

Aquatische Risikobewertung von Pflanzenschutzmitteln

Katja Knauer, Stefanie Knauert, Olivier Felix und Eva Reinhard, Bundesamt für Landwirtschaft BLW, 3003 Bern
Auskünfte: Katja Knauer, E-Mail: katja.knauer@blw.admin.ch, Tel. +41 31 323 11 34



Foto: Katja Knauer, Basel

Mesokosmenanlage von Syngenta in Stein (AG).

Einleitung

Umweltrisikobewertungen sind in den letzten Jahrzehnten Teil vieler Programme zum Schutze der Umwelt geworden. So gehören sie obligatorisch zu jeder Zulassung von Pflanzenschutzmitteln (PSM), Bioziden und seit einigen Jahren auch zur Beurteilung von pharmazeutischen Produkten sowie zur Meldung und Registrierung von Industriechemikalien.

Pflanzenschutzmittel enthalten biologisch aktive Stoffe, die neben den gewünschten Schutzwirkungen gegen Schadorganismen auch Nebenwirkungen auf

Nicht-Zielorganismen haben können. Deshalb muss für die Zulassung neben der Wirksamkeit mit aufwändigen Testverfahren auch die Sicherheit für Nicht-Zielorganismen nachgewiesen werden. Die rechtliche Basis legt die Pflanzenschutzmittelverordnung (PSMV) fest, die die Datenanforderungen und Bewertungsgrundsätze bezüglich Wirksamkeit und Schutz von Mensch und Umwelt spezifiziert. Die Schweizer PSMV entspricht in grossen Zügen der Europäischen Pflanzenschutzmittelgesetzgebung (91/614/EC bzw. inskünftig 1107/2009/EC). Um unannehmbare Nebenwirkungen von PSM auf die Umwelt auszuschliessen, kann die Zulassung eines PSM

mit spezifischen Risikoreduktionsmassnahmen (z. B. Abstandsaufgaben zu Oberflächengewässern, zeitliche Anwendungsbeschränkungen) verknüpft werden.

Die Umweltrisikobewertung gemäss PSMV bezweckt, Ökosysteme wie Gewässer, Böden und Luft zu schützen, um nichtakzeptable Schäden auf die dort lebenden Organismen zu verhindern. Bei der aquatischen Risikobewertung ist der Schutz von Wasserlebewesen, die typischerweise in Bächen und kleinen Flüssen angrenzend an das Agrarland anzutreffen sind, im Fokus. Der Schutz von Oberflächengewässern vor schädlichen Auswirkungen von PSM wird ebenfalls in anderen Rechtserlassen, wie zum Beispiel in der auf das Umweltschutzgesetz gestützten Gewässerschutzverordnung (GSchV) behandelt. Anhang 2, Ziffer 12 GSchV stellt für PSM die folgende quantitative Anforderung: «0.1 µg/L je Einzelstoff, vorbehalten bleiben andere Werte auf Grund von Einzelstoffbeurteilungen im Rahmen des Zulassungsverfahrens».

Methode

Ziel einer Umweltrisikobewertung ist es, nicht akzeptable Schäden und negative Effekte auf Ökosysteme zu verhindern. Dafür werden Expositionskonzentrationen abgeschätzt und ökotoxikologische Daten erhoben. In der Folge werden ökologische Risiken abgeschätzt, indem die potenzielle Exposition und die möglichen Effekte ins Verhältnis gesetzt werden (Risiko = Exposition / Effekte). Um in der EU ein einheitliches Vorgehen bei der Risikobewertung zu gewährleisten, wurden die Datenansprüche und die Vorgehensweise in verschiedenen Wegleitungen unter anderem im aquatischen Guidance-Dokument (SANCO/3268/2001 rev.4) festgehalten.

Expositionsabschätzung

Für die Expositionsabschätzung werden Angaben über Aufwandmengen, Stoffeigenschaften und das Verhalten der in PSM enthaltenen aktiven Stoffe in der Umwelt benötigt. Die Expositionsabschätzung erfolgt meistens mit Computermodellen, die voraussichtliche Umweltkonzentrationen (PEC, vgl. Glossar) berechnen. Bei den Berechnungen werden sogenannte «Worst-case-Annahmen» in Bezug zum Beispiel auf Abbau der Substanzen, Klima- und Bodenbedingungen getroffen, um mögliche Spitzenkonzentrationen von PSM in Gewässern bei der Risikobewertung einzubeziehen. Zudem werden bei der Expositionsabschätzung verschiedene Eintragswege wie Abdrift, Abschwemmung und Drainage in Oberflächengewässern berücksichtigt. Bei einer Spritzapplikation kann zum Beispiel PSM-haltiger Sprühnebel in angren-

Zusammenfassung Umweltrisikobewertungen zielen darauf hin, Ökosysteme wie Gewässer, Böden und Luft zu schützen, um nichtakzeptable Schäden auf die dort lebenden Organismen ausschliessen zu können. Für die Bewertung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) in Gewässern stehen typische Bäche und kleine Flüsse angrenzend an das Agrarland im Fokus. Risikobewertungen basieren auf der Abschätzung von Expositionskonzentrationen und der Erhebung von einer Vielzahl ökotoxikologischer Daten. Bei der Abschätzung der Toxizität eines PSM werden Wirkungen auf Individuen, Populationen und Lebensgemeinschaften erhoben, um kurz- wie auch langfristige Folgen einer Belastung ermitteln zu können. Risikobewertungen werden für Umweltmanagemententscheidungen zwingend benötigt, da die Zusammenstellung umweltrelevanter Informationen es ermöglicht, potenzielle Risiken zu erkennen und Vermeidungsstrategien zum Schutze der Umwelt zu entwickeln. Die Handlungsoptionen, um das Risiko auf einem akzeptablem Niveau zu halten, sind vielseitig. Durch das Vorschreiben konkreter Auflagen auf spezifische PSM wie zum Beispiel das Einhalten von bestimmten Abständen zu Oberflächengewässern oder der obligatorische Einsatz von abdriftmindernder Technik bei der Anwendung, können PSM weiterhin sicher in der Landwirtschaft eingesetzt werden und unannehmbare Effekte auf Lebensgemeinschaft weitgehend ausgeschlossen werden.

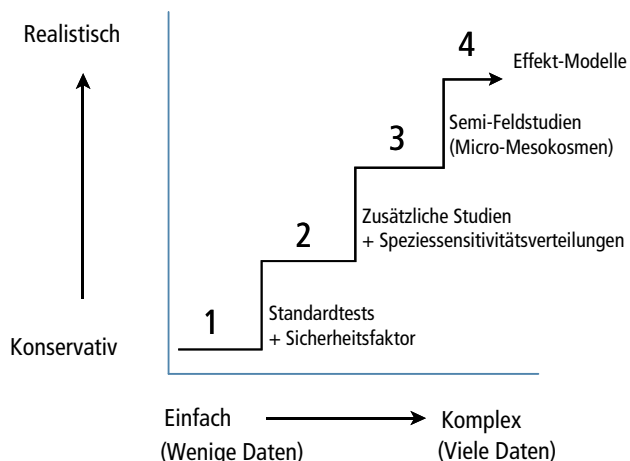


Abb. 1 | Stufenweises Vorgehen in der Effektbewertung.

zende Gewässer gelangen (Abdrift). Bei Regen, besonders bei Starkregen oder Regenfall auf gefrorenem Boden, oder während der Schneeschmelze können PSM abgeschwemmt und in Oberflächengewässer eingetragen werden (Abschwemmung). Auch durch Drainagen - landwirtschaftlich genutzte Böden sind oft drainiert - können PSM schnell versickern, abfließen und von den behandelten Flächen in angrenzende Oberflächengewässer gelangen.

Toxizitätsabschätzung

Bei der Abschätzung der Toxizität eines PSM werden Wirkungen auf Individuen, Populationen und Lebensgemeinschaften ermittelt. Toxizitätsdaten werden nach einem stufenförmigen Prozess generiert (Abb. 1).

Auf der ersten Stufe wird für die Bewertung eines potenziellen Risikos für Wasserorganismen ein Basisdatensatz erstellt, dem akute und chronische ökotoxikologische Labortests mit Algen, Daphnien und Fischen zu Grunde liegen. Diese Tests werden nach international harmonisierten Richtlinien durchgeführt (OECD-Testverfahren nach GLP). In Kurzeitests werden akute Effekte wie zum Beispiel Mortalität erfasst, während in Langzeittests chronische Effekte vorwiegend auf die Reproduktion untersucht werden. Aus den Ergebnissen werden ökotoxikologische Werte wie der akute EC50 (oder der chronische NOEC (vgl. Glossar) berechnet.

Um unvermeidliche Ungenauigkeiten bei der Übertragung von Laborergebnissen von einzelnen wenigen Organismen auf reale Gewässerhältnisse Rechnung zu tragen, wird das Testergebnis für die empfindlichste Art mit einem Sicherheitsfaktor (AF) versehen. Die Berücksichtigung resultiert in einem sogenannten PNEC ($PNEC = EC50 / AF$ und $PNEC = NOEC / AF$) (Tab. 1), einer Konzentration, bei der keine negativen Effekte auf das aquatische Ökosystem zu erwarten sind (Abb. 2). Die PNEC werden dabei so berechnet, dass selbst bei einer langfristigen Pestizidexposition keine Beeinträchtigung der aquatischen Organismen zu erwarten ist.

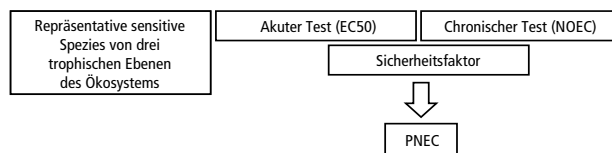


Abb. 2 | Gefahrenbewertung für Ökosysteme im Rahmen der PSM-Zulassung.

Tab. 1 | Ökotoxikologische Kenngrößen in der Risikobewertung von Pflanzenschutzmitteln

Kenngrößen	Organismen	Tests	Methoden
$PNEC = EC50 / AF$	Auswertung von Speziesdaten	Akute Laborstudien	Dosis-Wirkungskurven
$PNEC = NOEC / AF$	Auswertung von Speziesdaten	Chronische Laborstudien	Dosis-Wirkungskurven
$HCS * AF$	Spezies-Sensitivitätsverteilungen	Akute und chronische Studien	Probabilistische Auswertung
$NOEAEC * AF$	Auswertung der Populations- und Gemeinschaftsdaten	Mikro- und Mesokosmendaten, komplexe Umweltsysteme	Principle-Response-Kurven, Gemeinschaftsindices, Dosis- Wirkungskurven
EAC oder RAC	Alle verfügbaren Daten	Alle Tests	Alle Methoden

Ergibt sich aus dem Vergleich der Toxizitätsdaten der 1. Stufe (PNEC) mit der Expositionskonzentration (PEC) ein potenzielles Risiko für aquatische Organismen, so geht man auf die nächst höhere Stufe in der Risikobewertung (Abb. 1, Daniel 2007). Nun müssen zusätzliche Studien herangezogen werden, um die Unsicherheit der Übertragung von Laborergebnissen auf die reale Situation zu überprüfen. Es können dafür weitere Tests mit anderen Organismen der sensitivsten Gruppe, Versuche mit realistischeren Expositionen und Multispezies-tests durchgeführt werden.

Für die Auswertung von Ergebnissen (EC50 und NOEC) mehrerer Organismen der sensitiven Gruppe können probabilistische Methoden angewendet werden, mit denen die Gefährdung der aquatischen Organismen abgeschätzt wird. Der ökotoxikologisch relevante Wert aus den Spezies-Sensitivitätsverteilungen ist die Gefahrenkonzentration (HC5, vgl. Glossar) (Tab.1).

Bei Versuchen, die realistische Expositionsszenarien berücksichtigen, wird häufig der Einfluss des Sediments auf die Wirkung einer Substanz beurteilt oder der Abbau der Substanz in der Wasserphase simuliert, wie sie unter natürlichen Bedingungen zu erwarten wäre.

Für die Multispezies-tests wurden eine Reihe von Modell-Ökosystemen entwickelt, wie zum Beispiel Micro- und Mesokosmen, die es ermöglichen, Effekte von PSM auf komplexe aquatische Lebensgemeinschaften zu untersuchen. Neben den direkten Effekten wird in diesen Systemen auch die Regenerationsfähigkeit, das heisst auch das Erholungspotenzial von Populationen und Lebensgemeinschaften untersucht und in der Risikobewertung berücksichtigt. Temporäre Effekte, von denen sich Populationen in einem kurzen Zeitraum erholen können, werden als akzeptabel eingestuft. Für diese Multispezies-tests werden sogenannte NOEAEC (vgl. Glossar) festgelegt.

Auch auf die Ergebnisse dieser «Higher-tier»-Studien (auf höherer Stufe) können zur Abschätzung des tatsächlichen Risikos zusätzliche Sicherheitsfaktoren eingerechnet werden. Die Höhe der Faktoren ist abhängig von der Qualität und Quantität der vorhandenen ökotoxikologischen Studien. Für die Entscheidung, welche Vorgehensweise im Rahmen der Risikobewertung sinnvoll ist, sind das Wissen und die Erfahrungen von Experten unabdingbar. Guidance-Dokumente, die die Methoden der Durchführungen komplexer Tests und die Auswertung empfehlen, können herangezogen werden (HARAP 1999, CLASSIC 2001).

Eine Gesamtbewertung aller ökotoxikologischen Daten ermöglicht in einem abschliessenden Schritt in der Risikobewertung, eine akzeptable Umweltkonzentration (EAC) für ein PSM festzulegen. Der EAC ist zu ver-



Foto: Katja Knauer, Basel

Abb. 3 | Der Seebach im Agrarland des Kantons Bern.

Glossar

- PSM: Pflanzenschutzmittel
- PSMV: Pflanzenschutzmittelverordnung
- GSchV: Gewässerschutzverordnung
- PEC: predicted environmental concentration
- GLP: good laboratory practice; gute Laborpraxis
- EC50: effect concentration; Konzentration, bei der 50 Prozent des Effekts auftritt
- NOEC: no observed effect concentration; Konzentration, bei der kein Effekt auftritt
- NOEAEC: no observed ecologically adverse effect concentrations; Konzentrationen, bei denen keine für die Umwelt nachteiligen Effekte auftreten
- AF: assesment factor, Sicherheitsfaktor
- PNEC: EC50/AF sowie NOEC/AF
- HC5: hazard concentration; Gefahrenkonzentration bei der fünf Prozent der getesteten Organismen einen 50-prozentigen oder gerade noch keinen Effekt zeigen
- EAC oder RAC: ecologically acceptable concentration, annehmbare Umweltkonzentration oder regulatory acceptable concentration, regulatorisch akzeptable Konzentration



Tab. 2 | Ökotoxikologische Kenngrößen (PNEC) für Pestizide in Oberflächengewässern berechnet nach den Vorgaben der Pflanzenschutzmittelverordnung

Wirkstoff	Kenngrößen (µg/L)
Beflubutamid	0,55
Benalaxyl- M	3
Bifenazat	1,7
Clothianidin	10
Cyflufenamid	2,4
Etofenprox	0,0054
Fonicamid	310
Fluoxastrobin	0,63
Kaliumbicarbonat	7314
Kaliumiodid	57
Kaliumthiocyanat	27
Laminarin	>1000
Mandipropamid	28
Mepiquat-chlorid	260
Metrafenone	8,2
Oxardiagyl	0,09
Pelargonsäure	1190
Pethoxamid	0,5
Picloram	55
Pinoxaden	44
Tembotrion	0,85
Triazoxid	0,78
Tritosulfuron	4,8
6-Benzyladenin	205

gleichen mit dem PNEC, der auf der ersten Stufe der Risikobewertung festgelegt wird, und wird heute auch oft als regulatorisch akzeptable Konzentration (RAC) bezeichnet. Je mehr Studien vorhanden sind, umso besser und sicherer lässt sich eine Risikobewertung durchführen. Liegen neue Erkenntnisse vor, müssen die Werte neu berechnet werden, damit die geltenden Bewilligungsvoraussetzungen erfüllt sind (Art. 21, PSMV). Die Erhebung dieser für die Risikobewertung relevanten Daten ist für jeden Wirkstoff und jedes Produkt obligatorisch.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Wofür wird eine Risikobewertung verwendet?

Aquatische Risikobewertungen werden für Umweltmanagemententscheidungen zwingend benötigt. Sie stellen umweltrelevante Informationen zusammen, um die

grössten Risiken zu erkennen und um Wissenslücken zu identifizieren. Basierend auf diesen Informationen können Auflagen auf PSM-Produkte gesetzt werden, zum Beispiel Abstände zu Oberflächengewässern oder der obligatorische Einsatz von abdriftmindernder Technik bei der Anwendung eines spezifischen Produktes, um unannehmbare Effekte für die aquatische Lebensgemeinschaft weitgehend auszuschliessen.

Was sind die Schutzziele der PSMV?

Die PSMV stellt sicher, dass PSM gemäss international vereinbarten Kriterien hinreichend geeignet sind, aber auch bei vorschriftsmässigem Umgang keine unannehmbaren Nebenwirkungen auf Mensch, Tier und Umwelt haben (Art. 1 PSMV).

Um dieses Schutzziel für die Umwelt zu gewährleisten, muss jede Umweltrisikobewertung spezifische Bewertungskriterien festlegen. Sie muss einerseits geeignete Endpunkte definieren, deren Verwendung es ermöglicht, Umweltwerte wie zum Beispiel die aquatische Lebensgemeinschaft zu schützen. Andererseits muss das Schutzniveau definiert werden. Hierbei ist festzulegen, welche Effekte akzeptiert werden und mit welcher Unsicherheit die Vorhersage der Effekte belegt sein darf.

Wie geeignet sind die Vorhersagen einer Risikobewertung?

Entsprechend der PSMV dürfen ökotoxikologische Kenngrößen wie PNEC, EAC oder RAC (Tab. 2) nicht überschritten werden. Die Modellierung der Exposition berücksichtigt verschiedene Eintragswege wie Abdrift, Abschwemmung und Drainage für Oberflächengewässer. So wird garantiert, dass keine unannehmbaren Effekte für die aquatischen Lebensgemeinschaften zu erwarten sind. Erst dann ist die Zulassung eines PSM möglich. Mit Hilfe gezielter Messkampagnen zur Bestimmung von PSM-Konzentrationen in Oberflächengewässern wird die Richtigkeit der Risikobewertung und des darauf basierenden Zulassungsentscheidungs überprüft und gegebenenfalls eine Anpassung der Produktzulassung initiiert. Dieser Vergleich ist für jedes PSM durchführbar und macht eine Einschätzung des potenziellen Risikos für die aquatischen Lebensgemeinschaften möglich (Chèvre 2003). Massnahmen zur Reduktion der PSM-Einträge in Oberflächengewässer sind gegebenenfalls zu treffen. Dabei sind in einem ersten Schritt mögliche Emissionsquellen zu reduzieren, die Einhaltung von Anwendungsbeschränkungen zu kontrollieren und das Auflagenmanagement zu überprüfen. ■

Riassunto**Valutazione dei rischi rappresentati dai prodotti fitosanitari per l'ecosistema acquatico**

Le valutazioni dei rischi ambientali sono finalizzate a proteggere ecosistemi come le acque, il suolo e l'aria, onde poter escludere danni inaccettabili agli organismi che li abitano. Nella valutazione del rischio rappresentato dai prodotti fitosanitari per i corsi d'acqua si analizzano soprattutto ruscelli tipici e piccoli fiumi confinanti con le superficie agricole, stimando le concentrazioni d'esposizione e rilevando un gran numero di dati ecotossicologici. La stima della tossicità di un prodotto fitosanitario verte sulla rilevazione degli effetti dello stesso su individui, popolazioni e cenosi allo scopo di determinare le conseguenze a breve e lungo termine. Le valutazioni dei rischi sono imprescindibili per le decisioni in materia di gestione ambientale, poiché la raccolta di informazioni rilevanti per l'ambiente permette di individuare rischi potenziali e di sviluppare strategie preventive adeguate per la sua tutela. Vi sono varie opzioni operative per mantenere il rischio a un livello accettabile. Mediante l'imposizione di condizioni concrete nei confronti di prodotti fitosanitari specifici, come ad esempio quella di rispettare una determinata distanza dalle acque superficiali o l'obbligo di ricorrere a una tecnica di applicazione che riduce la deriva, sarà possibile continuare a impiegare tali prodotti in agricoltura in maniera sicura, escludendo in larga misura effetti inaccettabili sulla cenosi acquatica.

Literatur

- Campbell P.J., Arnold D.J.S., Brock T.C.M., Grandy N.J., Heger W., Heimbach F., Maund S.J. & Steloke M. 1998. Guidance document on Higher tier risk assessment for pesticides (HARAP). Proceedings from the HARAP workshop. SETAC pub. ISBN 90-5607-011-8.
- Chèvre N. 2003, 2006. Pestizide in Schweizer Oberflächengewässern, gwa 4: 297-307.
- Daniel, O. Gandolfi, M., Aldrich, A., Baumann H. & Büchi, R. 2007. Ökotoxikologische Risikobewertungen von Pflanzenschutzmitteln. *Agrarforschung* 14 (6), 266-271.
- Europäische Pflanzenschutzmittelverordnung (1107/2009/EC)
- Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV) (SR 814.201)
- Giddings J.M., Brock T.C.M., Heger, W., Heimbach F., Maund S.J., Norman S.M., Ratte H.T., Schafers C. & Steloke M (2001) Community – Level

Summary**Pesticides risk assessment for aquatic ecosystem**

The analyse of environmental risks aims to protect water, soils and the air so that the organisms living in these ecosystems do not suffer an unacceptable level of damage. To analyse the effects of plant protection products in rivers and streams, the focus is typically on small waters adjacent to farmland. Risk assessment is based on an estimation of the exposure and on various ecotoxicological data. In order to estimate the toxicity of a plant protection product, its effects on individuals, populations and communities are investigated so that both short and long-term consequences of an exposure can be determined. Risk analyses are essential for decisions concerning environmental management, since a compilation of environmental relevant informations can lead to the identification of potential risks and to the development of strategies to avoid damage to the environment. There are many ways of keeping risks to an acceptable minimum. By introducing compulsory practical conditions for specific plant protection products, like the utilisation at an obligatory distance from surface waters, or the compulsory use of technology to prevent spread, it will still be possible to use such substances in agriculture while unwanted effects on aquatic organisms are largely avoided.

Key words: plant protection products, risk assessment, surface water, protection goals.

aquatic system studies – interpretation criteria. Proceedings from the CLASSIC workshop. SETAC pub. ISBN 1-880611-49-x.

- SANCO/3268/2001 rev.4 (final) 17 October 2002. Working document, Guidance document on aquatic ecotoxicology in the context of the directive 91/414/EEC.
- Verordnung vom 18. Mai 2005 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (Pflanzenschutzmittelverordnung, PSMV) (SR 916.161).