oekotoxzentrum
centre ecotox
Schweizerisches Zentrum für angewandte Ökotoxikologie
Centre Suisse d'écotoxicologie appliquée

Referenzwerte für Böden – Vorschlag für Screeningwerte zur integrierten Bewertung von Pflanzenschutzmittelrückständen in Landwirtschaftsböden

Marion Junghans, Fabian Balk, Sophie Campiche, Eva Lauber, Mathieu Renaud, Benoit J.D. Ferrari

Hintergrund

Im September 2017 veröffentlichte der Schweizer Bundesrat den Nationalen Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Ein zentrales Ziel ist, dass der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) keine langfristig nachteiligen Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit in Landwirtschaftsböden hat[1] . Im Hinblick auf dieses Ziel sollen die PSM-Rückstände in Landwirtschaftsböden überwacht und ihre Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit bewertet werden (Massnahme 6.3.3.7). Dazu sollen risikobasierte Referenzwerte für den Vergleich mit den gemessenen PSM-Rückständen sowie Indikatoren zur Bewertung ihrer Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit in Landwirtschaftsböden entwickelt werden. Das Schweizerische Zentrum für Angewandte Ökotoxikologie (Oekotoxzentrum) und Envi–BioSoil wurden beauftragt, sowohl die Referenzwerte als auch die Bioindikatoren abzuleiten (ConSoil-Projekt). Das Projekt konzentriert sich dabei auf Bodenorganismen und die Keimung von (Nutz-)Pflanzen, da diese Organismengruppen die Bodenfruchtbarkeit beeinflussen und am ehesten direkt von PSM-Rückständen betroffen sind. Das ConSoil-Projektteam hat «Soil Guideline Values» (SGV) erarbeitet, risikobasierte Screening-Werte für PSM-Rückstände, bei deren Überschreitung negative Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit nicht ausgeschlossen werden können. Die Methodik zur Ableitung dieser SGV wurde 2023 veröffentlicht (Marti-Roura et al. 2023). Anschliessend werden die SGV in einen Ansatz zur Risikobewertung von Substanzgemischen im Boden integriert, wie Balk et al. 2026 vorgeschlagen haben.

Vorgehensweise

Die Substanzen für die Ableitung der SGV wurden auf der Grundlage von Überwachungsdaten zu PSM-Rückständen aus der Schweizer Nationalen Bodenbeobachtung (NABO) ausgewählt. Da im Boden Rückstände sehr vieler PSM nachgewiesen wurden, mussten diese für die Ableitung der SGV priorisiert werden.

Für eine Auswahl von PSM wurde eine detaillierte ökotoxikologische Bewertung durchgeführt. Dabei wurden sowohl Daten aus der Zulassung der PSM als auch Daten aus der wissenschaftlichen Literatur für die Ableitung der SGV herangezogen und für jeden Wirkstoff in separaten Berichten dokumentiert. Für einen grossen Teil der PSM-Rückstände, die 2024/2025 mindestens einmal nachgewiesen wurden, wurden SGV abgeleitet, die ausschliesslich auf Zulassungsdaten beruhen (sogenannte *ad-hoc-SGV*). Die Qualität der ökotoxikologischen Daten wurde nach Casado-Martinez et al. (2024) bewertet; für die Ableitung der SGV wurden nur zuverlässige und relevante Daten verwendet.

Datenverfügbarkeit und Unsicherheit

Bei einigen Substanzen wurde die Ableitung der SGV dadurch erschwert, dass keine öffentlich zugänglichen Daten verfügbar waren. Für Fenarimol, Orbencarb, Pencycuron, Pyrifenox und Zoxamid konnten keine SGV abgeleitet werden, da für diese Substanzen keine Zulassungsdaten zur Verfügung standen. In einigen Fällen (z. B. Atrazin) konnten jedoch Daten aus US-Datenbanken abgerufen werden. Auch konnten einige Daten nicht verwendet werden, weil für die Datenauswertung erforderliche Angaben fehlten. Soweit möglich, wurden solche fehlenden Angaben aus den jeweiligen Prüfleitfäden abgeleitet.

Die Unsicherheit, die sich aus Datenlücken ergibt, wird durch die Verwendung von Sicherheitsfaktoren berücksichtigt. Dies entspricht dem Vorsorgeprinzip, auf dem die SGV beruhen.

Die Verfügbarkeit von PSM-Rückständen für die Organismen (Bioverfügbarkeit) wurde durch Normalisierung auf einen Standardgehalt an organischem Material im Boden berücksichtigt. Diese Annäherung bildet die tatsächliche Bioverfügbarkeit in verschiedenen Böden jedoch möglicherweise nicht vollständig ab. Insbesondere bei sehr alten PSM-Rückständen oder spezifischen Expositionswegen der Bodenorganismen kann die Bioverfügbarkeit abweichen.

[1] Gemäss SR 814.12 (VBBo, OSol, Osuolo), Art. 2 Abs. 1

Verwendungszweck

Die SGV sind als Screening-Werte gedacht, um das Risiko durch PSM-Rückstände im Winter vor der ersten PSM-Ausbringung zu bewerten. An Standorten, an denen die SGV überschritten werden, besteht ein potenzielles Risiko für Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit im Feld, und es wird eine detailliertere Bewertung unter Einbezug von Bioindikatoren vorgeschlagen. Diese Strategie ermöglicht eine erste Charakterisierung des potenziellen Risikos von PSM-Rückständen für die Bodenfruchtbarkeit[1] und unterstützt die Auswahl von Standorten für standortspezifische Untersuchungen mit ausgewählten Bioindikatoren (Renaud et al. 2024). Idealerweise sollten standortspezifische Untersuchungen über mehrere Jahre (z. B. 5 Jahre) durchgeführt werden, um langfristige Auswirkungen interpretieren und charakterisieren zu können.

Ableitung der SGV

Alle SGV sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die vollständigen Berichte zur Ableitung der SGV sind auf der Website des Oekotoxzentrums verfügbar[2]. Die SGV und die dazugehörigen Metadaten sind als Datenpaket (https://doi.org/10.25678/000FXW) verfügbar, einschliesslich des R-Codes (R Core Team 2024) für die automatisierte Ableitung der SGV sowie ergänzender Informationen zur Methodik. Die für die Ableitung der SGV erhobenen Toxizitätsdaten können auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden. Sobald neue Toxizitätsdaten verfügbar werden – sei es öffentlich oder im Rahmen von Vertraulichkeitsvereinbarungen – kann die Liste der SGV mithilfe des R-Codes aktualisiert werden.

Tabelle 1: Alle Wirkstoffe, die im Rahmen der NABO-Überwachung 2024/2025 nachgewiesen wurden, sowie ihre SGV-Werte. Der Farbcode gibt an, welcher Sicherheitsfaktor (AF) für die Ableitung des SGV verwendet wurde: AF 4, AF 10, AF 50, AF 100, (aa) = vollständiger SGV-Bericht verfügbar, (a) = ad-hoc SGV basierend auf dem vollständigen Datensatz aus der Zulassung und gemäss SGV-Methodik bewertet oder (b) = für die Ableitung des ad-hoc SGV wurden ausschliesslich von der EU vereinbarte Endpunkte verwendet. a.s. = Wirkstoff.

Wirkstoff	*SGV (µg Wirkstoff/kg Trockengewicht des Bodens)*
Azoxystrobin (aa)	*14[c]*
Difenoconazol (aa)	*42*
Fenpyroximat (aa)	*190*
Fluazinam (aa)	*nicht möglich[d]*
Pendimethalin (aa)	*17*
Pirimicarb (aa)	*270*
Propyzamid (aa)	*2.1*
Tebuconazol (aa)	*5.5*
Tebufenozid (aa)	*310*
Atrazin (b)	*0.037*
Benalaxyl (a)	*120*
Bixafen (a)	*420*
Boscalid (a)	*81*
Bupirimat (a)	*100*
Buprofezin (a)	*2'100*
Carbendazim (a)	*20*
Chloridazon (a)	*30*
Chlorotoluron (a)	*36*
Chlorpyrifos (a)	*0.32*
Clofentezin (b)	*68*
Clomazon (a)	*0.33*
Clothianidin (a)	*14*
Cyazofamid (a)	*2'500*
Cyproconazol (a)	*29*
Cyprodinil (a)	*300*
Desmedipham (a)	*26*
Diflufenican (a)	*1.6*
Dimethomorph (a)	*130*
Diuron (a)	*360*
Epoxiconazol (a)	*2.6*
Ethirimol (a)	*550*
Ethofumesat (b)	*7.2*
Fenpropidin (a)	*450*
Fenpropimorph (a)	*64*
Fipronil (b)	*10*
Fludioxonil (a)	*1.8*
Flufenacet (b)	*550*
Fluopicolid (a)	*4'300*

[2] https://www.oekotoxzentrum.ch/projekte/bodenoekotoxikologie/monitoringkonzept-fuer-pflanzenschutzmittel-in-boeden

Fluopyram (a)	*5.6*
Fluoxastrobin (b)	*340*
Fluquinconazol (b)	*17*
Flurochloridon (b)	*2.4*
Flusilazol (b)	*36*
Flutolanil (a)	*440*
Fluxapyroxad (a)	*200*
Imidacloprid (a)	*10*
Indoxacarb (a)	*37*
Isoproturon (b)	*4.8*
Linuron (a)	*80*
Mandipropamid (a)	*17*
Mepanipyrim (a)	*4'000*
Metalaxyl (a)	*8'500*
Metamitron (b)	*4.1*
Metrafenon (a)	*14*
Myclobutanil (a)	*700*
Napropamid (a)	*1'100*
Oryzalin (a)	*540*
Penconazol (a)	*1'200*
Phenmedipham (a)	*92*
Picoxystrobin (b)	*13*
Prochloraz (a)	*11*
Propiconazol (b)	*100*
Proquinazid (a)	*670*
Prosulfocarb (a)	*9.4*
Pyraclostrobin (a)	*5.6*
Pyrimethanil (b)	*140*
Quinoxyfen (b)	*710*
S-Metolachlor (a)	*0.73*
Terbuthylazin (a)	*0.53*
Thiabendazol (b)	*240*
Thiacloprid (b)	*1.4*
Thiamethoxam (b)	*36*
Trifloxystrobin (b)	*180*
Triticonazol (b)	*18*

[c] Für Azoxystrobin wurde lediglich ein vorläufiges SGV-Dossier veröffentlicht, da die Daten aus dem laufenden Wiederzulassungsverfahren noch nicht öffentlich zugänglich sind (das Dossier wurde der EFSA im Dezember 2021 vorgelegt).
[d] Bei Regenwürmern, Springschwänzen und Mikroorganismen wurden bereits bei den tiefsten getesteten Konzentrationen relevante Auswirkungen beobachtet – für SGV-Ableitungen ist eine Konzentration vorgeschrieben, bei der keine statistisch signifikanten Effekte beobachtet werden.

Danksagungen

Wir danken Beatrice Mah von der RPTU für die Erhebung und Weitergabe von Daten zur Ökotoxizität für Bodenorganismen, Luca Gelshorn für die Erhebung von Daten zur Ökotoxizität für Bodenorganismen sowie Jhoniel Perdigon Ferreira und Johannes Ranke für die Weitergabe einer Datensammlung zur Ökotoxizität für Bodenorganismen. Ausserdem danken wir den Projektpartnern der Massnahme 6.3.3.7 von Agroscope sowie den Bundesämtern für Umwelt und für Landwirtschaft für wertvolle Anmerkungen und Diskussionen. Die Arbeit wurde gemeinsam vom Bundesamt für Umwelt und dem Schweizerischen Zentrum für Angewandte Ökotoxikologie finanziert.

Literaturverzeichnis

Balk, F., Lauber, E., Ferrari, B.J.D., Renaud, M. and Junghans, M. **(2026)**. Current mixture toxicity assessments on soil organisms and applied risk assessments. Environmental Science: Advances, 5 (7): 1666–1685.

Campiche, S., Wong, J.W.Y., Marti-Roura, M., Dell'Ambrogio, G., Ferrari, B.J.D. **(2020)**. Concept for long-term biomonitoring of residues from plant protection products within the monitoring measure of the Swiss Action Plan on plant protection products. WP1: Substance selection for Soil Guideline Value (SGV) derivation – selection criteria and procedure. Swiss Centre for Applied Ecotoxicology, Lausanne, Switzerland.

Casado-Martinez, M.C., Dell'Ambrogio, G., Campiche, S., Kroll, A., Lauber, E., Marti-Roura, M., Mendez-Fernandez, L., Renaud, M., Tierbach, A., Wildi, M. Wong, J.W.Y., Werner, I., Junghans, M. and Ferrari, B.J.D. **(2024)**. 'Incorporation of sediment- and soil-specific aspects in the Criteria for Reporting and Evaluating Ecotoxicity Data (CRED)', Integrated Environmental Assessment and Management, 20: 2162-74.

Marti-Roura, M., Dell'Ambrogio, G., Campiche, S., Wong, J., Junghans, M., Renaud, M., Ferrari, B.J.D. **(2023)**. Methodology proposal for the derivation of Soil Guideline Values for Plant Protection Product residues. Part 2 - Recommendations for the derivation of Soil Guideline Values. Swiss Centre for Applied Ecotoxicology, Dübendorf and Lausanne, Switzerland.

R Core Team (2024). _R: A Language and Environment for Statistical Computing_. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Renaud, M., Campiche, S., Dell'Ambrogio, G., Ferrari, B.J.D. **(2024)**. Selection of a bioindicator toolbox for monitoring effects of plant protection product residues. Part 2 – Scoring of actors and bioindicator methods. Swiss Centre for Applied Ecotoxicology, Dübendorf and Lausanne, Switzerland.

Kontakt
Dr. Marion Junghans,
Marion.Junghans@oekotoxzentrum.ch , +41 58 765 5401