

# PFLANZENSCHUTZMITTEL IN FLIESSGEWÄSSERN

## VERGLEICH ZWISCHEN EXPOSITIONSMODELL UND MONITORINGDATEN

Die Abschätzung des Pflanzenschutzmittel-Eintrags in Fließgewässer mittels aquatischer Expositionsmodelle ist ein wichtiger Teil der Umweltrisikobeurteilung im Zulassungsprozess. Anhand von Messdaten aus dem Schweizer Gewässermonitoring wurde geprüft, ob die Modelle eine ausreichend konservative Abschätzung der realen Belastung kleiner Fließgewässer geben. Auf Basis des vorliegenden Datensatzes scheint dies grundsätzlich der Fall zu sein. Für einzelne Standorte und Wirkstoffe ist jedoch eine detailliertere Untersuchung nötig.

Beate Fulda; Annette Aldrich; Roy Kasteel; Marianne Balmer; Thomas Poiger\*, Agroscope

### RÉSUMÉ

#### ÉVALUATION DE L'EXPOSITION AUX PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS LES COURS D'EAU: MODÈLE VS DONNÉES DE MONITORAGE

Dans le cadre de l'autorisation des produits phytosanitaires (PPS), l'évaluation des risques pour les organismes aquatiques se fonde sur la charge potentielle des eaux de surface, déterminée à l'aide de modélisations. Cette évaluation tient en compte des apports dans les eaux par dérive en cours d'application ainsi que par ruissellement superficiel et drainage. L'estimation des concentrations prédites dans les cours d'eau (*predicted environmental concentration*, PEC) repose sur l'hypothèse réaliste la plus défavorable (*worst case*). L'étude présentée ici avait pour objectif d'évaluer si les modélisations utilisées dans le cadre de l'autorisation des PPS constituent une prédiction *worst case* suffisante par rapport à la charge effective des cours d'eau. A cet effet, les modélisations de 50 substances actives ont été comparées à un grand ensemble de données relatives à la surveillance des PPS dans les cours d'eau suisses entre 2005 et 2012 [4]. Par rapport à ces données, les modélisations indiquent généralement des concentrations suffisamment conservatrices. Les dépassements des valeurs PEC (< 1% de toutes les mesures) ne touchent que quelques sites et substances actives. Pour de multiples raisons, les concentrations dans les cours d'eau devraient être en principe inférieures aux modélisations. Il faut toutefois prendre au sérieux chaque cas où les concentrations dépassent les valeurs PEC et examiner s'il

### EINLEITUNG

Bevor Pflanzenschutzmittel (PSM) für die Anwendung in der Landwirtschaft zugelassen werden, muss deren Risiko für die Umwelt abgeschätzt werden. Ein wichtiger Bestandteil dieser Umweltrisikobeurteilung ist die Abschätzung der potenziellen Exposition aquatischer Organismen durch den Eintrag von PSM aus landwirtschaftlichen Flächen in angrenzende Oberflächengewässer. Hierfür werden Expositionsmodelle verwendet, welche Einträge ins Gewässer durch Abdrift während der Applikation sowie durch oberflächliche Abschwemmung und Drainagen nach einem Regenereignis berücksichtigen.

Für die Berechnung der zu erwartenden Gewässerkonzentration eines Wirkstoffs (*Predicted Environmental Concentration*, PEC) wird jeweils vom Worst Case, also dem erwartungsgemäss schlechtesten Fall ausgegangen. Zum einen beinhaltet dieser die intensivste mögliche Anwendung eines PSM im Feld (maximal beantragte Aufwandmenge, bei Mehrfachapplikation die maximale Anzahl Anwendungen in kurzen Zeitabständen etc.) und zum anderen ungünstige Feldbedingungen (unmittelbare Nähe der behandelten Parzelle zum Gewässer, starke Niederschläge, geringe Verdünnung in einem kleinen Gewässer) [1]. Die so berechneten PEC-Werte sollten somit in der Regel höher sein als die tatsächlich im Gewässer auftretenden Konzentrationen.

\* Kontakt: [thomas.poiger@agroscope.admin.ch](mailto:thomas.poiger@agroscope.admin.ch)

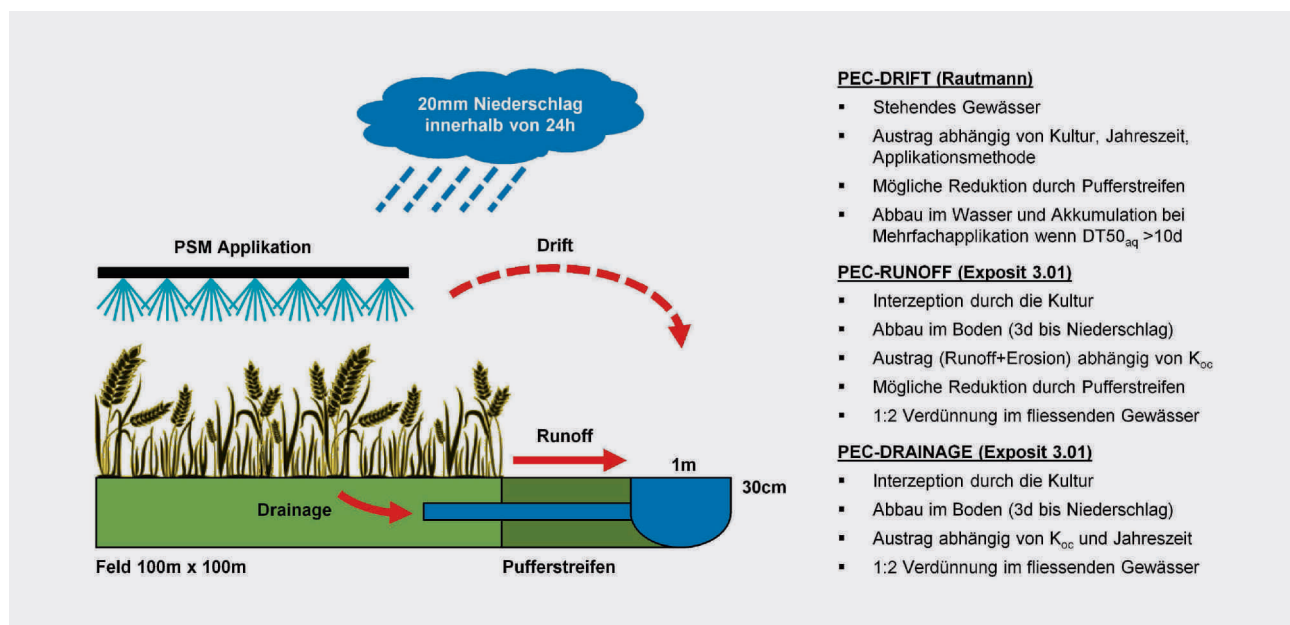
onen. Zur Risikobeurteilung für aquatische Organismen werden die PEC-Werte ins Verhältnis zur Toxizität gesetzt. Für die Beurteilung der Akzeptanz der Risiken werden zusätzlich die Unsicherheiten in der Beurteilung der Exposition und der Toxizität mitberücksichtigt [1]. Die PEC-Werte alleine erlauben somit keine Beurteilung der Gewässerqualität.

Um die Belastung der Fließgewässer in der Schweiz zu beurteilen, werden in kantonalen Monitoring-Programmen regelmässige Messdaten zu PSM-Konzentrationen in Fließgewässern erhoben. Ein Vergleich zwischen gemessenen PSM-Konzentrationen (*Measured Environmental Concentrations, MEC*) und PEC-Werten kann zur Überprüfung der in der Risikobeurteilung verwendeten Expositionsmodelle dienen (z.B. [2, 3]). Ziel der hier vorgestellten Studie war, mithilfe einer umfangreichen Datenbank zur PSM-Belastung der Schweizer Fließgewässer [4] zu untersuchen, ob die im Rahmen der Zulassung von PSM verwendeten Expositionsmodelle eine ausreichende Worst-Case-Prognose der tatsächlichen Gewässerbelastung geben.

## EXPOSITIONSMODELLE UND PEC-WERTE

Für die Abschätzung der potenziellen PSM-Konzentrationen in Gewässern wurden die im Rahmen der Zulassung eingesetzten Expositionsmodelle verwendet. Einträge via Abdrift wurden mithilfe des Driftkonzepts nach *Rautmann et al.* [5] berechnet. Die Abschätzung der Einträge via oberflächliche Abschwemmung (im Folgenden als *Runoff* bezeichnet) und Drainagen erfolgte mit dem aquatischen Expositionsmodell *Exposit 3.01* [6, 7]. Die zu erwartenden Konzentrationen eines PSM-Wirkstoffes im Gewässer werden bei diesen Modellen basierend auf realistischen Worst-Case-Szenarien berechnet, wobei die einzelnen Eintragspfade getrennt betrachtet werden (Drift: PEC-dr; Runoff: PEC-ro; Drainage: PEC-dn). Die Modelle repräsentieren

eine Situation in unmittelbarer Nähe zum Feldrand, d.h. der Austrag erfolgt aus einer landwirtschaftlichen Fläche in einen angrenzenden, parallel zum Feld verlaufenden Graben (*Fig. 1*). Für die Berechnung der Konzentrationen werden im Modell Prozesse wie der Rückhalt des Wirkstoffs durch die Vegetation (Interzeption), Abbau im Boden, Reduktion des Oberflächenabflusses durch Pufferstreifen sowie Verdünnung im Gewässer berücksichtigt. Der Austrag durch Runoff umfasst sowohl den gelösten als auch den partikulären Transport des Wirkstoffs. Der PEC-Wert eines Wirkstoffs ist abhängig von dessen Eigenschaften (Adsorptionsverhalten, Abbaugeschwindigkeit) und dem Anwendungsszenario (Aufwandmenge, Zeitpunkt und Häufigkeit der Applikation, Zeitintervall zwischen den Applikationen sowie Kulturstadium/Bodendeckung zum Zeitpunkt der Applikation). In der Risikobeurteilung werden jeweils PEC-Werte spezifisch für ein bestimmtes Produkt und die jeweils beantragten Anwendungen berechnet. In dieser Studie musste hingegen die Gesamtheit der bewilligten Anwendungen berücksichtigt werden, da einzelne Wirkstoffe in verschiedenen Produkten enthalten sind, die wiederum in unterschiedlichen Kulturen eingesetzt werden können. Dadurch ergab sich eine Bandbreite an PEC-Werten für die verschiedenen Eintragswege und Anwendungsszenarien. Für die Auswertung wurde pro Wirkstoff jeweils eine repräsentative Worst-Case-Anwendung innerhalb der wichtigsten Anwendungsgebiete (Feldbau, Gemüsebau, Obstbau, Weinbau, Beerenbau) ausgewählt, und die PEC-Werte für die verschiedenen Transportpfade berechnet (Beispiele s. *Fig. 2*). Grundlage für die Auswahl der Szenarien waren die im Pflanzenschutzmittelverzeichnis von 2010 bewilligten Anwendungen. Spezialkulturen mit geringer Anbaufläche (z.B. Hopfen) oder ausschliesslichem Anbau im Gewächshaus wurden hierbei nicht berücksichtigt. Ebenso wurden der Zierpflanzenbau aufgrund des geringen Anteils an der landwirtschaftlichen Nutzfläche



*Fig. 1* Prozesse und Parameter der aquatischen Expositionsabschätzung. Der Eintrag durch Drift wurde mit dem Driftkonzept nach *Rautmann* [5] abgeschätzt. Für den Eintrag durch Runoff und Drainage wurde das Expositionsmodell *Exposit 3.01* [6, 7] verwendet. In der Risikobeurteilung werden alle Eintragspfade getrennt voneinander betrachtet

*Processus et paramètres d'évaluation de l'exposition des milieux aquatiques: méthode Rautmann [5] pour les apports par dérive, modèle Exposit 3.01 pour les apports par ruissellement et par drainage [6, 7]. Les voies d'apport sont considérées séparément dans l'évaluation des risques*

und Anwendungen in der Forstwirtschaft ausgeschlossen. Werden für jeden Wirkstoff über alle Anwendungsszenarien die

jeweiligen maximalen PEC-Werte ( $PEC_{max}$ ) pro Transportpfad verglichen, zeigt sich, dass bei Fungiziden und Insektiziden ten-

denziell der Drifteintrag am höchsten ist (Fig. 2). Dies hängt damit zusammen, dass Wirkstoffe aus diesen Gruppen in Raum-

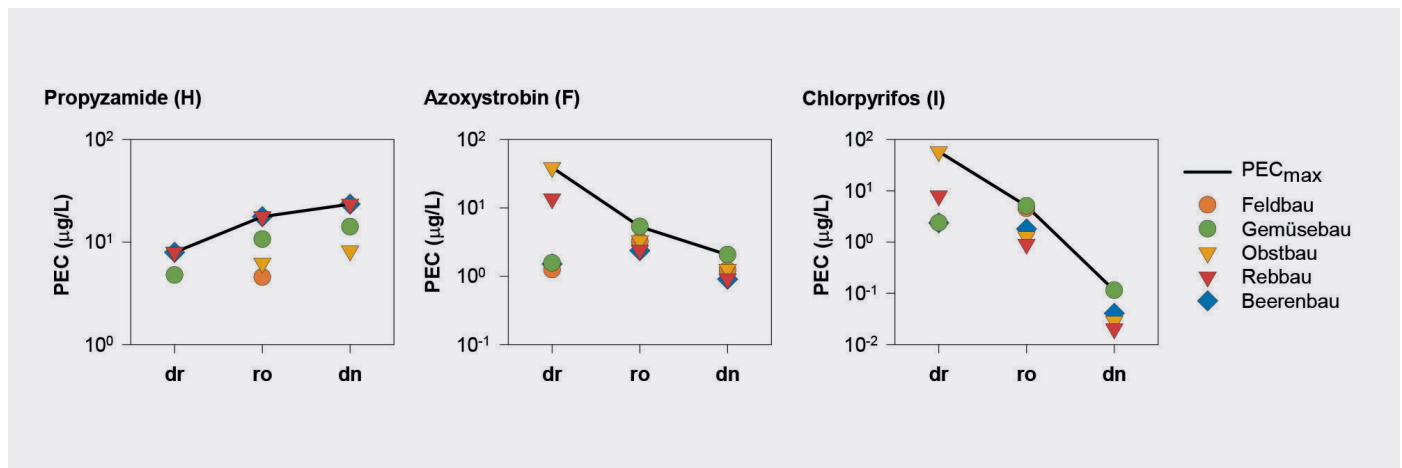


Fig. 2 Bandbreite der PEC-Werte pro Anwendungsgebiet und Eintragspfad (dr = Drift, ro = Runoff, dn = Drainage) am Beispiel von Propyzamiden (Herbizid), Azoxystrobin (Fungizid) und Chlorpyrifos (Insektizid). Die schwarze Linie dient lediglich der Visualisierung der jeweiligen maximalen PEC-Werte Variation des valeurs PEC selon le territoire et la voie d'apport (dr = dérivation (Drift), ro = ruissellement (Runoff), dn = drainage (Drainage)) pour les substances suivantes: propyzamide (herbicide), azoxystrobine (fungicide), chlorpyrifos (insecticide). La ligne noire sert uniquement à visualiser les différentes valeurs PEC maximales

Wirkstoff	Anzahl beprobter Standorte	Anzahl Werte gesamt	Detektionshäufigkeit <sup>3</sup> (%)	max. MEC (µg/l)	95%-Perzentil (von DT <sup>4</sup> ) (µg/l)	PEC-dr <sub>max</sub> (µg/l)	PEC-ro <sub>max</sub> (µg/l)	PEC-dn <sub>max</sub> (µg/l)
<b>Herbizide</b>								
2,4-D	46	403	10	0,3	0,2	3,9	8,4	11,5
Atrazin <sup>1</sup>	149	1594	53	4,9	0,4	3,2	6,5	2,9
Bentazon	47	432	17	1,6	0,8	6,1	12,7	5,7
Chloridazon	62	495	11	1,1	0,7	10,3	28,6	30,9
Chlortoluron	125	1088	16	1,5	0,3	8,9	24,3	8,6
Dichlobenil <sup>1,2)</sup>	55	494	25	1,0	0,6	0,0	35,6	0,0
Dimethachlor	71	822	4	0,3	0,1	2,4	4,6	2,1
Dimethenamid-P	49	533	11	0,8	0,3	4,6	11,4	4,4
Diuron <sup>2</sup>	144	1254	27	17,7	2,1	12,7	23,0	30,3
Ethofumesate	96	1014	9	2,1	0,5	1,9	4,9	2,2
Glyphosat <sup>2)</sup>	21	145	81	7,4	0,9	11,4	38,8	0,6
Isoproturon	143	1409	22	11,6	2,8	4,8	9,4	3,3
Linuron <sup>2</sup>	117	1057	14	17,3	1,1	7,9	19,5	7,5
MCPA	47	419	18	1,4	0,5	5,7	11,6	5,2
Mecoprop-P	49	460	46	3,2	0,7	4,6	8,4	2,9
Metamitron	141	1478	11	40,5	2,9	11,1	29,3	31,7
Metazachlor	65	634	5	0,6	0,4	4,8	12,6	13,6
S-Metolachlor	150	1538	21	16,9	0,6	6,1	14,6	5,6
Metribuzin	69	669	5	0,3	0,3	2,2	3,4	1,9
Monolinuron <sup>1</sup>	102	959	5	0,7	0,4	6,3	17,2	6,0
Napropamide	86	756	14	1,6	0,4	4,4	10,1	13,3
Pendimethalin	78	739	3	0,5	0,2	6,3	15,7	0,3
Propyzamide <sup>2</sup>	45	445	8	0,2	0,1	7,9	17,8	23,5
Simazin <sup>1,2</sup>	145	1337	33	13,0	0,5	5,7	15,6	5,5
Terbutylazine <sup>2</sup>	146	1372	31	3,8	1,1	4,6	10,7	4,1
Triclopyr	41	349	11	0,2	0,1	1,6	1,4	0,6



kulturen wie dem Obst- und Weinbau häufig mehrmals pro Saison eingesetzt werden können [8]. Bedingt durch die Höhe der Kulturen und der damit verbundenen Spritztechnik ist das Risiko für Abdrift bei diesen Kulturen besonders hoch [5]. Bei Herbiziden, die vor allem im Feld- und Gemüsebau in grösseren Mengen als Flächenbehandlung zur Anwendung kommen [9], ist meist der Eintrag durch Runoff oder Drainage am höchsten. Neben der bodennahen Spritztechnik hängt das vergleichsweise höhere Runoff- und Drainagerisiko bei Herbiziden auch damit zusammen, dass Herbizide im Unterschied zu Fungiziden und Insektiziden meist auf unbewachsenen oder nur wenig bewachsenen

Böden appliziert werden. Daher fällt die Interzeption durch die Vegetation oft weg.

## GEWÄSSERMONITORING UND MEC-WERTE

Die für die Evaluation der Expositionsmodelle verwendete Datenbank zum Gewässermonitoring von PSM (s. *Munz et al.* [4]) enthält mehr als 325 000 Messwerte für 187 PSM-Wirkstoffe. Der Grossteil der Messwerte stammt aus den Jahren 2005 bis 2010 und zu einem geringeren Teil aus den Jahren 2011 und 2012. Aus dieser Datenbank wurden die Messwerte und Wirkstoffe selektiert, die für eine Modellevaluation geeignet sind. Da PEC-

Werte für kleine Gewässer berechnet werden (*Fig. 1*), wurden für den Vergleich aus der Datenbank nur Standorte mit einer Flussordnungszahl nach *Strahler* von 1 und 2 ausgewählt [4]. Des Weiteren wurden Standorte, die direkt unterhalb von Abwasserreinigungsanlagen (ARA) gelegen sind, nicht berücksichtigt, da die Messwerte hier durch Siedlungsquellen dominiert sein können. Im verbleibenden Datensatz lagen rund 85% aller Messwerte unter der Bestimmungsgrenze (BG). Um den Anteil nicht repräsentativer Nullwerte zu reduzieren (z. B. Messungen zu Zeitpunkten, an denen das PSM gar nicht eingesetzt wurde), wurden nur Messungen innerhalb der Hauptapplika-

Wirkstoff	Anzahl beprobter Standorte	Anzahl Werte gesamt	Detektionshäufigkeit <sup>3</sup> (%)	max. MEC (µg/l)	95%-Perzentil (von DT <sup>4</sup> ) (µg/l)	PEC-dr <sub>max</sub> (µg/l)	PEC-ro <sub>max</sub> (µg/l)	PEC-dn <sub>max</sub> (µg/l)
<b>Fungizide</b>								
Azoxystrobin <sup>2</sup>	68	615	35	11,4	2,3	39,2	5,3	2,0
Boscalid <sup>2</sup>	21	243	55	10,5	5,7	16,0	0,8	0,3
Carbendazim <sup>2</sup>	82	795	25	27,3	0,3	157,0	5,4	2,1
Cyproconazole <sup>2</sup>	44	464	14	1,6	0,2	1,3	1,7	0,6
Cyprodinil <sup>2</sup>	48	440	37	2,7	1,2	21,8	3,8	0,1
Difenoconazole <sup>2</sup>	41	414	21	1,1	0,3	11,7	2,7	0,2
Dimethomorph <sup>2</sup>	35	398	15	4,5	0,2	10,5	3,7	1,4
Epoxiconazole	46	460	12	1,0	0,1	0,4	0,2	0,0
Fenpropimorph	79	894	2	0,3	0,1	1,5	0,9	0,0
Fludioxonil <sup>2</sup>	21	224	46	11,2	3,7	13,1	5,9	0,1
Flusilazole <sup>2</sup>	56	480	23	1,6	0,5	2,1	0,6	0,0
Iprovalicarb <sup>2</sup>	21	239	30	15,0	8,1	6,6	1,7	0,6
Metalaxyl-M <sup>2</sup>	108	1101	20	19,9	2,5	9,0	1,0	0,8
Oxadixyl <sup>1</sup>	76	868	24	14,8	0,7	1,1	2,2	1,3
Prochloraz	35	398	8	7,1	3,9	56,4	3,8	0,1
Propiconazole	70	820	10	0,4	0,1	0,6	0,5	0,2
Pyrimethanil <sup>2</sup>	36	399	23	5,5	0,6	95,2	3,6	1,4
Spiroxamin <sup>2</sup>	35	398	29	12,4	0,3	10,7	2,4	0,1
Tebuconazol <sup>2</sup>	55	481	40	1,7	0,5	11,3	3,6	1,6
<b>Insektizide</b>								
Chlorpyrifos <sup>2</sup>	81	860	5	0,2	0,1	58,4	5,1	0,1
Diazinon <sup>1,2</sup>	96	1006	23	1,4	0,5	74,0	17,6	7,5
Dimethoate	54	585	5	0,2	0,1	62,3	1,0	0,6
Methoxyfenozide <sup>2</sup>	12	182	64	6,2	2,4	18,9	0,7	0,3
Pirimicarb	87	965	15	0,4	0,2	48,1	35,0	13,4

<sup>1</sup> Wirkstoffe aktuell nicht mehr zugelassen, aber aufgrund vieler Messwerte berücksichtigt; <sup>2</sup> Wirkstoffe mit Zulassung im Weinbau (die Wirkstoffe Dichlobenil und Glyphosat wurden in der kulturspezifischen Auswertung nicht berücksichtigt, da für den Standort Ruisseau des Charmilles keine Messwerte vorlagen); <sup>3</sup> Anteil Messwerte über der Bestimmungsgrenze; <sup>4</sup> 95%-Perzentil der Messwerte über der Bestimmungsgrenze (Detektionen = DT)

Tab. 1 Übersicht über die für den Vergleich ausgewählten Wirkstoffe, Kennzahlen aus dem Monitoring (bezogen auf den selektierten Datensatz) sowie die berechneten maximalen PEC-Werte je Eintragspfad (PEC<sub>max</sub> berechnet über alle Anwendungsgebiete auf Basis der im Pflanzenschutzmittelverzeichnis von 2010 bewilligten Anwendungen)

Substances actives analysées, valeurs de monitoring (rapportées au corpus), valeurs PEC maximales calculées par voie d'apport (PEC<sub>max</sub> calculé pour tous les territoires sur la base du répertoire des applications phytosanitaires autorisées en 2010)

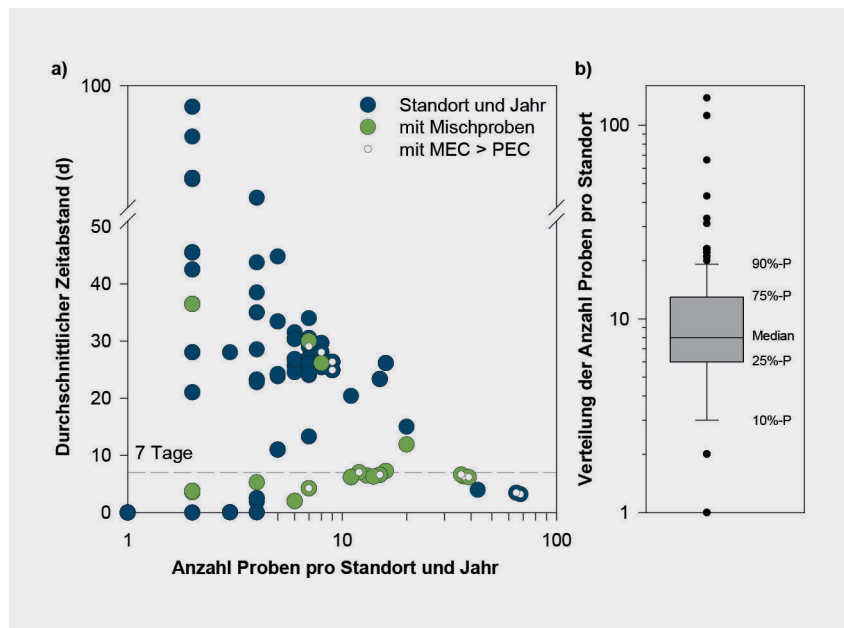


Fig. 3 a) Gesamte Anzahl Proben und durchschnittlicher Zeitabstand zwischen den Probenahmen pro Standort und Jahr (blaue Symbole: mehrheitlich lagen Stichproben vor; grüne Symbole: mehrheitlich lagen Mischproben vor). Die kleineren weißen Punkte geben Standorte/Jahre an, in denen mindestens ein Messwert über dem  $PEC-dr_{max}$  oder  $PEC-ro/dn_{max}$  lag

b) Verteilung der Anzahl Proben pro Standort über den gesamten Zeitraum (2005–2012)

a) Nombre total d'échantillons et intervalle moyen d'échantillonnage par site et par année (symboles bleus: échantillons par sondage; symboles verts: échantillons composites). Les petits points blancs indiquent les sites/an, dans lesquels au moins une valeur dépasse  $PEC-dr_{max}$  ou  $PEC-ro/dn_{max}$

b) Distribution du nombre d'échantillons par site sur toute la durée (2005–2012)

tionsperiode von Pflanzenschutzmitteln (März bis Oktober) in die Auswertung aufgenommen.

Aus diesem vorselektierten Datensatz (153 Standorte, 134 Wirkstoffe) wurden insgesamt 50 Wirkstoffe (26 Herbizide, 19 Fungizide, 5 Insektizide) für die Modellevaluation ausgewählt (Tab. 1). Dabei wurden Wirkstoffe ausgeschlossen, für die entweder keine ausreichende Datengrundlage bestand (insgesamt weniger als 100 Messwerte inkl. Nullwerte) oder die aufgrund von schnellem Abbau oder geringem Einsatz nur selten (< 10 Messwerte über der BG) detektiert wurden. Der selektierte Datensatz umfasst rund 35 600 Messwerte aus 1753 Einzelproben. Ein Grossteil der Messwerte (ca. 28 000) stammt aus Stichproben und Tagesmischproben (53 bzw. 29% aller Proben). Daneben lagen an 21 Standorten auch mehrtägige zeit- und abflussproportionale Mischproben mit unterschiedlicher Probenahmedauer vor (15 bzw. 3% der Proben; ca. 7600 Messwerte). An den meisten Standorten erfolgte durchschnittlich nur eine Beprobung pro Monat (Fig. 3a). Insgesamt waren an 90% der ausgewählten

Standorte im Zeitraum von 2005 bis 2012 weniger als 20 auswertbare Proben verfügbar und nur an zwei Standorten lagen mehr als 100 Proben vor (Fig. 3b).

## VERGLEICH ZWISCHEN PEC UND MEC

### AUSWERTUNG DES GESAMTEN DATENSATZES

Bei Monitoringprojekten werden in der Regel keine Daten zu den Kulturen und zum PSM-Einsatz im Einzugsgebiet erhoben. Da die meisten Stoffe in verschiedenen Kulturen eingesetzt werden können und die Landnutzung in den Einzugsgebieten sehr heterogen sein kann, ist deshalb a priori nicht feststellbar, aus welcher Anwendung resp. welchen Anwendungen die im Gewässer nachgewiesenen Stoffe stammen. In den meisten Fällen ist es zudem aufgrund der Probenahmestrategie (z. B. geringe Probenfrequenz) und fehlender meteorologischer oder hydrologischer Informationen nicht möglich, den Eintragspfad eindeutig zu bestimmen. Wie im vorigen Abschnitt gezeigt, können die PEC-Werte je nach Anwendung und Eintragspfad stark va-

riieren. Für die Evaluation der Expositionsmodelle wurde deshalb pro Wirkstoff jeweils der maximale PEC-Wert als Vergleichsbasis verwendet. Da während eines Regenereignisses sowohl der Eintrag durch Runoff als auch durch Drainage eine Rolle spielen kann, aber im Gewässer nicht unterscheidbar ist, wurden diese beiden Transportpfade zusammengefasst und jeweils der höhere der beiden PEC-Werte ausgewählt ( $PEC-ro/dn_{max}$ ). Drift wurde hingegen getrennt berücksichtigt ( $PEC-dr_{max}$ ).

Für alle Messwerte in der Datenbank wurde jeweils das Verhältnis  $MEC/PEC-dr_{max}$  bzw.  $MEC/PEC-ro/dn_{max}$  berechnet. In Fig. 4 ist die Verteilung der berechneten Verhältniswerte im gesamten Datensatz sowie getrennt nach Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden dargestellt. Zwischen 78 und 84% der Messwerte lagen unter der Bestimmungsgrenze (BG). Die Messwerte über der BG bilden jeweils charakteristische, mehr oder weniger s-förmige kumulative Verteilungskurven. Soweit nicht anders spezifiziert, beziehen sich im Folgenden die Prozentangaben immer auf die Messwerte inklusive der Werte unter der BG.

Im Vergleich zum  $PEC-dr_{max}$  lagen die gemessenen Gewässerkonzentrationen nur in wenigen Fällen (insgesamt 29 Werte) über den entsprechenden PEC-Werten (Tab. 2 und Fig. 4). Jeweils 0,1% der Messwerte für Herbizide und Fungizide hatten ein  $MEC/PEC-dr_{max}$ -Verhältnis > 1 (grau schattierter Bereich in Fig. 4). Bei den Insektiziden waren alle Messwerte kleiner als die  $PEC-dr_{max}$ -Werte.

Kurzzeitige Konzentrationsspitzen, wie sie in Folge von Drafteinträgen auftreten, können im regulären Monitoring von Fließgewässern (wenige monatliche Stichproben pro Standort; Fig. 3) nur selten erfasst werden. Es ist daher anzunehmen, dass die gemessenen Konzentrationen häufig auf einen Eintrag durch Runoff oder Drainage zurückzuführen sind. Nimmt man  $PEC-ro/dn_{max}$  als Vergleichsbasis, dann lagen mehr Messwerte über den entsprechenden PEC-Werten (total 123 Messwerte), wobei der Anteil insgesamt unter 1% lag. Für einzelne Wirkstoffe war der Anteil höher (z. B. Boscalid und Methoxyfenozide; Tab. 2).

Insgesamt deutet der Vergleich zwischen den vorliegenden Monitoringdaten und den für alle bewilligten Anwendungen berechneten maximalen PEC-Werten darauf hin, dass die Expositionsmodelle für die

	MEC/PEC-dr <sub>max</sub>					MEC/PEC-ro/dn <sub>max</sub>				
	Anzahl MEC>PEC	Anteil MEC>PEC (gesamt   DT)	Betroffene Standorte <sup>1</sup>	max. MEC/PEC <sup>2</sup>	Anzahl MEC>PEC	Anteil MEC>PEC (gesamt  DT)	Betroffene Standorte <sup>1</sup>	max. MEC/PEC <sup>3</sup>		
<b>Herbizid</b>										
Atrazin	3	0,2%	0,4%	e, i, l	1,5	–	–	–	–	–
Diuron	1	0,1%	0,3%	a	1,4	–	–	–	–	–
Ethofumesate	1	0,1%	1,1%	l	1,1	–	–	–	–	–
Isoproturon	7	0,5%	2,3%	i	2,4	1	0,1%	0,3%	i	1,2
Linuron	1	0,1%	0,7%	a	2,2	–	–	–	–	–
Metamitron	1	0,1%	0,6%	k	3,6	1	0,1%	0,6%	k	1,3
S-Metolachlor	1	0,1%	0,3%	i	2,8	1	0,1%	0,3%	i	1,2
Simazin	2	0,1%	0,5%	a	2,3	–	–	–	–	–
<b>Gesamt Herbizide<sup>4</sup></b>	<b>17</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,4%</b>	<b>5</b>	<b>3,6</b>	<b>3</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,1%</b>	<b>2</b>	<b>1,3</b>
<b>Fungizid</b>										
Azoxystrobin	–	–	–	–	–	3	0,5%	1,4%	a	2,1
Boscalid	–	–	–	–	–	36	14,8%	26,9%	a	13,9
Carbendazim	–	–	–	–	–	1	0,1%	0,5%	c	5,1
Cyproconazole	1	0,2%	1,5%	c	1,2	–	–	–	–	–
Dimethomorph	–	–	–	–	–	1	0,3%	1,7%	h	1,2
Epoxiconazole	1	0,2%	1,9%	c	2,4	1	0,2%	1,9%	c	4,1
Fludioxonil	–	–	–	–	–	2	0,9%	1,9%	a	1,9
Flusilazole	–	–	–	–	–	5	1,0%	4,6%	a, j	3,0
Iprovalicarb	5	2,1%	6,9%	a	2,3	11	4,6%	15,3%	a	9,1
Metalaxyl-M	2	0,2%	0,9%	b, e	2,2	27	2,5%	12,1%	a, b, d, e, f	20,8
Oxadixyl	2	0,2%	0,9%	c, d	14,0	1	0,1%	0,5%	c	6,8
Prochloraz	–	–	–	–	–	2	0,5%	6,7%	g	1,9
Pyrimethanil	–	–	–	–	–	1	0,3%	1,1%	d	1,5
Spiroxamin	1	0,3%	0,9%	f	1,2	1	0,3%	0,9%	f	5,1
<b>Gesamt Fungizide<sup>4</sup></b>	<b>12</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,5%</b>	<b>6</b>	<b>14,0</b>	<b>92</b>	<b>0,9%</b>	<b>4,1%</b>	<b>9</b>	<b>20,8</b>
<b>Insektizid</b>										
Methoxyfenozide	–	–	–	–	–	28	15,4%	24,1%	a, h	9,0
<b>Gesamt Insektizide<sup>4</sup></b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>28</b>	<b>0,8%</b>	<b>5,0%</b>	<b>2</b>	<b>9,0</b>
<b>Gesamtergebnis</b>										
<b>Alle Wirkstoffe<sup>4</sup></b>	<b>29</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,4%</b>	<b>9</b>	<b>14,0</b>	<b>123</b>	<b>0,3%</b>	<b>1,7%</b>	<b>11</b>	<b>20,8</b>

<sup>1</sup> Gewässer: [a] Ruisseau des Charmilles (GE), [b] Grenzbach (TG), [c] Nant d'Aisy (GE), [d] Bistoquette (GE), [e] Grenzbach (TG), [f] Le Châtelet (GE), [g] Moulin de la Ratte (GE), [h] Nant d'Avril (GE), [i] Seebach (Lobsigensee) (BE), [j] Bach bei Presinge (GE), [k] Mèbre (VD), [l] Gillgraben (TG); <sup>2</sup> 18 Werte mit MEC/PEC < 2, 10 Werte mit MEC/PEC < 5 und 1 Wert mit MEC/PEC > 10; <sup>3</sup> 60 Werte mit MEC/PEC < 2, 36 Werte mit MEC/PEC < 5, 22 Werte mit MEC/PEC < 10 und 5 Werte mit MEC/PEC > 10; <sup>4</sup> Ergebnisse bezogen jeweils auf alle Messwerte der Wirkstoffkategorie, inklusive der Messwerte von Wirkstoffen ohne MEC>PEC

Tab. 2 Vergleich zwischen MEC-Werten im gesamten Datensatz und maximalen PEC-Werten je Wirkstoff und Eintragspfad (s. auch Fig. 4).

Die Prozentanteile mit MEC > PEC beziehen sich entweder auf alle Messwerte eines Wirkstoffs/einer Wirkstoffkategorie (gesamt) oder jeweils auf die Werte über der Bestimmungsgrenze (Detektionen = DT). Für die hier nicht aufgeführten Wirkstoffe traten keine Fälle von MEC > PEC auf

Comparaison entre les valeurs MEC dans l'entier du corpus et les valeurs PEC maximales par substance active et voie d'apport (cf. fig. 4). Les pourcentages MEC > PEC se rapportent soit à toutes les valeurs mesurées d'une substance active/catégorie de substances actives (total) soit aux valeurs supérieures au seuil de détection (détectations = DT). Substances actives du tab. 1 non répertoriées ici: les valeurs PEC n'ont pas été dépassées

untersuchten Gewässer in der Regel eine ausreichend konservative Abschätzung der Konzentrationen geben. Er zeigt aber auch, dass es Fälle gibt, wo höhere Konzentrationen auftreten als prognostiziert. Die Fälle, bei denen Messwerte über den entsprechenden PEC-ro/dn<sub>max</sub> auf-

traten, konzentrierten sich auf wenige Standorte (insgesamt 11 von 153; Tab. 2), wobei insbesondere ein Standort am Ruisseau des Charmilles (GE) heraussticht. Rund 80% der aufgetretenen Fälle sind diesem einen Standort zugeordnet. Bei einigen Wirkstoffen (u. a.

Boscalid und Methoxyfenozide) wurden Konzentrationen über dem PEC-Wert nahezu ausschliesslich an diesem Standort festgestellt (Tab. 2). Das Einzugsgebiet des Ruisseau des Charmilles wurde im Rahmen eines Projekts zur Reduktion der Gewässerverschmutzung durch die

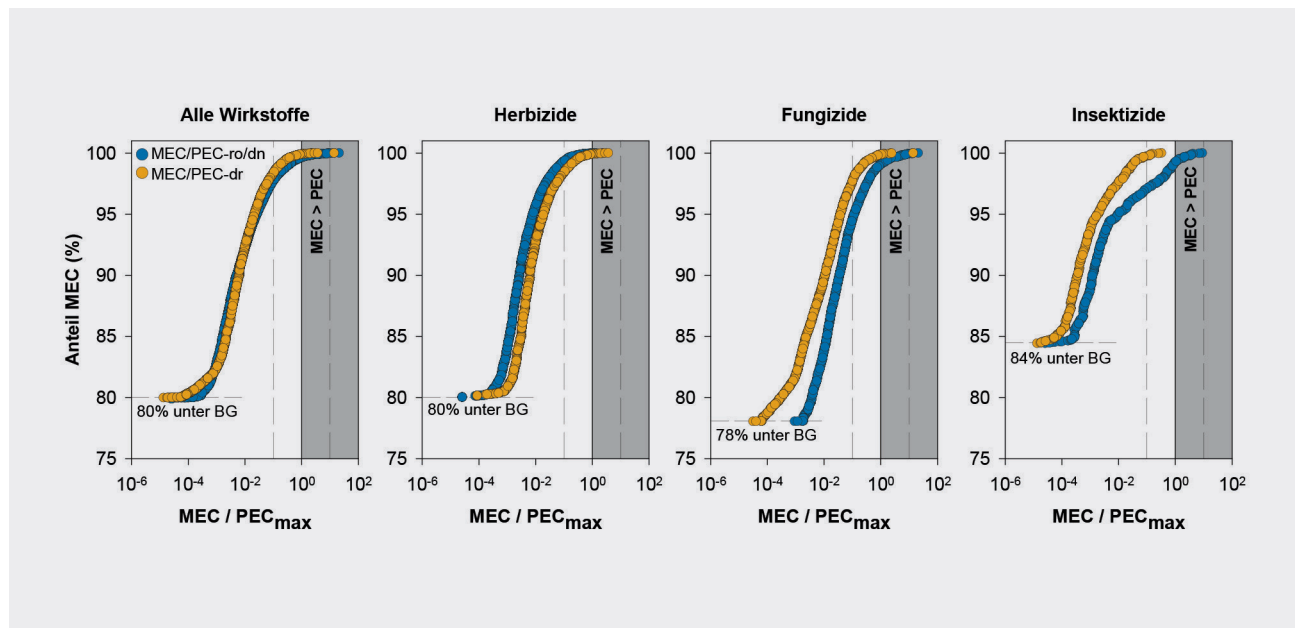


Fig. 4 Kumulative Verteilungskurven der  $MEC/PEC_{max}$ -Verhältnisse für alle Wirkstoffe sowie aufgeschlüsselt nach Wirkstoffkategorien. Die gelben und blauen Punkte repräsentieren die  $MEC/PEC_{max}$ -Verhältnisse für Drift resp. Runoff/Drainage. Die y-Achse reicht nur von 75 bis 100%, da ein Grossteil der Messwerte unter der Bestimmungsgrenze (BG) lag. Die durchgezogene vertikale Linie zeigt  $MEC/PEC = 1$ . Die gestrichelten vertikalen Linien zeigen  $MEC/PEC = 0,1$  bzw.  $10$  an. Punkte im grau schattierten Bereich sind Messwerte mit Konzentrationen über den jeweiligen PEC-Werten

Courbes de distribution cumulatives des rapports  $MEC/EC_{max}$  pour toutes les substances actives ainsi que par catégories de substances actives. Les points jaunes et les points bleus représentent les rapports  $MEC/EC_{max}$  pour les cas de dérive ou de ruissellement/drainage. L'axe y suffit uniquement de 75 à 100%, étant donné la grande majorité des mesures inférieures au seuil de détection (BG). La ligne verticale continue indique  $MEC/PEC = 1$ . Les lignes verticales traitillées indiquent  $MEC/PEC = 0,1$  ou  $10$ . Les points dans la zone grisée sont des mesures dont les concentrations dépassent les valeurs PEC

Landwirtschaft nach Artikel 62a des Gewässerschutzgesetzes intensiv auf eine grosse Anzahl an Wirkstoffen untersucht [10]. Für 39 der 50 für die Studie ausgewählten Wirkstoffe wurde am Ruisseau des Charmilles der Konzentrationsverlauf über mehrere Jahre kontinuierlich erfasst. Rund 13% aller Messwerte im selektierten Datensatz wurden an diesem Standort erhoben (alle anderen Standorte tragen jeweils nur 0,1–2% der Messwerte bei). Die Überschreitungen des PEC-Werts an diesem spezifischen Standort sollen deshalb im Folgenden in einer standort- und kulturspezifischen Auswertung detaillierter untersucht werden.

#### KULTURSPECIFISCHE AUSWERTUNG AM BEISPIEL RUISSEAU DES CHARMILLES

Die Landnutzung im Einzugsgebiet des Standortes am Ruisseau des Charmilles ist mit einem Flächenanteil von 61% durch Weinbau dominiert (unveröffentlichte Daten aus Strahm *et al.* [11]). Weinbau zeichnet sich durch relativ häufige PSM-Applikationen (insbesondere Fungizide) mit vergleichsweise hohen Einsatzmengen pro Hektar aus [9]. Aufgrund der relativ homogenen Landnutzung im Einzugs-

gebiet wurden daher die PEC-Szenarien für den Weinbau detaillierter evaluiert. Hierfür wurden die in den Jahren 2008 bis 2010 gemessenen Konzentrationen der im Weinbau zugelassenen Wirkstoffe (5 Herbizide, 14 Fungizide, 3 Insektizide; siehe Tab. 1) direkt mit den kulturspezifischen berechneten Expositionskonzentrationen verglichen (106 Messwerte pro Wirkstoff).

Die kulturspezifischen PEC-Werte für Abdrift ( $PEC_{dr_{wein}}$ ) wurden für die meisten Wirkstoffe nur vereinzelt überschritten (Tab. 3 und Fig. 5). Bei einem Vergleich mit den jeweiligen  $PEC_{ro/dn_{wein}}$ -Werten waren für einige der im Weinbau zugelassenen Fungizide und für das Insektizid Methoxyfenozide 10–30% aller Messwerte höher als prognostiziert. Für Boscalid, Fludioxonil, Iprovalicarb, Metalaxyl-M und Methoxyfenozide waren die gemessenen Konzentrationen in einzelnen Fällen um das Zehnfache höher als der  $PEC_{ro/dn_{wein}}$  (Fig. 6).

Neben den kulturspezifischen Informationen können am Standort Ruisseau des Charmilles auch Informationen bezüglich Probenahme in die Evaluation mit einbezogen werden. Die Messwerte stammen

hier überwiegend aus zeitproportionalen Mischproben mit einer Dauer von rund einer Woche (5 bis 9 Tagen). Durch die Bildung von mehrtägigen Mischproben werden einerseits Konzentrationsspitzen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit erfasst, andererseits aber auch in der Probe verdünnt, was letztlich zu einer Unterschätzung der maximalen Konzentrationen führen kann. Dies wurde bei Wittmer *et al.* [12] exemplarisch anhand eines zeitlich hoch aufgelösten Messdatensatzes an einem kleinen Fliessgewässer gezeigt, indem die Messwerte zu virtuellen, zeitproportionalen Wochenmischproben aggregiert wurden. Die tatsächlichen maximalen Konzentrationen waren im Vergleich zu den Konzentrationen der virtuellen Mischproben um ein bis zwei Grössenordnungen höher. Um solche Unsicherheiten durch Verdünnungseffekte zu berücksichtigen, wurde für die Daten des Ruisseau des Charmilles in einer separaten Auswertung eine Zeitkorrektur der Messwerte aus Mischproben vorgenommen. Hierbei wurden alle Messwerte mit einer Probenahmedauer zwischen einem Tag und einer Woche mit der effektiven Dauer in Tagen multipliziert

	MEC/PEC-dr <sub>wein</sub>				MEC/PEC-ro/dn <sub>wein</sub>			
	Anzahl MEC>PEC	Anteil MEC>PEC (gesamt)	Anteil MEC>PEC (DT)	max. MEC/PEC	Anzahl MEC>PEC	Anteil MEC>PEC (gesamt)	Anteil MEC>PEC (DT)	max. MEC/PEC
<b>Herbizid</b>								
Diuron	1	0,9%	1,0%	1,7	–	–	–	–
Linuron	1	0,9%	2,0%	2,2	–	–	–	–
Simazin	1	0,9%	0,9%	2,7	1	0,9%	0,9%	1,0
<b>Gesamt Herbizide</b>	<b>3</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,6%</b>	<b>2,7</b>	<b>1</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,2%</b>	<b>1,0</b>
<b>Fungizid</b>								
Azoxystrobin	–	–	–	–	10	9,4%	9,4%	4,8
Boscalid	–	–	–	–	38	35,8%	36,2%	16,2
Cyprodinil	–	–	–	–	24	22,6%	30,0%	6,4
Difenoconazole	–	–	–	–	18	17,0%	36,7%	8,2
Fludioxonil	–	–	–	–	18	17,0%	21,2%	10,7
Flusilazole	2	1,9%	3,2%	2,5	18	17,0%	29,0%	7,8
Iprovalicarb	4	3,8%	6,3%	2,3	13	12,3%	20,6%	16,6
Metalaxyl-M	3	2,8%	3,4%	1,4	18	17,0%	20,2%	15,5
<b>Gesamt Fungizide</b>	<b>9</b>	<b>0,4%</b>	<b>0,9%</b>	<b>2,5</b>	<b>157</b>	<b>7,8%</b>	<b>15,4%</b>	<b>16,6</b>
<b>Insektizid</b>								
Methoxyfenozide	12	13,2%	13,2%	5,2	23	25,3%	25,3%	9,0
<b>Gesamt Insektizide</b>	<b>12</b>	<b>2,9%</b>	<b>7,2%</b>	<b>5,2</b>	<b>23</b>	<b>5,6%</b>	<b>13,8%</b>	<b>9,0</b>
<b>Gesamtergebnis</b>								
<b>Alle Wirkstoffe</b>	<b>24</b>	<b>0,6%</b>	<b>1,4%</b>	<b>5,2</b>	<b>181</b>	<b>4,4%</b>	<b>10,8%</b>	<b>16,6</b>

Tab. 3 Vergleich zwischen den am Standort Ruisseau des Charmilles gemessenen PSM-Konzentrationen (nur Wirkstoffe mit Zulassung im Weinbau; s. Tab. 1) und den für den Weinbau berechneten PEC-Werten (s. auch Fig. 5 und Fig. 6). Die %-Anteile MEC > PEC beziehen sich entweder auf alle Messwerte eines Wirkstoffs/einer Wirkstoffkategorie (gesamt) oder jeweils auf die Werte über der Bestimmungsgrenze (Detektionen = DT). Für die hier nicht aufgeführten Wirkstoffe traten keine Fälle von MEC > PEC auf

Comparaison entre les concentrations PPS mesurées sur le site Ruisseau des Charmilles (uniquement substances actives autorisées pour la viticulture; cf. tab. 1) et les valeurs PEC calculées pour la viticulture (fig. 5 et 6). Les pourcentages MEC > PEC se rapportent soit à toutes les mesures d'une substance active/catégorie de substances actives (total), soit aux valeurs supérieures au seuil de détection (détectations = DT). Substances actives non répertoriées: les valeurs PEC n'ont pas été dépassées

(→ MEC<sub>corr.</sub>). Da bei einem Zeitraum von mehr als einer Woche mehrere Konzentrationspeaks möglich wären, wurden die Messwerte aus solchen Mischproben ebenfalls nur mit dem Faktor 7 multipliziert, um eine zu starke Überhöhung der Messwerte zu vermeiden. Diese Approximation der maximalen Konzentrationen kann selbstverständlich nur Tendenzen aufzeigen und keine realen Überschreitungen der PEC-Werte abbilden. Letztlich lassen sich Konzentrationsmaxima nur durch Probenahmen mit ausreichender zeitlicher Auflösung erfassen.

Bei Verwendung des zeitkorrigierten Datensatzes lagen erwartungsgemäss mehr Messwerte über den entsprechenden PEC-Werten. Im Vergleich zur Auswertung ohne Korrektur war der Anteil der Werte über dem jeweiligen PEC-dr<sub>wein</sub> deutlich höher (0,6 resp. 4,8%, s. Tab. 3 und Tab. 4). Für einzelne Wirkstoffe traten auch Anteile über 10% auf. Im Vergleich zum PEC-ro/dn<sub>wein</sub> lagen rund 14% aller zeit-

korrigierten Konzentrationswerte über dem entsprechenden PEC-Wert. Bei einzelnen Fungiziden sowie dem Insektizid Methoxyfenozide waren hier mehr als die Hälfte der Messwerte betroffen (Tab. 4). Die Tatsache, dass die Konzentrationen verschiedener Wirkstoffe über den maximalen PEC-Werten im Weinbau lagen (Tab. 3 und 4), deutet darauf hin, dass hier die lokale Gewässerbelastung durch die Expositionsmodelle unterschätzt wurde. Die im Vergleich zu den PEC-Werten hohen MEC-Werte an diesem spezifischen Standort können mehrere Gründe haben. Neben dem im Weinbau generell hohen Eintrag durch Abdrift kommt an diesem Standort ein erhöhtes Runoff-Risiko hinzu. Im Einzugsgebiet des Ruisseau des Charmilles wurde lange Zeit Weinbau in unbegrüntem Hanglagen betrieben. Auf der Erosionsrisikokarte sind weite Teile des Gebiets mit einer hohen Erosionsgefährdung ausgewiesen [13]. Das Runoff-Risiko wird möglicherweise durch das

Modell unterschätzt, da die Hangneigung bzw. Erosionsgefährdung einer Fläche in *Exposit* nicht explizit als Parameter eingeht [6, 7].

Neben den Einträgen durch Abdrift und Runoff können auch Einträge aus anderen Quellen, die nicht durch die Expositionsmodelle abgedeckt werden, zu den erhöhten Konzentrationen in Gewässern beigetragen haben. Dies sind beispielsweise Einträge durch Abschwemmung von versiegelten Flächen infolge Abdrift auf angrenzende Wege und Strassen oder durch unsachgemässes Befüllen und Waschen von Spritzgeräten auf Hofplätzen. Ohne weitere Untersuchungen ist nicht festzustellen, welchen Anteil diese zusätzlichen Quellen an der Gesamtbelastung haben. Im Rahmen des 62a-Gewässerschutzprojekts im Einzugsgebiet des Ruisseau des Charmilles wurden verschiedene Sanierungsmassnahmen ergriffen, die sowohl den Runoff aus den Rebparzellen verringern wie auch zu geringeren Einträgen



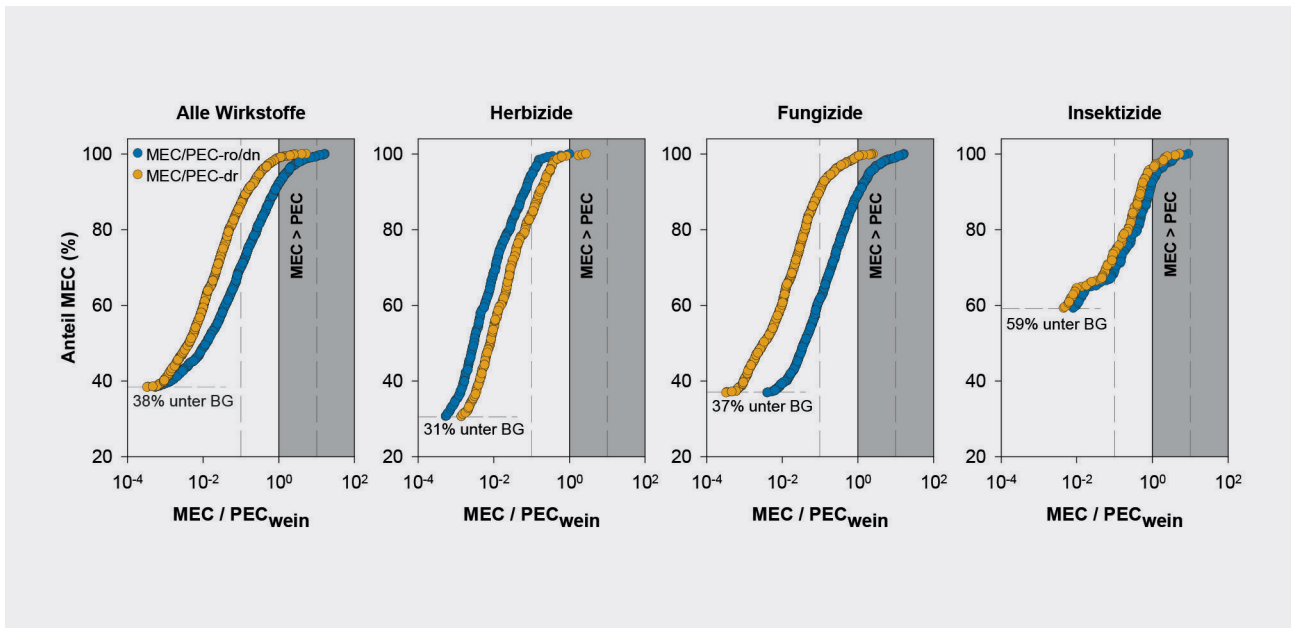


Fig. 5 Kumulative Verteilungskurven der MEC/PEC<sub>wein</sub>-Verhältnisse am Standort Ruisseau des Charmilles für alle Wirkstoffe sowie aufgeschlüsselt nach Wirkstoffkategorien (jeweils nur Wirkstoffe mit Zulassung im Weinbau berücksichtigt; s. Tab. 1). Die gelben und blauen Punkte repräsentieren die MEC/PEC<sub>wein</sub>-Verhältnisse für Drift resp. Runoff/Drainage. Die y-Achse reicht nur von 20 bis 100%, da ein Teil der Messwerte unter der Bestimmungsgrenze (BG) lag. Die durchgezogene vertikale Linie zeigt MEC/PEC = 1. Die gestrichelten vertikalen Linien zeigen MEC/PEC = 0,1 bzw. 10 an. Punkte im grau schattierten Bereich sind Messwerte mit Konzentrationen über den jeweiligen PEC-Werten

Courbes de distribution cumulatives des rapports MEC/PEC<sub>wein</sub> sur le site Ruisseau des Charmilles pour toutes les substances actives ainsi que par catégories de substances actives (uniquement substances actives autorisées pour la viticulture; cf. tab. 1). Les points jaunes et les points bleus représentent les rapports MEC/PPEC<sub>wein</sub> pour les cas de dérive ou de ruissellement/drainage. L'axe y suffit uniquement de 20 à 100%, étant donné certaines mesures inférieures au seuil de détection (BG). La ligne verticale continue indique MEC/PEC = 1. Les lignes verticales traitillées indiquent MEC/PEC = 0,1 ou 10. Les points dans la zone grisée sont des mesures dont les concentrations dépassent les valeurs PEC

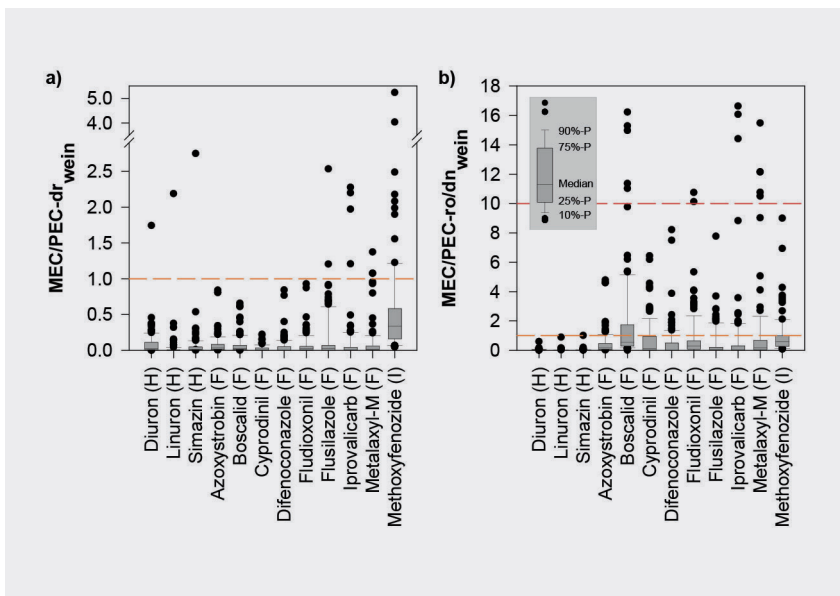


Fig. 6 Verteilung der MEC/PEC<sub>wein</sub>-Verhältnisse am Standort Ruisseau des Charmilles für einzelne Wirkstoffe, bei denen mindestens ein Messwert über dem a) PEC-dr<sub>wein</sub> oder b) PEC-ro/dn<sub>wein</sub> lag. In der Verteilung sind die Werte unter der Bestimmungsgrenze mit eingeschlossen. Die gestrichelten Linien visualisieren MEC/PEC = 1 bzw. 10  
 Distribution des rapports MEC/PEC<sub>wein</sub> sur le site Ruisseau des Charmilles pour les substances actives pour lesquelles au moins une valeur dépassait la valeur a) PEC-dr<sub>wein</sub> ou b) PEC-ro/dn<sub>wein</sub>. Cette distribution inclut les valeurs inférieures au seuil de détection. Les lignes traitillées indiquent MEC/PEC = 1 ou 10

aufgrund einer verbesserten landwirtschaftlichen Praxis führen sollen [10, 14, 15]. Zum Beispiel wurden die Rebparzellen begrünt, Rebstöcke rund um Entwässerungsschächte gerodet, Spritzgeräte mit Frischwasserbehältern zur Reinigung auf dem Feld ausgerüstet, eine Anlage für das Befüllen und Waschen der Spritzgeräte gebaut sowie durch die verstärkte Verwendung biologischer Bekämpfungsmethoden gegen den Traubenwickler (Verwirrungstechnik) die Einsatzmenge von Insektiziden verringert [14]. Daraufhin war bereits im Jahr 2012 die Gewässerbelastung rückläufig [15].

**FAZIT**

Die Auswertung des umfangreichen Datensatzes zur PSM-Belastung in Schweizer Fliessgewässern hat gezeigt, dass nur ein kleiner Teil der gegenwärtig verfügbaren Monitoringdaten dazu geeignet ist, die in der Risikobeurteilung verwendeten Expositionsmodelle zu evaluieren. Einschränkungen ergaben sich vor allem durch den vergleichsweise geringen An-

	MEC <sub>corr</sub> /PEC-dr <sub>wein</sub>				MEC <sub>corr</sub> /PEC-ro/dn <sub>wein</sub>			
	Anzahl MEC>PEC	Anteil MEC>PEC (gesamt)	Anteil MEC>PEC (DT)	max. MEC/PEC	Anzahl MEC>PEC	Anteil MEC>PEC (gesamt)	Anteil MEC>PEC (DT)	max. MEC/PEC
<b>Herbizid</b>								
Diuron	16	15,1%	15,2%	12,2	2	1,9%	1,9%	4,1
Linuron	3	2,8%	6,1%	15,3	2	1,9%	4,1%	6,2
Simazin	6	5,7%	5,7%	19,2	2	1,9%	1,9%	7,0
Terbuthylazine	21	19,8%	19,8%	4,4	7	6,6%	6,6%	1,9
<b>Gesamt Herbizide</b>	<b>46</b>	<b>2,8%</b>	<b>9,4%</b>	<b>19,2</b>	<b>13</b>	<b>0,8%</b>	<b>2,7%</b>	<b>7,0</b>
<b>Fungizid</b>								
Azoxystrobin	13	12,3%	12,3%	5,7	54	50,9%	50,9%	32,3
Boscalid	9	8,5%	8,6%	4,2	92	86,8%	87,6%	104,8
Carbendazim	–	–	–	–	2	1,9%	3,4%	3,3
Cyproconazole	–	–	–	–	2	1,9%	100,0%	2,8
Cyprodinil	2	1,9%	2,5%	1,5	48	45,3%	60,0%	43,3
Difenoconazole	7	6,6%	14,3%	5,9	35	33,0%	71,4%	57,5
Fludioxonil	10	9,4%	11,8%	6,5	62	58,5%	72,9%	75,2
Flusilazole	19	17,9%	30,6%	15,2	27	25,5%	43,5%	46,6
Iprovalicarb	11	10,4%	17,5%	15,4	29	27,4%	46,0%	112,4
Metalaxyl-M	10	9,4%	11,2%	9,6	54	50,9%	60,7%	108,3
Pyrimethanil	–	–	–	–	5	4,7%	7,6%	5,2
Tebuconazol	–	–	–	–	50	47,2%	51,5%	6,9
<b>Gesamt Fungizide</b>	<b>81</b>	<b>4,0%</b>	<b>7,9%</b>	<b>15,4</b>	<b>460</b>	<b>22,8%</b>	<b>45,0%</b>	<b>112,4</b>
<b>Insektizid</b>								
Diazinon	1	0,9%	3,0%	1,3	2	1,9%	6,1%	2,4
Methoxyfenozide	66	72,5%	72,5%	24,2	76	83,5%	83,5%	41,6
<b>Gesamt Insektizide</b>	<b>67</b>	<b>16,4%</b>	<b>40,1%</b>	<b>24,2</b>	<b>78</b>	<b>19,1%</b>	<b>46,7%</b>	<b>41,6</b>
<b>Gesamtergebnis</b>								
<b>Alle Wirkstoffe</b>	<b>194</b>	<b>4,8%</b>	<b>11,6%</b>	<b>24,2</b>	<b>551</b>	<b>13,5%</b>	<b>32,8%</b>	<b>112,4</b>

Tab. 4 Vergleich zwischen zeitkorrigierten MEC-Werten am Standort Ruisseau des Charmilles (nur Wirkstoffe mit Zulassung im Weinbau; s. Tab. 1) und den für den Weinbau berechneten PEC-Werten. Die %-Anteile MEC > PEC beziehen sich entweder auf alle Messwerte eines Wirkstoffs/einer Wirkstoffkategorie (gesamt) oder jeweils auf die Werte über der Bestimmungsgrenze (Detektionen = DT). Die hier angegebene Anzahl und die Anteile an Messwerten über den PEC-Werten geben nur potenzielle Überschreitungen an, da aus gemessenen Konzentrationen theoretische Spitzenkonzentrationen abgeleitet wurden ( $MEC_{corr} = MEC \times \text{Anzahl Tage}$ ). Für die hier nicht aufgeführten Wirkstoffe traten keine Fälle von  $MEC_{corr} > PEC$  auf

Comparaison entre les valeurs MEC en données corrigées selon la durée d'exposition sur le site Ruisseau des Charmilles (uniquement substances actives autorisées pour la viticulture; cf. tab. 1) et les valeurs PEC calculées pour la viticulture. Les pourcentages MEC > PEC se rapportent soit à toutes les mesures d'une substance active/catégorie de substances actives (total) soit aux valeurs supérieures au seuil de détection (détectations = DT). Les chiffres et les pourcentages de mesures supérieures aux valeurs PEC indiqués ici n'indiquent que les dépassements potentiels, étant donné que les concentrations mesurées ne permettent de déduire que des pics théoriques de concentration ( $MEC_{corr} \times \text{nombre de jours}$ ). Aucun cas de  $MEC_{corr} > PEC$  n'a été détecté pour les substances actives non répertoriées ici

teil an Daten von kleinen Fliessgewässern und die Tatsache, dass eine Evaluation für viele Wirkstoffe nicht möglich war, entweder weil sie nur selten in Messprogrammen enthalten waren oder aus unterschiedlichen Gründen im Monitoring nicht befriedigend erfasst werden können (z.B. schneller Abbau, geringe Aufwandsmengen oder Verbrauch). Nur ein geringer Anteil an gemessenen Konzentrationen im Datensatz war höher als die entsprechenden maximalen prognostizierten Expositionskonzentrationen (PEC-Werte).

Ein hoher Anteil an Proben wies Konzentrationen unter der Bestimmungsgrenze oder weit unter den PEC-Werten auf. Dies ist zunächst nicht überraschend, da es diverse Faktoren gibt, die dazu führen, dass reale Umweltkonzentrationen tiefer sind, als für den Worst Case berechnet. So ist der Anteil der mit dem jeweiligen PSM behandelten Fläche im Einzugsgebiet in der Regel klein und auch nur ein Teil dieser Flächen weist einen Anschluss ans Gewässer auf (in Talgebieten sind das in der gesamten Schweiz rund

50% der landwirtschaftlichen Nutzfläche [16]). Hinzu kommt, dass Probenahmen auch in Einzugsgebieten oder zu einem Zeitpunkt erfolgen, wo das PSM nicht eingesetzt wurde oder aufgrund der Witterung kein Austragsrisiko bestand. Trotz des positiven Gesamtergebnisses ist daher jeder einzelne Messwert im Gewässer, der höher ist als prognostiziert, grundsätzlich ernst zu nehmen und zeigt, dass die Expositionsmodelle auch nicht zu konservativ sind. Die Fälle, in denen die gemessenen Konzentrationen höher

**DANK**

Wir danken dem Bundesamt für Umwelt und allen beteiligten Stellen wie kantonalen Gewässerschutzlaboren und Gewässerschutzfachstellen für die Bereitstellung der Daten aus dem Gewässermonitoring. Ein besonderer Dank geht an alle Beteiligten der Forschungsgruppe Ökotoxikologie bei Agroscope (Wädenswil), insbesondere *Daniel Ruf*, für die Hilfe bei der Aufarbeitung der Anwendungsszenarien. Weiterhin möchten wir uns herzlich bei *Laura de Baan* (Agroscope Wädenswil), *Katja Knauer* (BLW) und *Irene Wittmer* (Eawag) für hilfreiche Diskussionen und die Bereitstellung zusätzlicher Hintergrundinformationen bedanken.

waren als die PEC-Werte, konzentrieren sich auf wenige Standorte. Der Standort am Ruisseau des Charmilles, der hierbei mit einem besonders hohen Anteil solcher Fälle heraussticht, ist nahezu der einzige im Datensatz, der über mehrere Jahre intensiv beprobt wurde und an dem gleichzeitig regelmässig eine breite Palette verschiedener Wirkstoffe gemessen wurde. Für eindeutige, allgemeine Rückschlüsse auf die Validität der Expositionsmodelle müssten mehr Standorte ähnlich intensiv beprobt werden.

Das Beispiel der Weinbauregion im Einzugsgebiet des Ruisseau des Charmilles verdeutlicht, dass möglichst, auch standort- und kulturspezifische Informationen für die Modellevaluation zu berücksichtigen sind. Je nach Landnutzung im Einzugsgebiet ist es nicht immer gerechtfertigt den maximalen PEC als Vergleichsbasis zu verwenden, sondern evtl. einen den Kulturen angepassten, tieferen Wert. Der Vergleich der Messwerte mit für den Weinbau relevanten Expositionskonzentrationen deutet darauf hin, dass die verwendeten Modelle möglicherweise für die spezifischen Gegebenheiten in diesem Einzugsgebiet (unbegrünte Weinbauflächen in erosionsgefährdeten Lagen) nicht ausreichend konservativ sind. Diese Schlussfolgerung muss allerdings noch anhand weiterer Einzugsgebiete mit ähnlichen lokalen Gegebenheiten und auch für weitere Kulturen überprüft werden. Je nachdem könnte eine gezielte, den lokalen Gegebenheiten angepasste Strategie zur Risikominderung zielführender sein als eine generelle Verschärfung der Risikobeurteilung.

**AUSBLICK**

Um mit einem Vergleich zwischen gemessenen Gewässerkonzentrationen und PEC-Werten eindeutige Rückschlüsse für die Risikobeurteilung und die verwendeten Modelle ziehen zu können, muss sichergestellt sein, dass die gemessenen Gewässerkonzentrationen einen repräsentativen Ausschnitt der realen Konzentrationsverteilung darstellen und potenzielle Einträge und damit verbundene Konzentrationsspitzen im Monitoring hinreichend erfasst werden. Diesbezüglich ist die Aussagekraft der bisher im Fliessgewässer-Monitoring erhobenen Daten noch begrenzt. Um in Zukunft mehr Informationen aus dem Gewässermonitoring für die kontinuierliche Verbesserung der Umweltrisikobeurteilung einerseits und die gezielte Risikominderung in Regionen mit besonderem Risiko andererseits gewinnen zu können, sollten vermehrt kleine Fliessgewässer-Standorte mit einer repräsentativen Landnutzung im Einzugsgebiet in Monitoringprogramme aufgenommen werden. Im Hinblick auf die Gesamterfassung einzelner Austragsereignisse sollten diese kontinuierlich durch Mischproben bzw. an ausgewählten Standorten mit höherer Auflösung beprobt werden. In die gleiche Richtung weist auch eine Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) zur Entwicklung eines Beurteilungskonzepts für Mikroverunreinigungen aus diffusen Einträgen [12]. Weiter sollten die Einzugsgebiete bezüglich Art und Flächenanteil der vertretenen Kulturen sowie bezüglich des lokalen PSM-Einsatzes charakterisiert und das Messprogramm auf die potenziell eingesetzten Stoffe abgestimmt sein. Ebenso wichtig sind zudem schweizweit erhobene Daten zum Einsatz von PSM in der Landwirtschaft. Solche Daten werden beispielsweise in einem Projekt im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW) zur Definition und Auswertung von Agrarumweltindikatoren (ZAAUI) für einzelne Regionen und Kulturen erhoben [9], jedoch fehlt in der Schweiz bisher eine systematische Erhebung. Die Verfügbarkeit von Daten sowohl zum Einsatz von PSM als auch der daraus resultierenden Umweltbelastung ist besonders im Hinblick auf die Umsetzung des Nationalen Aktionsplans (NAP) zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln von Bedeu-

tung, da diese Daten die nötige Grundlage für verschiedene Fragestellungen und Projekte bilden.

**BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Daniel, O. et al. (2007): Ökotoxikologische Risikoanalysen von Pflanzenschutzmitteln. *Agrarforschung Schweiz*, 14 (6): p. 266–271
- [2] Knaebel, A. et al. (2012): Regulatory FOCUS Surface Water Models Fail to Predict Insecticide Concentrations in the Field. *Environmental Science & Technology*, 46 (15): p. 8397–8404
- [3] Winchell, M. F.; Snyder, N. J. (2014): Comparison of Simulated Pesticide Concentrations in Surface Drinking Water with Monitoring Data: Explanations for Observed Differences and Proposals for a New Regulatory Modeling Approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62 (2): p. 348–359
- [4] Munz, N.; Leu, C.; Wittmer, I. (2012): Pestizidmessungen in Fliessgewässern – Schweizweite Auswertung. *Aqua & Gas*, 11: p. 32–41
- [5] Rautmann, D.; Strelöke, M.; Winkler, R. (2001): New basic drift values in the authorization procedure for plant protection products. In: Forster, R.; Strelöke, M.: *Workshop on risk assessment and risk mitigation measures in the context of authorization of plant protection (WORMM)*. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem. Parey, Berlin. Heft 383: p. 133–141
- [6] Umweltbundesamt (2011): EXPOSIT 3.01. Verfügbar unter: [www.bvl.bund.de/DE/04\\_Pflanzenschutzmittel/03\\_Antragsteller/04\\_Zulassungsverfahren/07\\_Naturhaushalt/psm\\_naturhaushalt\\_node.html](http://www.bvl.bund.de/DE/04_Pflanzenschutzmittel/03_Antragsteller/04_Zulassungsverfahren/07_Naturhaushalt/psm_naturhaushalt_node.html)
- [7] Umweltbundesamt (2008): Konzept zur Bewertung des Eintrags von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächen- und Grundwasser unter besonderer Berücksichtigung des Oberflächenabflusses (Dokumentation zum Modell EXPOSIT). Verfügbar unter: [www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04\\_Pflanzenschutzmittel/zul\\_umwelt\\_exposit\\_dok.html](http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/zul_umwelt_exposit_dok.html)
- [8] Moschet, C. et al. (2015): Insektizide und Fungizide in Fliessgewässern – Wichtig zur Beurteilung der Gewässerqualität. *Aqua & Gas*, 4: p. 54–64
- [9] de Baan, L.; Spycher, S.; Daniel, O. (2015): Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Schweiz von 2009 bis 2012. *Agrarforschung Schweiz*, 6 (2): p. 48–55
- [10] Agridea (2008): Reduktion der Gewässerverschmutzung durch die Landwirtschaft. [www.agridea.ch/de/projekte-begleiten/referenzen/reduktion-von-verschmutzung-durch-landwirtschaftliche-abwaesser/](http://www.agridea.ch/de/projekte-begleiten/referenzen/reduktion-von-verschmutzung-durch-landwirtschaftliche-abwaesser/) Zuletzt besucht: 15.7.2015
- [11] Strahm, I. et al. (2013): Landnutzung entlang des Gewässernetzes – Quellen für Mikroverunreinigungen. *Aqua & Gas*, 5: p. 36–44

- [12] Wittmer, I. et al. (2014): Mikroverunreinigungen – Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus diffusen Einträgen. Studie im Auftrag des BAFU. Eawag, Dübendorf. Verfügbar unter: [www.oekotoxzentrum.ch/dokumentation/berichte](http://www.oekotoxzentrum.ch/dokumentation/berichte)
- [13] Simon, G.; Liniger, H. P.; Prasuhn, V. (2011): Erosionsrisikokarte im 2x2-Meter-Raster (ERK2). *Agrarforschung Schweiz*, 2 (4): p. 148–155
- [14] Bundesamt für Landwirtschaft (2013): Agrarbericht 2013. Verfügbar unter: [www.papst.ch/files/Agrarbericht\\_2013\\_de.pdf](http://www.papst.ch/files/Agrarbericht_2013_de.pdf)
- [15] Kanton Genf (2012): Projet pilote 62a «Ruisseau des Charmilles» Rapport (2012). Internes Dokument
- [16] Bundesamt für Umwelt (2013): Gewässeranschlussskarte zeigt Risiken für den Eintrag von Stoffen in Gewässer auf. Medienmitteilung vom 5.11.2013. [www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=50836](http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=50836) Zuletzt besucht: 15.7.2015

## > SUITE DU RÉSUMÉ

convient éventuellement d'améliorer de manière ciblée l'estimation de l'exposition ou s'il convient de prendre des mesures locales pour réduire les risques. Une investigation plus précise des cas de dépassement des valeurs PEC donne à supposer que certaines situations échappent peut-être encore aux modélisations. Cela semble être le cas en particulier pour un site de viticulture escarpé et sensible à l'érosion. Les données de monitoring recueillies jusqu'ici n'ont pas permis d'évaluer de manière pertinente les modèles d'estimation de l'exposition. D'une part, l'ensemble de données ne comporte pas assez de petits cours d'eau, qui sont en principe l'objet des modélisations. D'autre part, la plupart des sites ont été examinés uniquement par échantillonnage mensuel ou par échantillons composites sur plusieurs jours: deux techniques d'échantillonnage qui démontrent insuffisamment les pics de concentration. A l'avenir, les programmes de monitoring devraient englober d'avantage de petits cours d'eau dont le bassin de versant et l'exposition aux PPS sont bien caractérisées, avec des prélèvements plus fréquents et continus de manière à en améliorer la qualité prédictive des modèles d'exposition. Les connaissances acquises pourrait également servir à la mise au point des mesures locales ciblées de réduction des risques.

## Der innovative Kaltwasserzähler

–die intelligente Lösung zur Zählerfernauslesung

**kamstrup**



- Ultraschall-Technologie
- **Neu!** Erfassung der Wasser- und Umgebungstemperatur
- Langlebigkeit
- Genaue Daten
- Zählerauslesung via Drive-/Walk-by oder Fixed Network

Für weitere Informationen kontaktieren Sie:  
Kamstrup Niederlassung Schweiz, Tel.: 043 455 70 50,  
E-Mail: [info@kamstrup.ch](mailto:info@kamstrup.ch) oder besuchen Sie unsere  
Webseite.

[kamstrup.ch](http://kamstrup.ch)

