

Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässer Monitoring in Vorarlberg



Gerhard Hutter^{1*}

Zusammenfassung

Die Fließgewässer des Landes Vorarlberg werden vom Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg, Abteilung Gewässergüte, bereits seit Mitte der 60er-Jahre über das Landesmonitoring Vorarlberg und die Zustandsüberwachungen des Bundes (derzeit Gewässerszustandsüberwachungsverordnung – GZÜV auf die allgemeine Nährstoffsituation und ausgewählte Schadstoffe untersucht. Im Rahmen von Sonderuntersuchungen werden darüber hinaus weitere Umweltschadstoffe in die Monitorings aufgenommen, um einen Überblick oder die Relevanz von bestimmten Stoffen in Vorarlberg bzw. Österreich abschätzen zu können. Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse aus jüngeren Sonderuntersuchungen zu Pestizide und deren Metaboliten dargelegt.

Bei den Sonderuntersuchungen Pestizide in Vorarlberg können bei den Stichproben zahlreiche Pflanzenschutzmittelwirkstoffe oder deren Metaboliten nachgewiesen werden. Die Anzahl der nachgewiesenen Wirkstoffe bzw. Metaboliten ist überschaubar und schwankt zwischen 6 und 16 Stoffen über die Jahre. Während Glyphosat und va. dessen Abbauprodukt AMPA bei zahlreichen Fließgewässern und auch im Bodensee mehr oder weniger regelmäßig nachgewiesen werden kann, treten die restlichen Wirkstoffe oder Metaboliten zumeist nur als Einzelwert auf.

Einzelwerte liegen im Bereich von international verfügbaren chronischen Qualitätskriterien (Jahresdurchschnitts-Qualitätsnormen). Vorschläge für zulässige Höchstkonzentrationen wurden nur vereinzelt überschritten, wobei zT. für einzelne Länder unterschiedliche Qualitätsnormen definiert sind. Für die Bewertung der Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnorm (JD-UQN) sind darüber hinaus monatliche Untersuchungsdaten eines ganzen Jahres erforderlich.

Für die in der QZV Chemie OG geregelten Pestizide, wie die beiden in Österreich zugelassenen Wirkstoffe Chlorpyrifos und Isoproturon aber auch die Biozide Cybutryn und Irgarol, wurde bei keiner Probe aus Vorarlberg ein Positivnachweis erbracht.

Auffallend ist, dass 4 Wirkstoffe (2-NOA, Carbendazim, DEET, Diazinon) gefunden wurden, die in Österreich als Pflanzenschutzmittel nicht zugelassen sind. DEET wird allerdings in vielen Repellents als Insektenschutzmittel verwendet und Carbendazim ist noch als biozider Konservierungsstoff in der EU zugelassen.

Schlagwörter: Pestizide, Fließgewässer Vorarlberg, Bodensee

Summary

The Institute of Environment and Food Safety of the State of Vorarlberg, Department of Water Quality, is investigating the general nutrient situation and selected pollutants in Vorarlberg's waterbodies since the mid-1960s either by the provincial monitoring program or the statewide monitoring program („GZÜV“) of waterbodies across the state of Austria. An additional monitoring program addressed several environmental pollutants which were not tested before to

¹ Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg, Abteilung Gewässergüte, Montfortstraße 4, A-6901 BREGENZ

* Ansprechpartner: Gerhard Hutter, email: gerhard.hutter@vorarlberg.at

evaluate the relevance and extent of these pollutants in waterbodies of the province. Subsequently, selected results from recent investigations on pesticides and their metabolites are presented in this report.

Results show that a variety of pesticides and their metabolites are detectable in investigated waterbodies. Between the years, the number of detected pesticides (and metabolites thereof) varied between 6 and 16. Most regularly, the pesticide glyphosat and its metabolite AMPA were found in various streams as well as in Lake Constance. All other substances tested for were detected only once or at least unregularly. Single values were in the range of international chronic quality criteria (annual average quality standards – AA-EQS), though for the exact evaluation of AA-EQS, monthly data over the whole course of a year would be required. However, proposed recommended maximum allowable concentrations (MAC-EQS) given by certain institutions or countries in Europe were exceeded sporadically, depending on the considered quality norm.

For the pesticides regulated by QZV Chemie OG, like the two substances authorised in Austria, chlorpyrifos and isoproturon, but also the biocides cybutryn and irgarol, no positive evidence was found in any sample.

Interestingly, four substances without permission for application as pesticides were detected (2-NOA, carbendazim, DEET, diazinon) in the samples. DEET, however, is being used in insect repellents and carbendazim is still authorised in the EU as a biocidal preservative.

Einleitung

Die Fließgewässer des Landes Vorarlberg werden vom Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg, Abteilung Gewässergüte, bereits seit Mitte der 60er-Jahre über das Landesmonitoring Vorarlberg und die Zustandsüberwachungen des Bundes (derzeit Gewässerszustandsüberwachungsverordnung – GZÜV [1]) auf die allgemeine Nährstoffsituation und ausgewählte Schadstoffe untersucht. Im Rahmen von Sonderuntersuchungen werden darüber hinaus weitere Umweltschadstoffe in das jeweilige Monitoring aufgenommen, um einen Überblick oder die Relevanz von bestimmten Stoffen in Vorarlberg bzw. Österreich abschätzen zu können. Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse aus jüngeren Sonderuntersuchungen zu Pestiziden und deren Metaboliten präsentiert.

Vorarlberg im Überblick

Vorarlberg ist das westlichste Bundesland Österreichs und mit 2601 km² kleiner als der Bezirk Liezen in der Steiermark, der eine Fläche von 3315 km² aufweist. Der höchste Berg mit 3312 m ist der Piz Puin im Süden des Landes, den niedersten Punkt des Landes markiert der Bodensee mit 395 m ü. A. im Norden von Vorarlberg.

Der mittlere Niederschlag liegt bei ca. 1900 mm, wobei die Spanne von ca. 3000 mm in den Staulagen des Rätikons (Rote Wand) bis rund 1200 mm in den Tallagen des Rheintals und Walgaus liegt.

Die Bevölkerung von Vorarlberg weist mit Stand Jänner 2019 394297 Einwohner auf, was einer Einwohnerdichte von 152 EW/km² entspricht. Mehr als die Hälfte der Einwohner von Vorarlberg besiedeln die Talebenen des Rheintals und des Walgaus.

Die Waldflächen in Vorarlberg umfassen ca. 97000 ha. Die Landwirtschaft beansprucht ca. 70000 ha Fläche. 70 % davon sind extensives Grünland und Alpen, 27 % intensives

Grünland und nur 3 % sind Ackerflächen. Auf den Ackerflächen werden beispielsweise Kartoffeln angebaut (ca 58 ha). Gemüse-, Beerenbau und Sonderkulturen gewinnen in den letzten Jahren stärker an Bedeutung. An Spezial- und Sonderkulturen finden sich in Vorarlberg 51 Gartenbaubetriebe mit 40 ha, 33 Feldgemüsebaubetriebe mit 64 ha, 45 Obstbaubetriebe auf 83 ha und 2 Weinbaubetriebe mit 15 ha. In Vorarlberg stehen ca. 3000 ha Ackerfläche ca. 4000 ha Hausgärten gegenüber. [2]

Im Rheintal und Walgau finden sich auf den ehemaligen Schwemmlächen des Rheins und der Ill die fruchtbarsten Böden des Landes, welche sich besonders für Ackerbau und Spezialkulturen eignen. In den Tallagen herrschen darüber hinaus auch gute topographische und klimatische Bedingungen für Spezialkulturen.

Siedlung, Industrie, Landwirtschaft und Naturraum wechseln auf engstem Raum ab und konkurrieren um Flächen.

Pestizidmonitoring Vorarlberg mit ausgewählten Ergebnissen

In den letzten Jahren haben zur Erfassung von Pestiziden (ua auch Pflanzenschutzmitteln) in den Gewässern in Vorarlberg einige Sonderuntersuchungen stattgefunden.

Die Untersuchungen fanden generell auf Basis von einzelnen Stichproben statt, wobei sich die Probenahmen für die Pestiziduntersuchungen auf einzelne Monate im Zeitraum zwischen April bis Oktober beschränkten.

Die Ergebnisse sollen einen orientierenden Überblick über die Belastung der Oberflächengewässer mit Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und deren Metaboliten geben.

a) Schadstoffe in der Umwelt – Pflanzenschutzmittel in kleinen Gewässern 2014

Im Jahr 2014 wurden im Rahmen eines Kooperationsprojektes [3] zwischen dem Umweltbundesamt Wien und dem Land Vorarlberg zehn Gewässer in Vorarlberg einem Pestizid-Screening unterzogen. Für die Untersuchung wurden hauptsächlich kleine Gewässer in landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten ausgewählt, wobei die Gewässer zweimal im Zeitraum Mai bis Juli beprobt wurden.

Dabei wurden die Konzentrationen von mehr als 550 Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und deren Abbauprodukten gemessen.

Die drei Wirkstoffe Bifenox, Cypermethrin und Dicofol, für die Umweltqualitätsnormen auf europäischer Ebene vorliegen, waren in keiner der untersuchten Proben nachweisbar.

Beim Pflanzenschutzmittel-Screening wurden vereinzelt die Herbizide bzw. Herbizid-Metaboliten Dimethachlorsulfonsäure, Dimethenamid, MCPA, Mecoprop, Metazachlor, Metolachlor, N,N-Dimethylsulfamid, Saccharin und Terbutylazin in Konzentrationen um oder über 0,1 µg/L gemessen. Weiters wurde das Insektizid DEET und Imidacloprid (Neonicotinoid), sowie 2-NOA (2-Naphthyloxyacetic acid) -ein Wirkstoff der als Wachstumsregulator vor allem im Tomatenanbau eingesetzt wird – in Einzelproben nachgewiesen. Seit 2009 ist dieser Einsatz jedoch nicht mehr zugelassen, weshalb die Nachweise als auffällig zu bewerten sind. Der Vergleich mit verfügbaren Vorschlägen für zulässige Höchstkonzentrationen zeigt, dass diese zumeist deutlich unterschritten werden. Für wenige Wirkstoffe (Imidacloprid, Dimethenamid und Terbutylazin) besteht das potentielle Risiko einer Überschreitung chronischer Qualitätskriterien.

b) Wassergüte in Österreich – Sondermessprogramm GZÜV Pestizide 2015 – Teilergebnisse Vorarlberg

Zur Erfassung von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässern wurde im Jahr 2015 im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachung [1] unter der Koordination durch das

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) und der Unterstützung durch die Länder ein Sondermessprogramm Pestizide durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Sonderuntersuchung sind im Bericht „Wassergüte in Österreich – Jahresbericht 2013 – 2015“ [4] im Kapitel 5.4 Pflanzenschutzmittel in Fließgewässer und ausgewählte Seen dargestellt. Die spezifischen „Teilergebnisse Vorarlberg“ werden in einem eigenen Bericht [5] präsentiert.

Aus Vorarlberg wurden die Fließgewässermessstellen Alter Rhein (Gaissau), Leiblach (Hörbranz), Dornbirnerach (Lauterach) und Lustenauer Kanal (Lustenau) sowie eine Messstelle im Bodensee/Bregenzer Bucht in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Die Fließgewässermessstellen wurden zwischen April und Oktober 2015 sieben Mal, die Seemessstelle Bregenzer Bucht wurde zwei Mal (Mai und September) beprobt.

Die meisten Nachweise erfolgten in den Monaten Juni und August, einzelne Stoffe fanden sich im April und Juli und ein Einzelnachweis wurde im Mai erbracht.

Von 550 untersuchten Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und Metaboliten konnten in den Proben aus den Vorarlberger Gewässern insgesamt 16 Stoffe nachgewiesen werden, wobei bei 12 Stoffen nur jeweils Einzelnachweise in den jeweiligen Gewässern erbracht wurden (Diazinon, Flufenacet, Linuron, Thiaclopid, Dicamba, Mecoprop, Metazachlor, Metolachlor, Terbutylazin, Terbutylazin-desethyl, Carbendazim, 2-Naphthyloxyacetic acid). Bei 4 Stoffen (Glyphosat, AMPA, DEET, Saccharin) wurden mehrmals – maximal in 4 Proben von 7 – Positivbefunde detektiert.

Im Bodensee wurde im Rahmen dieser Sonderuntersuchung nur der Wirkstoff Diethyltoluamid - DEET, welcher als Insektizid in verschiedenen Insektensprays eingesetzt wird, nachgewiesen.

Auffallend ist, dass 4 Wirkstoffe (2-NOA, Carbendazim, DEET, Diazinon) gefunden wurden, die in Österreich als Pflanzenschutzmittel nicht zugelassen sind. DEET wird allerdings in vielen Repellents als Insektenschutzmittel verwendet. 2-NOA wurde in einer Einzelprobe in der Dornbirnerach nachgewiesen. Carbendazim in einer Probe in Lustenauer Kanal und Diazinon jeweils in einer Probe im Lustenauer Kanal und Alter Rhein. Lustenauer Kanal und Alter Rhein nehmen auch Gewässer aus dem Einzugsgebiet der Schweiz auf. Zudem ist Carbendazim noch als biozider Konservierungsstoff in der EU zugelassen.

Für die in der QZV Chemie OG geregelten Pestizide, wie z.B. die beiden in Österreich zugelassenen Wirkstoffe Chlorpyrifos und Isoproturon aber auch die Biozide Cybutryn und Irgarol, wurde bei keiner Probe aus Vorarlberg ein Positivnachweis erbracht.

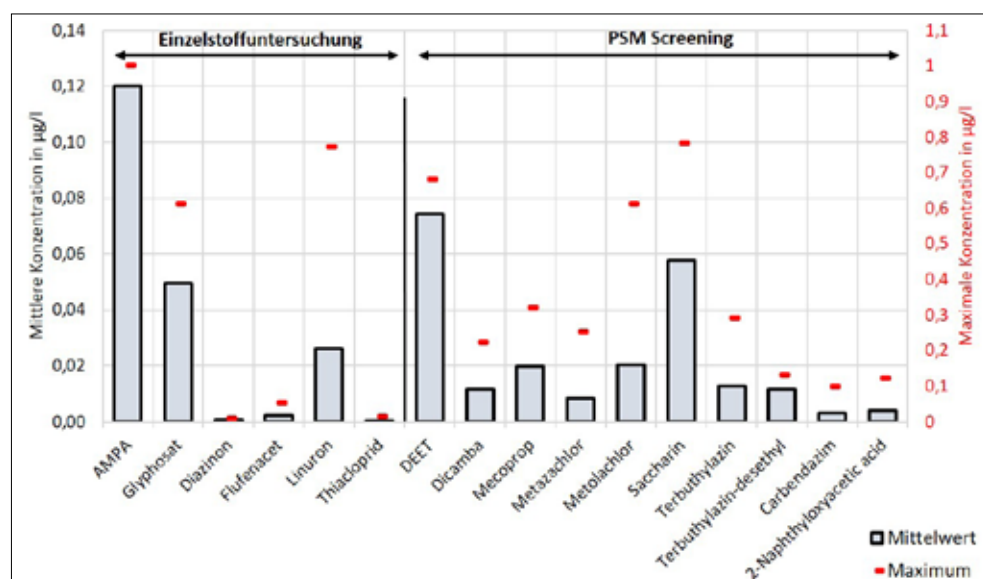


Abbildung 1: Mittlere und maximale Spurenstoffkonzentrationen (µg/l) in fünf der untersuchten Gewässer in Vorarlberg.

Bei einigen Stoffen wurde im Vergleich zu international verfügbaren Qualitätskriterien aus den Ländern Schweiz, Deutschland, Frankreich, Finnland oder Niederlande bei den gemessenen Einzelwerten der vorgeschlagene Wert für die Jahresdurchschnittskonzentrationen überschritten. Für die Bewertung der Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnorm (JD-UQN) sind jedoch monatliche Untersuchungsdaten eines ganzen Jahres erforderlich.

c) Landesmonitoring Vorarlberg – Sondermessprogramm Pestizide und Metaboliten 2012 bis 2019

Im Rahmen des Landesmonitoring Vorarlberg werden seit 2012 beinahe jährlich ausgewählte Gewässer auf Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und deren Metaboliten untersucht. Die Parameterauswahl und Probenanalyse erfolgt analog zu den jährlichen Untersuchungen im Rahmen der Trinkwasserverordnung [6]. Darüber hinaus werden seit 2014 im Umweltinstitut Vorarlberg durch das Labor der Abteilung Lebensmitteluntersuchung an ausgewählten Fließgewässern und im Bodensee ergänzend die Parameter Glyphosat, AMPA und Glufosinat analysiert.

Die ersten Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden im Bericht „Sondermessprogramm Pestizide und Metaboliten 2012 bis 2015“ [7] vorgestellt. Dabei wurden in den Jahren 2012 bis 2014 insgesamt 13 ausgewählte kleinere und mittlere Fließgewässer in Vorarlberg untersucht.

Bei der orientierenden Untersuchung der Vorarlberger Gewässer wurden 1 bis 3 Mal pro Jahr Stichproben gezogen. Die Stichproben wurden auf 97 Substanzen untersucht. Bei diesem Sondermessprogramm konnten insgesamt für 6 unterschiedliche Wirkstoffe (Glyphosat, AMPA, Glufosinat, MCPP, MCPA, 2,4-D) – allesamt Herbizide - Positivnachweise erbracht werden. Die verfügbaren Vorschläge für zulässige Höchstkonzentrationen wurden bei sämtlichen Stichproben jedoch nicht überschritten. Einzelwerte liegen im Bereich der angegebenen chronischen Qualitätskriterien.

In den Jahren 2016, 2017 und 2019 wurden im Rahmen des Landesmonitoring Vorarlberg weitere 11 Fließgewässer anhand von 3 Stichproben/Jahr auf rund 87 Pflanzenschutzmittelwirkstoffe untersucht.

Dabei konnten insgesamt für 10 Wirkstoffe (6-Chlor-1,3,5,-Triazin-2,4-Diamin rM (Atrazin-Desethyl-Desisopropyl), Dimethenamid-P-Sulfonsäure nrM, NOA 413173 nrM, s-Metolachlor-Säure nrM, s-Metolachlor-Sulfonsäure nrM, Terbutylazin-2-Hydroxy rM, Terbutylazin-2-Hydroxy-Desethyl rM, AMPA, Glufosinat, Glyphosat) Positivnachweise erbracht werden.

Glyphosat konnte über die Jahre in 22 von 33 Proben (gemessener Höchstwert 0,038 µg/l) und AMPA in 29 von 33 Proben (gemessener Höchstwert 0,13 µg/l) nachgewiesen werden. Bei den Beprobungen 2019 konnte Glufosinat über der Nachweisgrenze detektiert werden.

Der Nachweis der restlichen Wirkstoffe, va Metaboliten, erfolgte nur zu einem Termin im Jahr 2016 an zwei Gewässern, wobei in einem Gewässer alleine sechs Wirkstoffe nachgewiesen wurden.

Einzelwerte liegen im Bereich von vorgeschlagenen Qualitätskriterien der Ausgangsstoffe.

Seit November 2014 wird auch der Bodensee in der Bregenzer Bucht auf die Wirkstoffe Glyphosat, AMPA und Glufosinat untersucht.

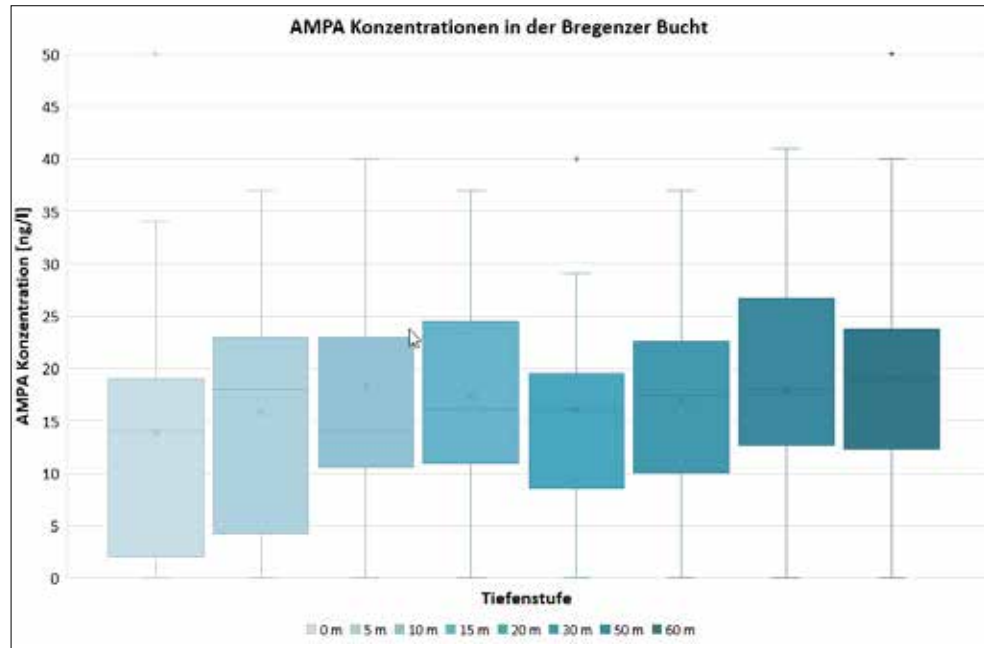
Die Wasserproben wurden hierbei aus 8 unterschiedlichen Tiefenstufen entnommen.

Während für Glyphosat nur vereinzelt Positivnachweise (Maximalwert 14 ng/l) erfolgten, konnte AMPA beinahe in sämtlichen Proben über die gesamte Wassersäule nachgewiesen werden.

Die Konzentrationen von AMPA liegen im Bereich zwischen 0 und 120 ng/l.

Der Aktionswert für AMPA (3,0 µg/l) gemäß Trinkwasserverordnung wird deutlich unterschritten [6] [8].

Abbildung 2: AMPA Konzentrationen in der Bregenzer Bucht von 2014 bis 2019 (n=37).



Resümee

Bei den Sonderuntersuchungen Pestizide in Vorarlberg können bei den Stichproben zahlreiche Pflanzenschutzmittelwirkstoffe oder deren Metaboliten nachgewiesen werden. Die Anzahl der nachgewiesenen Wirkstoffe bzw. Metaboliten ist überschaubar und schwankt zwischen 6 und 16 Stoffen über die Jahre. Während Glyphosat und va. dessen Abbauprodukt AMPA bei zahlreichen Fließgewässern und auch im Bodensee mehr oder weniger regelmäßig nachgewiesen werden kann, treten die restlichen Wirkstoffe oder Metaboliten zumeist nur als Einzelwert auf.

Für die in der QZV Chemie OG geregelten Pestizide, wie z.B. die beiden in Österreich zugelassenen Wirkstoffe Chlorpyrifos und Isoproturon aber auch die Biozide Cybutryn und Irgarol, wurde bei keiner Probe aus Vorarlberg ein Positivnachweis erbracht.

Bei einigen Stoffen wurde im Vergleich zu international verfügbaren Qualitätskriterien aus den Ländern Schweiz, Deutschland, Frankreich, Finnland oder Niederlande bei den gemessenen Einzelwerten der vorgeschlagene Wert für die Jahresdurchschnittskonzentrationen überschritten. Vorschläge für zulässige Höchstkonzentrationen wurden nur vereinzelt erreicht oder überschritten (Imidacloprid, Linuron). Für die Bewertung der Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnorm (JD-UQN) sind jedoch monatliche Untersuchungsdaten eines ganzen Jahres erforderlich. Darüber hinaus fallen die vorgeschlagenen Qualitätskriterien der Länder für ein und denselben Stoff manchmal unterschiedlich aus.

Auffallend ist, dass 4 Wirkstoffe (2-NOA, Carbazim, DEET, Diazinon) gefunden wurden, die in Österreich als Pflanzenschutzmittel nicht zugelassen sind. DEET wird allerdings in vielen Repellents als Insektenschutzmittel verwendet. Carbazim ist zudem noch als biozider Konservierungsstoff in der EU zugelassen.

Untersuchungen in Europa und Australien zeigen, dass Pestizide die regionale Artenvielfalt von wirbellosen Tieren in Fließgewässern um bis zu 42 Prozent reduzieren können – und dies bereits bei Konzentrationen, die nach den aktuellen europäischen Vorschriften als unbedenklich gelten [9]. Auch Ergebnisse einer jüngst in der Schweiz durchgeführten Studie „Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität Spezialuntersuchungen - (NAWA SPEZ)“ zeigen ein hohes Risiko durch PSM für Pflanzen und Wirbellose in kleinen Fließgewässern mit intensiv landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten [10].

Im Sinne des vorsorgenden Gewässerschutzes sollte der Eintrag von Pestiziden durch einen verantwortungsvollen Umgang mit Pflanzenschutzmitteln generell vermieden bzw. gering gehalten werden. Durch gezielten und dosierten Einsatz, der Vermeidung von Verlusten aus Anbau- und Manipulationsflächen sowie der Vermeidung des Einsatzes von bereits verbotenen Restbeständen kann jeder Einzelne dazu beitragen.

Literatur

[1] GZÜV - Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Überwachung des Zustandes von Gewässern (Gewässerzustandsüberwachungsverordnung – GZÜV); BGBl. II 479/2006 idgF.

[2] Infoblatt Daten und Fakten zur Landwirtschaft in Vorarlberg 2019; Infoblatt zum Bürgerat „Zukunft der Landwirtschaft in Vorarlberg“, Erstellung durch Abt. Va Landwirtschaft und ländlicher Raum, Büro für Zukunftsfragen und Landwirtschaftskammer Vorarlberg.

[3] Clara M., Scheffknecht C. (2015) Schadstoffe in der Umwelt – Pflanzenschutzmittel in kleinen Gewässern.- Projekt Umweltinstitut Vorarlberg + Umweltbundesamt, 2015. https://vorarlberg.at/web/land/vorarlberg/contentdetailseite/-/asset_publisher/qA6AJ38txu0k/content/pflanzenschutzmittel?article_id=192850

[4] BMNT (2018) Wassergüte in Österreich – Jahresbericht 2013 – 2015,- Bericht Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2018. <https://www.bmnt.gv.at/wasser/wasserqualitaet/jahresbericht2013-2015.html>

[5] Umweltinstitut Vorarlberg (2019) Wassergüte in Österreich – Jahresbericht 2013 – 2015/ Sondermessprogramm Pestizide 2015 – Teilergebnisse Vorarlberg; Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg, Internetbericht UI-11/2019. https://vorarlberg.at/web/land-vorarlberg/contentdetailseite/-/asset_publisher/qA6AJ38txu0k/content/sondermessprogramm-pestizide-2015-teilergebnisse-vorarlberg?article_id=540517

[6] TWV - Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TWV); BGBl. II 304/2001 idgF.

[7] Umweltinstitut Vorarlberg (2016) Gewässer.Landemonitoring Vorarlberg - Sondermessprogramm Pestizide und Metaboliten 2012 bis 2015; Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg, Internetbericht UI-02/2016. https://vorarlberg.at/web/land-vorarlberg/contentdetailseite/-/asset_publisher/qA6AJ38txu0k/content/sondermessprogramm-pestizide-und-metaboliten-2012-bis-2015?article_id=108532

[8] BMG (2010) Aktionswerte bezüglich nicht relevanter Metaboliten von Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffen in Wasser für den menschlichen Gebrauch; Veröffentlicht mit Erlass BMG-75210/0010-II/B/13/2010 vom 26.11.2010 und Ergänzungen.

[9] UFZ (2013) Pestizide reduzieren die Artenvielfalt in Gewässern deutlich.- Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ Pressemitteilung vom 17. Juni 2013.

[10] Junghans M. et al (2019) Ökotoxikologische Untersuchungen: Risiko von PSM bestätigt. NAWA-Spez-Studie 2017 zeigt Beeinträchtigung von Gewässerorganismen; Aqua & Gas N° 4/2019.

