Fungizide Boscalid und Iprovalicarb und das Insektizid Methoxyfenozid beobachtet, wobei alle drei hauptsächlich in der französischsprachigen Schweiz untersucht wurden. Ebenfalls hohe 95%-Perzentil-Konzentrationen wiesen das Repellent DEET und die Herbizide Glyphosat und Mecoprop auf. Über alle Pestizide betrachtet, sind die 95%-Perzentil-Konzentrationen etwa 50-mal tiefer als die Maximalkonzentrationen (Fig. 8).

Pestizide mit den meisten Nachweisen

Am häufigsten wurde Atrazin nachgewiesen mit 69% der Messwerte oberhalb der Bestimmungsgrenze. Weitere Pestizide mit einer grossen Anzahl an Messwerten oberhalb der Bestimmungsgrenze sind DEET und Mecoprop. Die Anzahl nachgewiesener Pestizide hängt aber unter anderem von der Bestimmungsgrenze eines Wirkstoffes ab und ist deshalb nicht für alle Wirkstoffe eine geeignete Interpretations- und somit Vergleichsgrösse (z.B. Bestimmungsgrenzen von Chlorpyrifos

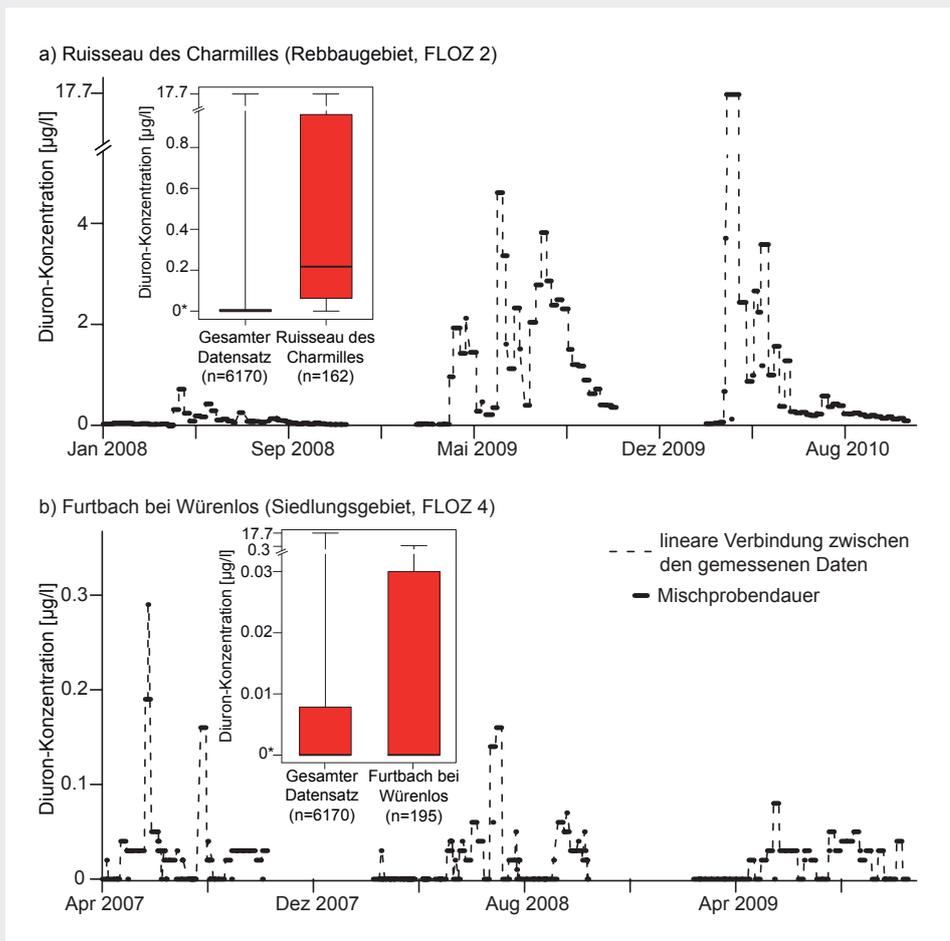


Fig. 11 Gemessene Diuron-Konzentrationsdynamik an zwei im Datensatz enthaltenen, intensiv beprobten Standorten: a) Einzugsgebiet des Ruisseau des Charmilles (Rebbauggebiet) zwischen Januar 2008 und November 2010 und b) Einzugsgebiet des Furtbachs bei Würenlos (Siedlungsgebiet) zwischen April 2007 und Oktober 2009. Boxplots: Vergleich der Diuron-Konzentrationsbereiche des gesamten ausgewerteten Datensatzes (links) mit den Diuron-Messwerten der intensiv beprobten Standorte (rechts)

Dynamique des concentrations de Diuron mesurées dans deux sites intensivement analysés et contenus dans l'ensemble des données analysées; a) bassin versant du Ruisseau des Charmilles (région viticole) entre janvier 2008 et novembre 2010 et b) bassin versant du Furtbach à Würenlos (région urbaine) entre avril 2007 et octobre 2009. Petits graphes: comparaison des gammes de concentration de toutes les données analysées (gauche) avec les valeurs mesurées de Diuron des deux sites intensivement analysés (droite)

ca. 0,05 µg/l, Atrazin ca. 0,005 µg/l). In Tabelle 2 sind nur zwei «reine Biozide», aber 24 «reine PSM» enthalten, was darauf hindeutet, dass die Pestizidbelastung in Fließgewässern durch PSM dominiert ist. Es muss allerdings berücksichtigt werden, dass deutlich mehr PSM als Biozide untersucht wurden, weshalb ein abschliessender Vergleich der Biozid- mit der PSM-Belastung aufgrund dieses Datensatzes nicht möglich ist.

ÖKOTOXIKOLOGISCHE BEURTEILUNG

Im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie [12] werden ökotoxikologische Qualitätskriterien, sogenannte Umweltqualitätsnormen (*Environmental Quality Standard*, EQS), für prioritäre Stoffe her-

geleitet [Artikel *M. Junghans*, S. 16]. Von der EU werden einerseits EQS publiziert, die im Jahresdurchschnitt nicht überschritten werden dürfen (*Annual Average EQS*, AA-EQS) und andererseits zulässige Höchstkonzentrationen, die zu keinem Zeitpunkt überschritten werden dürfen (*Maximum Allowable Concentration EQS*, MAC-EQS). Das Zentrum für angewandte Ökotoxikologie an der Eawag (Ökotoxizentrum) erarbeitet und publiziert für weitere Wirkstoffe Vorschläge für Qualitätskriterien, die nach der gleichen Methode wie der EU [13] hergeleitet werden.

Für die wenigsten Pestizide existieren ökotoxikologische Qualitätskriterien, da deren Herleitung relativ aufwendig ist. Für zehn der Pestizide mit den höch-

sten Konzentrationen und denen, die am häufigsten nachgewiesen wurden (Tab. 2), liegen aktuell (2012) Umweltqualitätsnormen der EU oder entsprechende EQS-Vorschläge des Ökotoxizentrums vor [14, 15]. Exemplarisch für ein «reines PSM», ein «reines Biozid» und einen als PSM und Biozid «doppelt zugelassenen» Wirkstoff werden im Folgenden die gemessenen Atrazin-, DEET- und Diuron-Konzentrationen mit ökotoxikologischen Qualitätskriterien verglichen. Atrazin ist heute nicht mehr zugelassen, war aber im betrachteten Zeitraum der am häufigsten nachgewiesene Wirkstoff.

Insgesamt lagen 0,1% aller Atrazin-Messwerte über dem akuten EQS (MAC-EQS) von 2 µg/l (Tab. 3). Mit Ausnahme eines Messwerts wurden die sehr hohen chronischen und akuten Qualitätskriterien für DEET von 41 beziehungsweise 410 µg/l nie überschritten. Oberhalb des numerischen Anforderungswerts von 0,1 µg/l lagen dagegen 6% der DEET-Messwerte. Bei Diuron zeigt sich eine ganz andere Situation als bei den anderen beiden Pestiziden: 7% der Messwerte lagen über dem akuten EQS von 0,06 µg/l und 17% über dem chronischen EQS von 0,02 µg/l, jedoch nur 5% über 0,1 µg/l. Wie bereits für alle Pestizide gezeigt, ist die Belastung in kleinen Gewässern in den Monaten Juni und Juli in Mischproben höher als im Durchschnitt (Fig. 10). Dies lässt sich auch an den Anteilen an Überschreitungen der EQS erkennen. Der MAC-EQS von Diuron wurde z.B. in den Monaten Juni und Juli in kleinen Gewässern in 26% der Fälle überschritten (Tab. 3).

Für eine detaillierte ökotoxikologische Beurteilung der Wasserqualität müssten die Konzentrations-Zeitreihen pro Standort beurteilt werden. Klar ist aber, dass alle Standorte, an denen die Konzentrationen oberhalb des MAC-EQS, also der maximal erlaubten Konzentration, liegen, die Anforderungen der EU an den guten ökologischen und chemischen Zustand nicht erfüllen. Für Atrazin und Diuron war dies an 42 beziehungsweise 176 von insgesamt 565 Standorten der Fall, DEET überschreitet den MAC-EQS nie.

FAZIT UND AUSBLICK

Trotz des sehr heterogenen Datensatzes in Bezug auf Probenahmestrategien, Standorte und analysierte Wirkstoffpaletten war es möglich, ein erstes nationales Bild der Fließgewässerbelastung

| Wirkstoff | Pestizid ist unter den Top20 der | | | Konzentrationen | | Anteil | |
|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|---|-----------------|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | höchsten Maximal-Konzentrationen | höchsten 95%-Perzentile | meist Nachgewiesenen (Anteil >BG/Total) | Maximal (µg/l) | 95%-Perzentil (µg/l) | Messwerte >BG/Total (Total) | Standorte >BG /Total (Total) |
| DEET ^{R,b} | x | x | x | 301 | 0,13 | 67% (7500) | 79% (440) |
| Diuron ^{H,p,b} | x | x | x | 18 | 0,09 | 29% (6200) | 54% (530) |
| Metolachlor ^{H,p,1} | x | x | x | 17 | 0,07 | 39% (9000) | 57% (530) |
| Mecoprop ^{H,p,2} | x | x | x | 12 | 0,35 | 58% (3800) | 84% (290) |
| Isoproturon ^{H,p,b} | x | x | x | 12 | 0,08 | 25% (6200) | 57% (520) |
| Azoxystrobin ^{F,p} | x | x | x | 11 | 0,098 | 21% (2600) | 54% (240) |
| Boscalid ^{F,p} | x | x | x | 11 | 1,04 | 29% (670) | 52% (60) |
| Fludioxonil ^{F,p,3} | x | x | x | 11 | 0,61 | 32% (6560) | 29% (52) |
| MCPA ^{H,p} | x | x | x | 8,5 | 0,07 | 31% (3400) | 74% (270) |
| Metamitron ^{H,p} | x | x | | 41 | 0,079 | 9% (7700) | 40% (490) |
| Iprovalicarb ^{F,p} | x | x | | 15 | 0,68 | 19% (470) | 29% (45) |
| Spiroxamin ^{F,p} | x | x | | 12 | 0,083 | 20% (760) | 66% (56) |
| Glyphosat ^{H,p} | | x | x | 7,2 | 0,6 | 42% (170) | 81% (32) |
| Methoxyfenozid ^{L,p} | | x | x | 6,2 | 0,72 | 28% (550) | 41% (41) |
| Atrazin ^{H,p*} | | x | x | 4,9 | 0,08 | 69% (9400) | 79% (550) |
| Cyprodinil ^{F,p} | | x | x | 2,7 | 0,12 | 36% (1500) | 57% (150) |
| Pymetrozine ^{L,p} | | x | x | 1,2 | 0,08 | 34% (190) | 19% (16) |
| Asulam ^{H,p} | | x | x | 0,68 | 0,081 | 21% (150) | 67% (24) |
| Carbendazim ^{F,p,b} | x | | x | 27 | 0,04 | 30% (2700) | 56% (240) |
| Chlortoluron ^{H,p,b*} | x | | | 81 | 0,02 | 8% (4800) | 32% (440) |
| Metalaxyl ^{F,p} | x | | | 20 | 0,016 | 7% (7400) | 25% (410) |
| Linuron ^{H,p} | x | | | 17 | 0,047 | 12% (4700) | 33% (420) |
| Metoxuron ^{H,p*} | x | | | 16 | <BG | 1% (4000) | 4% (340) |
| Oxadixyl ^{F,p*} | x | | | 15 | 0,034 | 10% (4000) | 23% (280) |
| Simazin ^{H,p*} | x | | | 13 | 0,04 | 20% (8700) | 58% (530) |
| Chlorpyrifos ^{L,p,b*} | x | | | 7,4 | <BG | 1% (5300) | 12% (230) |
| Pyrimethanil ^{F,p} | | x | | 5,5 | 0,054 | 15% (860) | 29% (76) |
| Mesotrion ^{H,p} | | x | | 2,7 | 0,08 | 17% (920) | 34% (70) |
| Terbuthylazin ^{H,p,b*} | | | x | 5,6 | 0,05 | 23% (8500) | 59% (530) |
| Diazinon ^{L,p*,b*} | | | x | 2,6 | 0,033 | 28% (7900) | 59% (450) |
| Triclosan ^{F,b} | | | x | 0,13 | 0,031 | 24% (620) | 71% (73) |
| Thiamethoxam ^{L,p,b} | | | x | 0,12 | 0,037 | 20% (140) | 50% (14) |

>BG = oberhalb Bestimmungsgrenze

^H Herbizid, ^I Insektizid, ^F Fungizid, ^R Repellent, ^P PSM (PSMV), ^B Biozid (VBP), * Zulassung beendet

¹ Zugelassen ist nur noch S-Metolachlor, ² Zugelassen ist nur noch Mecoprop-P. Als Biozid ist es nicht zugelassen, wird aber in Bitumenbahnen eingesetzt.

³ Hohe Messwerte aus der Rhone

Tab. 2 Übersicht über die Pestizide, deren Messwerte zu den 20 höchsten Maximalkonzentrationen gehören und/oder zu den 20 höchsten 95%-Perzentil-Konzentrationen und/oder die anteilmässig am meisten nachgewiesen wurden

Pesticides dont les valeurs mesurées constituent les 20 plus hautes concentrations maximales et/ou les 20 plus hauts percentiles 95% des concentrations et/ou pesticides qui ont été détectées (> limite de quantification) le plus souvent

durch Pestizide zu erstellen und daraus wichtige Erkenntnisse zu ziehen. Die umfangreichen Pestiziduntersuchungen zeigten eindrücklich, dass die Fliessgewässer mit einer enormen Vielzahl von Pestiziden belastet sind. Der Anforderungswert der GSchV von 0,1 µg/l wird in Fliessgewässern im Schweizer Mittel-

land verbreitet und zum Teil auch sehr deutlich überschritten. Es wurden für 98 verschiedene Pestizide und an rund 70% aller beprobten Standorte Überschreitungen von 0,1 µg/l beobachtet. 18 Pestizide wurden sogar in Konzentrationen über 10 µg/l gemessen. Die Auswertungen deuten darauf hin, dass die Pestizidbelas-

tung in Fliessgewässern durch PSM dominiert wird. Es muss allerdings berücksichtigt werden, dass deutlich mehr PSM als Biozide untersucht wurden, weshalb ein abschliessender Vergleich der Biozidmit der PSM-Belastung basierend auf dem vorliegenden Datensatz nicht gemacht werden kann. Zukünftig sollten deshalb

| Wirkstoff | Qualitätskriterium: | | Anteil Messwerte: | | | Konzentrationen: | |
|----------------------|---------------------|-------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|----------------|
| | AA-EQS (µg/l) | MAC-EQS (µg/l) | >0.1 µg/l (-) | > AA-EQS (-) | >MAC-EQS (-) | 95%-Perz. (µg/l) | Max. (µg/l) |
| | | | Alle Daten (Hohe Exposition) | | | Alle Daten (Hohe Exposition) | |
| Atrazin ¹ | 0,6 ¹ | 2 ¹ | 4% (14%) | 1% (6%) | 0,1% (2%) | 0,08 (0,77) | 4,9 (4,9) |
| DEET ² | 41 ² | 410 ² | 6% (14%) | 0,01% (0%) | 0% (0%) | 0,13 (0,61) | 301 (2) |
| Diuron ³ | 0,02 ² | 0,06 ² | 5% (23%) | 17% (43%) | 7% (26%) | 0,09 (1,6) | 18 (4,6) |

¹ [14], ² [15], ³ PSM (PSMV), ⁴ Biozid (VBP), * Zulassung beendet

Tab. 3 Überschreitungen von ökotoxikologischen Qualitätskriterien von Atrazin, DEET und Diuron in allen Proben und in Mischproben aus kleinen Gewässern (FLOZ 1 und 2), genommen zwischen Juni und Juli (in Klammern). Aufgeführt sind die ökotoxikologischen Qualitätskriterien als akute (MAC-EQS) und chronische (AA-EQS) Qualitätskriterien

Dépassements des critères de qualité écotoxicologiques pour l'Atrazine, le DEET et le Diuron pour toutes les données analysées et entre parenthèses spécifiquement pour les échantillons composés pris dans les petit cours d'eau (NOCE 1 et 2) entre juin et juillet. Les critères de qualité écotoxicologiques sont présentés comme critères de qualité aigus (MAC-EQS) et chroniques (AA-EQS)

zusätzliche gewässerrelevante Biozide in Analyseprogramme aufgenommen werden. Ein im Frühling und Sommer 2012 an fünf ausgewählten Standorten durch kantonale Gewässerschutz-Fachstellen in Zusammenarbeit mit Eawag und BAFU durchgeführtes Pestizidscreening soll da-

bei helfen, gewässerrelevante Biozide zu identifizieren.

Die Fließgewässer sind von Frühling bis Herbst stark mit Pestiziden belastet. Die höchsten Belastungen wurden während der Monate Juni und Juli und in Mischproben vor allem in kleinen Fließgewässern gefunden. Obwohl kleinere Fließgewässer stärker belastet sind und rund 80% des Schweizer Gewässernetzes ausmachen, wurden in den letzten Jahren mehrheitlich mittlere und grosse Gewässer beprobt. Um also im Sinne der Gewässerschutzgesetzgebung zu überprüfen, ob Pestizide in Gewässern in Konzentrationen auftreten, in denen sie nachteilige Effekte auf Wasserorganismen haben können, sollten vermehrt auch kleine Fließgewässer untersucht werden. Wie die Beispiele des Ruisseau des Charmilles und des Furtbachs zeigen, können Konzentrationen in einem Gebiet mit einem hohen Anteil an spezifischen Kulturen bzw. an Siedlungsfläche um ein Vielfaches höher liegen als der Durchschnitt. Um auf einfache Weise weitere solche Standorte mit erhöhter Exposition identifizieren zu können, lohnt es sich, eine detaillierte Landnutzungsanalyse von einzelnen Einzugsgebieten durchzuführen. So können potenzielle Pestizid-Einträge besser lokalisiert und die beobachtete Belastung einer spezifischen Quelle zugeordnet werden. In Zukunft wäre es zudem wünschenswert, wenn die Erfassung der nationalen Belastungssituation durch eine Kombination von Modellierung und gezielten Messungen weiter vervollständigt würde.

Aufgrund der diskutierten Auswertungen, wie z.B. des Vergleichs kleiner mit grossen Gewässern oder der Betrachtung intensiv beprobter Standorte, kann nicht abschliessend beurteilt werden,

wie repräsentativ der Datensatz die tatsächliche Belastungssituation wiedergibt. Die Vermutung liegt aber nahe, dass der Datensatz eher den unteren Bereich der tatsächlichen Belastung repräsentiert. Um das Bild der nationalen Belastungssituation zu vervollständigen, wäre es sinnvoll, die Untersuchungskonzepte und die Palette der untersuchten Wirkstoffe künftig zu harmonisieren sowie eine repräsentative Auswahl der zu untersuchenden Standorte über die ganze Schweiz zu treffen.

Eine abschliessende ökotoxikologische Beurteilung der Pestizidbelastung eines Fließgewässers muss für die einzelnen Gewässerabschnitte erfolgen und konnte daher im Rahmen dieser nationalen Auswertung nicht durchgeführt werden. Trotzdem zeigte die exemplarische Gegenüberstellung von ökotoxikologischen Qualitätskriterien und gemessenen Konzentrationen von Atrazin, DEET und Diuron, dass insbesondere in kleinen Fließgewässern nachteilige Effekte auf aquatische Organismen an vielen Standorten nicht ausgeschlossen werden können. So wurde das vom Ökotoxizentrum vorgeschlagene akute Qualitätskriterium von Diuron in 26% der Mischproben überschritten, die in kleinen Gewässern in den Monaten Juni und Juli genommen wurden. Weiter zeigten die Beispiele deutlich, dass ökotoxikologische Einzelstoffbeurteilungen zum Teil gegensätzliche Resultate ergeben können als eine Beurteilung anhand des Anforderungswerts von 0,1 µg/l. Eine ökotoxikologische Beurteilung für alle 162 Pestizide, die im präsentierten Datensatz über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen wurde, ist zurzeit nicht möglich, da nur für wenige Pestizide Qualitätskriterien vorliegen. Aktuell (2012) liegen in der EU Qualitäts-

DANK

Für die Bereitstellung und Aufarbeitung der Daten danken die Autoren herzlich den kantonalen Gewässerschutzfachstellen der Kantone Aargau, Appenzell Innerrhoden, Appenzell Ausserrhoden, Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Bern, Fribourg, Genève, Luzern, Neuchâtel, St. Gallen, Schaffhausen, Thurgau, Solothurn, Ticino, Vaud, Wallis und Zürich. Zusätzlich wurden dem BAFU Daten der RÜS, der Cipel und IKSR, sowie des Interreg-IV-Projekts Nr 227: «Ökotoxikologischer Index zur Gewässerbewertung im Bodenseeraum», welches vom Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung und von Schweizer Kantonen gefördert wird, zur Verfügung gestellt. Auch ihnen möchten die Autoren ganz herzlich danken.

C. Braun (BMG Engineering AG) gehört ein grosses Dankeschön für die Integrierung aller unterschiedlichen Datensätze in eine Datenbank. Herzlich danken die Autoren I. Strahm für die GIS-Unterstützung, sowie U. Leuenberger für das Datenmanagement der DBGZ.

Ein grosser Dank geht auch an T. Arlt, M. Beubler, H. Ehmann, M. Eugster, R. Gälli, B. Hitzfeld, J. Hollender, M. Huser, M. Junghans, M. Kunz, M. Märki, C. Moschet, R. Mural, P. Niederhauser, F. Pasquini, R. Ritter, D. Schaub, U. Sieber, H. Singer, C. Stamm, I. Strahm und P. Vioget für die hilfreichen Kommentare und Verbesserungen des Manuskripts.

Aussi un grand merci à S. Lehmann pour sa participation à la rédaction du résumé en français.

kriterien (EQS) für 17 Wirkstoffe mit bioziden Eigenschaften vor, für neun weitere sind EQS vorgeschlagen [14]. Im Rahmen des Erhebungs- und Beurteilungskonzepts für Mikroverunreinigungen aus diffusen Quellen werden zudem 35 für die Schweiz relevante Pestizide bestimmt, für die das Ökotoxzentrum weitere Vorschläge für Qualitätskriterien erarbeiten wird.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Pflanzenschutzmittelverordnung (PSMV), SR 916.161
- [2] Biozidprodukteverordnung (VBP), SR 813.12
- [3] i) Liste der notifizierten Wirkstoffe gemäss Verordnung (EG) Nr. 1451/2007: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:325:0003:0065:DE:PDF>
ii) Liste der nicht mehr notifizierten Wirkstoffe: http://ec.europa.eu/environment/biocides/pdf/list_dates_product_phasing_out.pdf
- [4] www.bafu.admin.ch/hydrologie/01835/02118/02120/index.html?lang=de
- [5] Doppler, T. et al. (2012): Spatial variability of herbicide mobilization and transport at catchment scale: insights from a field experiment. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 16: 1947–1967
- [6] Leu, C. et al. (2005): Comparison of Atrazine Losses in Three Small Headwater Catchments. *J. Environ. Quality* 34: 1873–1882
- [7] RÜS Jahresberichte: <http://www.aue.bs.ch/rheinberichte>
- [8] Gewässerschutzgesetz (GSchG), SR 814.20
- [9] Interne Mitteilung des Bundesamts für Landwirtschaft
- [10] Gewässerschutzverordnung (GSchV), SR 814.201
- [11] Sinniger, J., Niederhauser, P. (2012): Pestiziduntersuchungen bei den Hauptmessstellen Furtbach bei Würenlos und Aabach bei Mönchaltorf im Jahr 2011 mit einem Vergleich zu den Resultaten der früheren Untersuchungen an diesen Stellen. AWEL, Zürich
- [12] EU-Wasserrahmenrichtlinie: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:327:0001:0072:DE:PDF>
- [13] Commission of the European Communities (2011). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No. 27: Technical guidance for deriving environmental quality standards
- [14] i) EQS für prioritäre Stoffe: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:DE:PDF>
ii) EQS-Vorschläge: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/com/2011/com2011_0876de01.pdf
- [15] www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/vorschlaege/index

> SUITE DU RÉSUMÉ

que marginalement. Pour la plupart des sites de prélèvement (~70%) des dépassements de la valeur de 0,1 µg/l exigée par l'ordonnance sur la protection des eaux ont été observés. En outre, les analyses montrent clairement que dans les petits cours d'eau (numéro d'ordre 1 et 2) des concentrations plus élevées sont mesurées que dans les cours d'eau moyens et grands (numéro d'ordre 3 à 9). Par ailleurs, les concentrations élevées ont été observées entre le printemps et l'automne, et les concentrations les plus fortes ont été mesurées durant juin et juillet.

Pour 18 pesticides, dont la moitié sont des herbicides, des concentrations maximales au-dessus de 10 µg/l ont même été mesurées. La concentration maximale la plus forte de 301 µg/l a cependant été relevée pour le biocide DEET, suivi par le produit phytosanitaire Chlortoluron avec 81 µg/l.

Des critères de qualité écotoxicologique existent seulement pour un petit nombre de pesticides. C'est pourquoi une évaluation des concentrations mesurées basée sur ceux-ci est limitée. Dans cet article, l'Atrazine (ancien produit phytosanitaire), le DEET (biocide) et le Diuron (produit phytosanitaire et biocide) ont été évalués comme exemple. Dans 26% des échantillons composés pris dans les petits cours d'eau pendant les mois de juin et juillet, les valeurs de Diuron mesurées dépassent le critère de qualité aigu de 0,06 µg/l, alors qu'au contraire celui du DEET de 410 µg/l n'est jamais dépassé dans l'ensemble des données.

L'ensemble des données donne une bonne première vue d'ensemble de la charge en pesticides des cours d'eau du Plateau Suisse. Toutefois, cet ensemble de données ne représentent probablement que les valeurs inférieures de l'atteinte effective.

TOC on-line (LAR)

■ UV- und thermische Oxidation

- Trinkwasser
- Kühlwasser
- Abwasser



MBE AG
MESSTECHNIK ENGINEERING

CH-8623 Wetzikon 3
Telefon 044 931 22 88
www.mbe.ch