

Zur Wirkungskontrolle des Berner Pflanzenschutzprojekts werden mittels geeigneter Monitorings zwei kleine Fliessgewässer während insgesamt acht Jahren überwacht. Nach vier Jahren zeigt sich, dass die Pflanzenschutzmitteleinträge aufgrund Einflussfaktoren wie Applikationszeitpunkt oder Niederschlag grossen Schwankungen unterliegen und die Gegebenheiten im Einzugsgebiet eine entscheidende Rolle spielen. Um verlässliche Aussagen zu machen, inwieweit sich die getroffenen Massnahmen zur Pflanzenschutzmittelreduktion langfristig auf die Wasserqualität auswirken, sind weitere Messjahre nötig.

Claudia Minkowski\*; Matthias Ruff; Vinzenz Maurer; Rico Ryser Gewässer- und Bodenschutzlabor, Kt. BE

# RÉSUMÉ

## MONITORING À LONG TERME DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

Le Projet bernois de protection des plantes a pour objectif de réduire les risques liés aux produits phytosanitaires (PPh) dans les eaux par des mesures ciblées, sans nuire de manière significative aux rendements agricoles. Afin de contrôler les effets du projet, deux petits cours d'eau font l'objet d'une surveillance étroite pendant huit ans au total. Après quatre ans, il est apparu que les apports de PPh sont soumis à de fortes fluctuations dues à divers facteurs d'influence tels que le moment de l'application ou la situation des précipitations, et que les conditions dans le bassin versant jouent un rôle déterminant. L'évaluation écotoxicologique a également montré que les mêmes PPh sont régulièrement à l'origine d'une part considérable du risque pour les organismes aquatiques. Souvent, ces PPh ne sont présents qu'à de faibles concentrations et pour une courte durée, mais ils sont néanmoins problématiques en raison de leur toxicité. Afin de pouvoir faire des déclarations fiables sur les effets à long terme des mesures de réduction des PPh sur la qualité de l'eau, des années supplémentaires d'analyses sont nécessaires. Les résultats obtenus à ce jour seront enregistrés dans le cadre du suivi scientifique du projet et mis en pratique sur le plan agronomique en collaboration avec les agriculteurs des zones d'essai. Cela devrait favoriser une utilisation durable et raisonnée des PPh.

### **EINLEITUNG**

Pflanzenschutzmittel (PSM) werden in der Landwirtschaft eingesetzt, um die Kulturen vor Krankheiten, Schädlingen oder Unkräutern zu schützen. Auch bei sachgemässer und korrekter Anwendung können PSM jedoch in die Umwelt gelangen und dort unerwünschte Nebenwirkungen verursachen. In Oberflächengewässern können sie die Wasserqualität beeinträchtigen und die Gewässerorganismen schädigen. Besonders stark betroffen sind kleine Fliessgewässer oder Kleinseen im landwirtschaftlich intensiv genutzten Mittelland. Hier werden die gesetzlichen Anforderungen zum Teil deutlich und auch während längerer Zeit überschritten [1–3].

Die Problematik der PSM in der Umwelt und speziell in den Gewässern wurde sowohl auf nationaler wie auch kantonaler Ebene erkannt. So hat der Bundesrat am 6. September 2017 den Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (AP PSM) [4] verabschiedet. Seitdem wurden bereits verschiedene Massnahmen umgesetzt. Des Weiteren wurden mehrere Ressourcenprogramme initiiert, die zum Ziel haben, die Risiken durch PSM in den Gewässern zu re-

Titelbild: Messstation am Ballmoosbach in Zuzwil (© M. Ruff, AWA)

<sup>\*</sup> Kontakt: claudia.minkowski@be.ch

duzieren. Eines davon ist das bereits seit 1. Januar 2017 gestartete Berner Pflanzenschutzprojekt (BPP) [5] (*Box*).

Das Gewässer- und Bodenschutzlabor (GBL) des Amts für Wasser und Abfall (AWA) hat den Auftrag, die Ziele des BPP zur Reduktion des Eintrags von PSM in die Gewässer mit einem geeigneten Monitoring zu überprüfen. Im Sinn der Wirkungskontrolle soll das Monitoring in erster Linie aufzeigen, ob die von den Landwirtinnen und Landwirten umgesetzten Massnahmen in der Praxis greifen und inwiefern die Ziele des Projekts erreicht werden. Dabei steht die Wirkung bezüglich einer Verbesserung der Wasserqualität im Fokus [6].

Aufgrund des erheblichen Aufwands ist ein solches Monitoring nicht kantonsweit zu realisieren. Deshalb erfolgt die Überprüfung mittels intensiver Messungen in zwei kleinen, überschaubaren Testgebieten während insgesamt acht Jahren. Die lange Dauer dieser Untersuchungen ist nötig, um verlässliche Aussagen zur Entwicklung der Wasserqualität machen zu können. Eine repräsentative Auswahl der durch das Monitoring des GBL gewonnenen Daten und bisherigen Erkenntnisse für den Zeitraum 2017 bis 2020 wird im vorliegenden Artikel dargestellt.

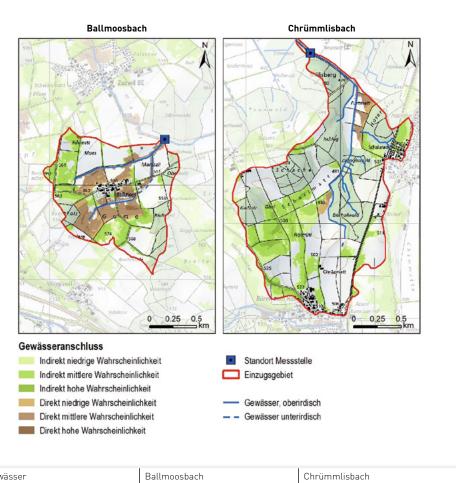
Die Wirkung des BPP im ganzen Kanton wird schlussendlich anhand der in den verschiedenen Regionen umgesetzten Massnahmen hochgerechnet. Zudem werden die Messdaten des Monitorings den Bewirtschaftungsdaten aus den Testgebieten gegenübergestellt, welche die Landwirtinnen und Landwirte der Projektleitung jeweils Ende Jahr freiwillig aushändigen. Dadurch werden weitere, wichtige Erkenntnisse zur Anwendung und zum Eintragsweg der PSM gewonnen. Diese können anschliessend im ganzen Kantonsgebiet ausgetauscht werden, um in der Praxis Verbesserungen zu erzielen. Die Gegenüberstellung der Bewirtschaftungsdaten wie auch die Auswertung der umgesetzten Massnahmen sind nicht Teil dieser Publikation und werden im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des BPP ausgewertet.

# CHARAKTERISIERUNG DER TESTGEBIETE

Um allfällige Veränderungen der Wasserqualität im Rahmen des BPP bestmöglich abbilden zu können, wurden Einzugsgebiete gewählt, bei denen im

#### DAS BERNER PFLANZENSCHUTZPROJEKT

Mit dem 2017 lancierten Berner Pflanzenschutzprojekt (BPP) will der Kanton die Risiken durch Pflanzenschutzmittel (PSM) in den Gewässern reduzieren, ohne dabei die Erträge der Landwirtschaft massgeblich zu beeinträchtigen [4]. Das kantonale Amt für Landwirtschaft und Natur (LANAT) sowie der Berner Bauern Verband (BEBV) haben dieses Vorhaben Anfang 2017 gemeinsam mit dem Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) lanciert. Geplant ist eine Projektdauer von sechs Jahren bis Ende 2022. Den beteiligten Landwirtinnen und Landwirten stehen dabei rund zehn Massnahmen zur Verfügung. Diese können sie auf freiwilliger Basis umsetzen und so ihre Eigenverantwortung wahrnehmen. Das Massnahmenpaket soll sowohl punktuelle Einträge als auch diffuse Belastungen durch oberflächliche Abschwemmung von PSM in Bäche und Flüsse vermindern. Für den zusätzlichen Aufwand bei der Umsetzung der Massnahmen und für die damit eingegangenen Risiken erhalten sie finanzielle Entschädigungen. Dafür ist ein Budget von 62,7 Mio. Franken vorgesehen. Da es sich um ein Ressourcenprogramm nach Artikel 77a und b des eidgenössischen Landwirtschaftsgesetzes handelt, trägt das BLW 80% der Kosten. Die restlichen 20% finanziert der Kanton Bern [5].



Gewässer	Ballmoosbach	Chrümmlisbach
Standort Messstelle	Zuzwil	Bätterkinden
Flussordnungszahl	2	2
Fläche Einzugsgebiet	1,4 km²	2,8 km²
Anteil Flächen [7] Ackerbau / Siedlung / Wald	72,5 % / 2,6 % / 13,3 %	48,5 % / 3,2 % / 32,8 %
Anteil Gewässeranschluss [8] direkt: niedrig/mittel/hoch indirekt: niedrig/mittel/hoch	3,6% / 11,7% / 1,1% 2,8% / 12,7% / 1,8%	0,8% / 1,1% / 0% 3,9% / 12,2% / 2,4%
Drainagen	ja	ja

Tab. 1 Charakterisierung der Einzugsgebiete Ballmoosbach und Chrümmlisbach.

Gewässer hohe Konzentrationen an PSM durch diffuse Einträge erwartet werden. Aufgrund des schlechten Verdünnungsverhältnisses ist dies insbesondere bei kleineren Gewässern in Gebieten, die intensiv landwirtschaftlich genutzt werden, zu erwarten. Für die engmaschige Gewässerüberwachung wurden daher folgende zwei Testgebiete ausgewählt: der Ballmoosbach bei Zuzwil und der Chrümmlisbach bei Bätterkinden. Die Einzugsgebiete beider Gewässer weisen unterschiedliche, aber dennoch gut vergleichbare Charakteristika auf (Tab. 1).

#### **UNTERSUCHTE PARAMETER**

Im Rahmen des Monitorings werden in beiden Testgebieten jeweils während der Vegetationsperiode chemische und biologische Messungen durchgeführt sowie allgemeine Gewässerparameter erhoben. Das Monitoring dauert von 2017 bis 2024 und erstreckt sich damit zwei Jahre über die offizielle Projektdauer des BPP hinaus, um die Nachhaltigkeit des Projekts abschätzen zu können.

Im vorliegenden Artikel werden schwerpunktmässig die Ergebnisse der chemischen Messungen dargestellt. Der Fokus liegt dabei bei den PSM-Wirkstoffen und deren Abbauprodukten (Transformationsprodukt, TP). Hierfür werden seit 2017 kontinuierlich 2-Wochen-Sammelproben von März bis Oktober entnommen und die PSM- und TP-Konzentrationen ermittelt. Dadurch lässt sich die chronische Belastung in einem Gewässer beschreiben. Zudem wurde eine automatisierte Niederschlags- und Durchflussmessung installiert, um aus den gemessenen Konzentrationen die Frachten (transportierte Substanzmenge pro Zeiteinheit) zu berechnen. 2017 wurden 81 Substanzen analysiert, 60 Wirkstoffe und 21 Transformationsprodukte. Unter den Wirkstoffen befinden sich 13 Fungizide, 36 Herbizide, zehn Insektizide sowie ein Wachstumsregulator. Vier der Wirkstoffe sind aktuell nur als Biozid zugelassen. Die Wahl der Substanzen richtete sich nach den Erfahrungen aus dem Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus diffusen Quellen der Eawag [9]. Aufgrund der Rückmeldungen der Landwirtinnen und Landwirte Ende 2017 wurde das Substanzspektrum ab 2018 um 18 Fungizide, 15 Herbizide, 19 Insektizide (wovon 13 Pyrethroide), ein Molluskizid, einen Wachstumsregulator sowie zwei TP ergänzt. Dadurch konnte der Anteil der von den Landwirtinnen und Landwirten angewendeten Wirkstoffe, die im Gewässermonitoring erfasst werden, im Ballmoosbach um 30% und im Chrümmlisbach gar um 40% erhöht werden. Bei beiden Gewässern lag dieser Anteil 2018 bei rund 70%. Die neu 114 Wirkstoffe und 23 TP sollen bis Ende 2024 konstant gemessen und beibehalten werden. Seit 2019 werden ergänzend zu den 2-Wochen-Sammelproben in der Hauptapplikationszeit von April bis Juni zusätzlich 3,5-Tages-Sammelproben auf das gleiche Substanzspektrum analysiert. Dadurch lässt sich die akute Belastung im Gewässer beschreiben, zudem können die Konzentrationsspitzen in diesem Zeitraum besser abgebildet werden.

### **RESULTATE**

In beiden Gewässern ist jedes Jahr ein typischer saisonaler Verlauf der PSM-Konzentrationssummen (Summe aus den individuell gemessenen Konzentrationen aller PSM des Substanzspektrums) zu erkennen (Fig. 1), der mit der Applikationszeit der PSM korreliert. Die Konzentrationssummen sind Anfang Jahr tief und steigen während der Hauptapplikationszeit von ca. April bis Juni maximal an. Nach einem daran anschliessenden leichten Rückgang erfolgt ein erneuter, kurzer Anstieg im Herbst, bevor die PSM-Konzentrationssummen zum Jahresende hin wieder abfallen. Diese Konzentrationsspitzen können zeitlich leicht variieren und hängen stark von der Niederschlagssituation sowie der Bewirtschaftung (Aussaat für Sommer- und Winterpflanzen) innerhalb des Jahres ab. Die Konzentrationssummen liegen über alle vier Jahre hinweg im Ballmoosbach grösstenteils unter 1 µg/l, mit einzelnen Überschreitungen und einem Maximalwert von ca. 4µg/l. Im Chrümmlisbach hingegen liegen die Konzentrationssummen über den gesamten Zeitraum bei der überwiegenden Anzahl der Messungen oberhalb 1 µg/l, und es wurden maximale Konzentrationen von zum Teil deutlich mehr als 8 µg/l bis hin zu ca. 20 µg/l erreicht. Die Konzentrationssummen sind im Ballmoosbach folglich generell tiefer als im Chrümmlisbach (Fig. 1) und auch die daraus berechneten Frachten sind durchwegs kleiner. Das Einzugsgebiet des Ballmoosbachs ist halb so gross wie jenes des Chrümmlisbachs (Tab. 1) und der Ballmoosbach hat halb so viel Durchfluss

wie der Chrümmlisbach (Ballmoosbach bei Trockenwetter ca. 5 l/s, Chrümmlisbach ca. 101/s). In beiden Gebieten wird intensiv Ackerbau betrieben und der Gewässeranschluss (Wahrscheinlichkeit, dass Stoffeinträge in die Gewässer erfolgen können) zeigt ein vergleichbares Bild (Tab. 1). Theoretisch wären somit ähnliche Konzentrationen zu erwarten gewesen. Eine wichtige Ursache für die unterschiedlichen Konzentrationssummen kann die steilere Hanglage des Chrümmlisbach-Einzugsgebiets sein, wodurch die PSM-Einträge bei Regen durch oberflächliche Abschwemmung von den Feldern begünstigt werden. Zudem weist dieses Einzugsgebiet zahlreiche Entwässerungsschächte in den Feldern sowie den Wegrändern entlang auf, über welche bei Regen grössere Mengen an PSM rasch über sogenannte hydraulische Kurzschlüsse ins Gewässer eingetragen werden können [10] (indirekter Gewässeranschluss, Tab. 1). Im Einzugsgebiet des Ballmoosbachs kommen solche Schächte nur vereinzelt vor und die Flächen grenzen grösstenteils direkt an das Gewässer (direkter Gewässeranschluss, Tab. 1). Vergleicht man die Jahre miteinander, so fällt auf, dass die PSM-Konzentrationssummen jeweils in beiden Gewässern unterschiedlich hoch sind (Fig. 1). Dabei muss allerdings berücksichtigt werden, dass die Werte von 2017 nicht direkt mit den Folgejahren verglichen werden können, da 2017 weniger Substanzen analysiert wurden. Nichtsdestotrotz scheinen die Konzentrationssummen im Ballmoosbach in den letzten beiden Jahren leicht rückläufig und sind insbesondere während der Hauptapplikationszeit ver-

weise sogar leicht an. Die Niederschlagsdaten zeigen, dass im Chrümmlisbach-Einzugsgebiet tendenziell mehr Regen fällt, der die Abschwemmung der PSM zusammen mit der steileren Hanglage sowie den vorhandenen hydraulischen Kurzschlüssen begünstigt. Weiter zeigt sich, dass die Jahre 2017 und 2018, unter Berücksichtigung des verspäteten Starts 2017, in beiden Gebieten ähnlich waren, wenn auch die Regentage nicht zur gleichen Zeit auftraten (Fig. 1). Im Ballmoosbach wurden für diese Jahre kumuliert 300 und 320 mm (in Fig.1 nicht dargestellt) von März bis Oktober gemessen. Im Chrümmlisbach lagen die kumulierten Werte von Januar bis Ok-

hältnismässig tief. Im Chrümmlisbach

bleiben sie unverändert oder steigen zeit-

tober in den Jahren 2017 und 2018 bei 420 und 480 mm. 2019 und 2020 fiel in beiden Gebieten mehr Regen, besonders in der 2. Hälfte des Beobachtungszeitraums (kumulierter Wert Ende Oktober 2019 und 2020: Ballmoosbach 570 und 580 mm, Chrümmlisbach 670 und 660 mm). So wurden beispielsweise im Herbst 2020 im Ballmoosbach erhöhte PSM-Konzentrationen beobachtet.

Der Verlauf des Durchflusses (geführte Wassermenge) verdeutlicht die immense Dynamik in den beiden Kleingewässern Ballmoosbach und Chrümmlisbach. Bei Niederschlag kann der Durchfluss in kurzer Zeit sehr rasch und sehr stark ansteigen und wieder absinken. Diese Dynamik widerspiegelt sich auch in den Schwankungen der Konzentrationen der 3,5-Tages-Sammelproben 2019 und 2020 (April bis Juni; Fig. 1). In diesem Kontext bleibt jedoch zu beachten, dass Sammelproben die gemittelten Konzentrationen über einen gewissen Zeitraum (hier 3,5 Tage) abbilden. Da der starke Anstieg des Durchflusses aber zum Teil deutlich weniger lang andauert als 3,5 Tage, lässt dies vermuten, dass die effektiven Kon-

zentrationen im Gewässer punktuell noch um ein Vielfaches höher sein könnten. Generell ist ersichtlich, dass die PSM-Konzentrationen häufig dann hoch sind, wenn während der Applikationszeit der Durchfluss im Gewässer erhöht ist. Aber auch in Trockenphasen sind während der Applikationszeit erhöhte Konzentrationen messbar, wie dies 2020 im Chrümmlisbach von Ende Mai beobachtet wurde. Durch Drift können PSM auch ohne Niederschlag ins Gewässer eingetragen werden, oder aber über Punkteinträge, beispielsweise beim Reinigen der Feldspritzen auf Hofplätzen, die das Abwasser direkt in die Gewässer einleiten.

Die Konzentrationssummen der TP (in Fig. 1 nicht dargestellt) werden durch die Abbauprodukte des Fungizids Chlorothalonil (nur R417888 gemessen) und der Herbizide Chloridazon, Metolachlor und Metazachlor dominiert. Deren Konzentrationen sind im Verhältnis zu jenen der Wirkstoffe in allen Proben relativ konstant, jedoch ist das Verhältnis in den Gewässern unterschiedlich. Im Ballmoosbach wird mit einer durchschnittlichen Konzentration von 1,3 µg/l tenden-

ziell ein höherer, relativer Anteil an TP gemessen als im Chrümmlisbach mit durchschnittlich 1,9 µg/l.

### **AUSWERTUNG DER RESULTATE**

## ÖKOTOXIKOLOGISCHE BEURTEILUNG DER GEWÄSSER

Die einzelnen PSM unterscheiden sich zum Teil stark in ihrer Toxizität sowie in ihrer Wirkung auf die Gewässerorganismen. Aus diesem Grund hat das Oekotoxzentrum für alle untersuchten Wirkstoffe ökotoxikologisch hergeleitete Grenzwerte, die ökotoxikologischen Qualitätskriterien (QK) [11] ermittelt. Anhand dieser lässt sich aus den gemessenen Konzentrationen der Risikoguotient (RQ) berechnen, der das Risiko für die Gewässerorganismen beschreibt. Der RQ bildet das Verhältnis der Konzentration im Gewässer zum QK ab. Dabei unterscheidet man zwischen chronischen und akuten QK. Für die Berechnung des RQ wurden die chronischen QK mit den Konzentrationen der 2-Wochen-Sammelproben ins Verhältnis gesetzt, die akuten QK mit den Konzentrationen in den 3,5-Tages-

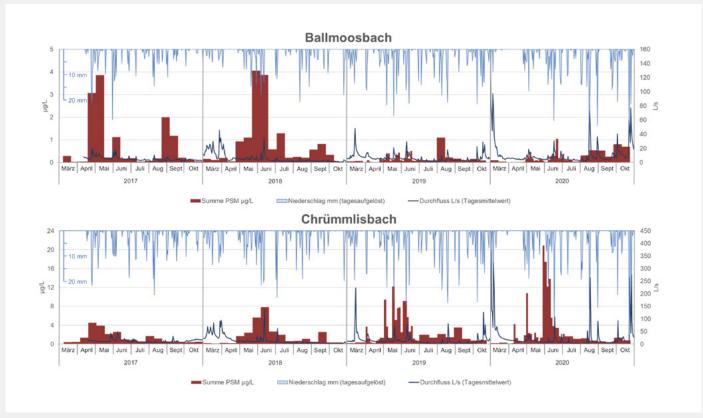


Fig. 1 Konzentrationssummen [µg/I] der gemessenen PSM in den 2-Wochen-Sammelproben, jeweils von März bis Oktober für 2017 bis 2020. In den Jahren 2019 und 2020 sind von April bis Juni 3,5-Tages-Sammelproben dargestellt. Ebenfalls abgebildet sind der Niederschlag ([mm], tagesaufgelöst) sowie der Durchfluss der Gewässer ([I/s], Tagesmittelwert). Der Bau der Messstationen hat sich Anfang 2017 leicht verzögert, weshalb die Niederschlags- und Durchflussdaten im 2017 erst verspätet aufgezeichnet werden konnten. Ballmoosbach oben, Chrümmlisbach unten, unterschiedliche Skalierung der Y-Achsen.



Fig. 2 Zustandsklassen zur Beurteilung des Risikos der PSM. Bei Blau und Grün werden die Qualitätskriterien (QK) eingehalten, ab einer gelben Beurteilung werden die QK überschritten und ein Risiko für die Gewässerorganismen kann nicht mehr ausgeschlossen werden.

Sammelproben (nur für 2019 und 2020). Ist das Verhältnis, also der RQ > 1, kann ein Risiko für die Gewässerorganismen nicht mehr ausgeschlossen werden. Zudem wird berücksichtigt, auf welche Organismengruppen die Substanz eine

negative Wirkung hat. Als relevante Organismengruppen gelten dabei Pflanzen (Primärproduzenten, P), Wirbellose (Invertebraten, I) und Fische (Vertebraten, V). Die Mischungstoxizität RQ<sub>mix</sub> der einzelnen Organismengruppen ergibt sich dabei durch Addition der entsprechenden RQ [12].

Bewertet und eingeteilt wird das Risiko basierend auf dem RQ in Anlehnung an die im Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus diffusen Quellen der Eawag [9] vorgeschlagenen Zustandsklassen (Fig. 2).

### CHRONISCHE BELASTUNGSSITUATION

Die chronische Belastungssituation berechnet sich aus der Addition der chronischen Risikoquotienten der Mischungen (CRQ<sub>mix</sub>). Sie zeigt im Ballmoosbach (Fig. 3 oben) 2017 einige mässige bis deutliche Überschreitungen der chronischen Qualitätskriterien (CQK) v.a. für Pflanzen

(P), vereinzelt auch für Wirbellose (I). Die Überschreitungen dauern hier maximal vier Wochen an (= zwei 2-Wochen-Sammelproben). Zu berücksichtigen ist, dass das Jahr 2017 nicht direkt mit den folgenden Jahren verglichen werden darf, da das Substanzspektrum ab 2018 erweitert wurde. 2018 zeigt sich ein starkes Risiko (rote Beurteilung) für Pflanzen (P) während vier Wochen im Juni. Im Allgemeinen dauern die Überschreitungen 2018 länger an und auch die Fische (V) sind kurzzeitig betroffen. 2019 sind vor allem die Wirbellosen (I) gefährdet, hier zeigt sich eine langanhaltende, deutliche Überschreitung von April bis Juni. 2020 ist insgesamt die Zahl der Überschreitungen deutlich zurückgegangen, hier besteht ein Risiko für die Wirbellosen (I) lediglich noch während vier Wochen Ende April bis Mitte Mai.

Der Chrümmlisbach (Fig. 3 unten) weist über alle vier Jahre eine grössere chronische Belastung für die Gewässerorganismen auf als der Ballmoosbach, was mit den höheren gemessenen Konzentrationen korreliert. Über den ganzen Beobachtungszeitraum traten im Chrümmlisbach jeweils vor allem bei den Pflanzen (P) wie auch bei den Wirbellosen (I) deutliche bis sogar starke Überschreitungen über lange Zeiträume auf. 2017, 2018 und 2020 konnten zudem mögliche negative Auswirkungen auf den Fischbestand nicht ausgeschlossen werden.

## AKUTE BELASTUNGSSITUATION

Ab 2019 wurden ergänzend zu den 2-Wochen-Sammelproben von April bis Juni (während insgesamt 14 Wochen) 3,5-Tages-Sammelproben analysiert. Damit lassen sich die akuten Risikoquotienten der Mischungen (AR $Q_{mix}$ ) berechnen, die die akute Belastung in den Gewässern beschreiben (Fig. 4). Im Ballmoosbach (oben) wurden die akuten Grenzwerte (AQK) 2019 einmal leicht durch einen Wirkstoff überschritten, 2020 wurden die Grenzwerte nicht überschritten. Im Chrümmlisbach (unten) fanden 2019 wie auch 2020 stärkere und länger andauernde Überschreitungen statt; 2019 haben fünf Wirkstoffe die AQK überschritten, 2020 gar zehn.

# ANZAHL ÜBERSCHREITUNGEN UND RISIKO-QUOTIENTEN DER MISCHUNGEN

Um das Ausmass des Risikos für die Gewässerorganismen zu quantifizieren, wurde die Anzahl Überschreitungen

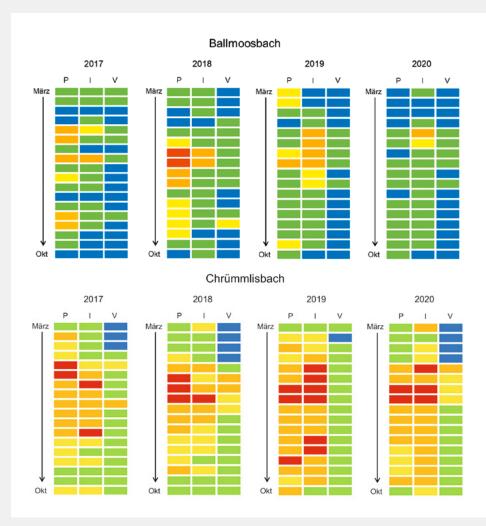


Fig. 3 Chronische Belastungssituation (CRQ<sub>mix</sub>) im Ballmoosbach (oben) und im Chrümmlisbach für 2017 bis 2020. Eine Kachel entspricht einer 2-Wochen-Sammelprobe, in den Spalten sind die Organismengruppen Pflanzen (P), Wirbellose (I) und Fische (V) abgebildet. Die Farbe repräsentiert das Risiko für die Gewässerorganismen (Fig. 2); bei Blau und Grün werden die Qualitätskriterien eingehalten.

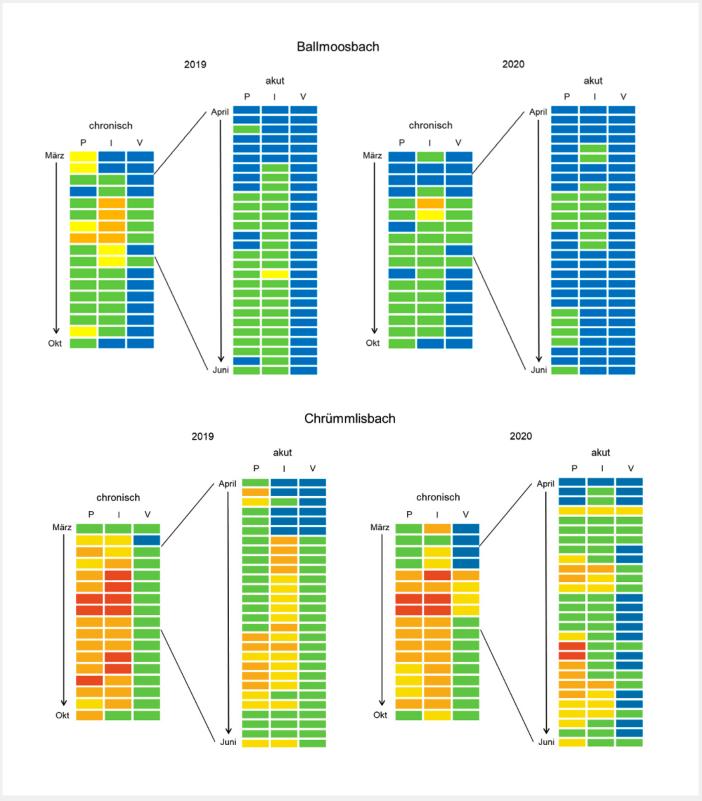


Fig. 4 Ballmoosbach oben, Chrümmlisbach unten. Jeweils links: Chronische Belastungssituation (CRQ<sub>mix</sub>) 2019 und 2020 wie in Figur 3.

Jeweils rechts: Akute Belastungssituation (ARQ<sub>mix</sub>) 2019 und 2020 im Zeitraum von Anfang April bis Ende Juni basierend auf 3,5-Tages-Sammelproben.

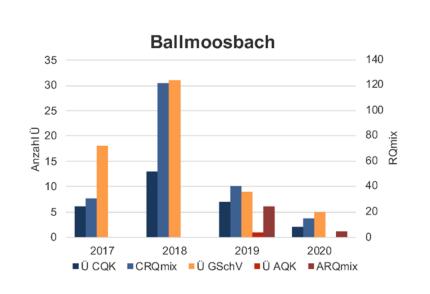
Die Farbe der Kacheln repräsentiert gemäss erweitertem Ampelsystem (Fig. 2) das Risiko für die Gewässerorganismen; bei blau und grün werden die Qualitätskriterien eingehalten.

der chronischen und ab 2019 anhand der 3,5-Tages-Sammelproben auch der akuten Qualitätskriterien (Ü CQK und Ü AQK) ermittelt. Ergänzend dazu wurden über die ganze Messperiode die CRQ $_{\rm mix}$ 

und ab 2019 von April bis Juni auch die ARO<sub>mix</sub> aufaddiert, um die Intensität der Überschreitungen differenzierter abzubilden *(Fig. 5)*. Auch hier gilt es zu beachten, dass im Jahr 2017 weniger Substan-

zen gemessen wurden und dadurch diese Zahlen nicht direkt mit den Folgejahren verglichen werden dürfen.

Sowohl die Anzahl der Überschreitungen wie auch die  $\mathrm{RQ}_{\mathrm{mix}}$  zeigen, für das chro-



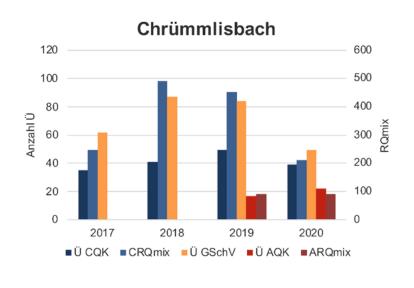


Fig. 5 Anzahl chronische und akute Überschreitungen (Ü CQK und Ü AQK) sowie aufaddierte chronische und akute Risikoquotienten der Mischungen (CRQ<sub>mix</sub> und ARQ<sub>mix</sub>). Ebenfalls abgebildet ist die Anzahl der Überschreitungen der Gewässerschutzverordnung (Ü GSchV) (s. Abschnitt «Anzahl Überschreitungen der gesetzlichen Anforderungen»). Ü CQK, CRQ<sub>mix</sub> und Ü GSchV wurden anhand der 2-Wochen-Sammelproben erhoben, Ü AQK und ARQ<sub>mix</sub> anhand der 3,5-Tages-Sammelproben für 2019 und 2020. Ballmoosbach links, Chrümmlisbach rechts, unterschiedliche Skalierung der Y-Achsen.

nische und das akute Szenario, in beiden Gebieten über die Jahre starke Schwankungen. So gab es beispielsweise im Ballmoosbach 2018 mit 13 Ü CQK deutlich mehr chronische Überschreitungen und einen deutlich höheren CRQ<sub>mix</sub> von 120. Seither sind die chronischen wie ab 2019 auch die akuten Werte rückläufig. Im Chrümmlisbach gab es mit 49 Ü CQK 2019 die meisten Überschreitungen, der CRQ<sub>mix</sub> lag mit einem Wert von beinahe 500 2018 am höchsten. Die chronischen Werte gingen 2020 zurück, die akuten hingegen stiegen von 2019 auf 2020 leicht

an. Ein Trend lässt sich hier anhand der Daten noch nicht ableiten, dazu braucht es weitere Messjahre.

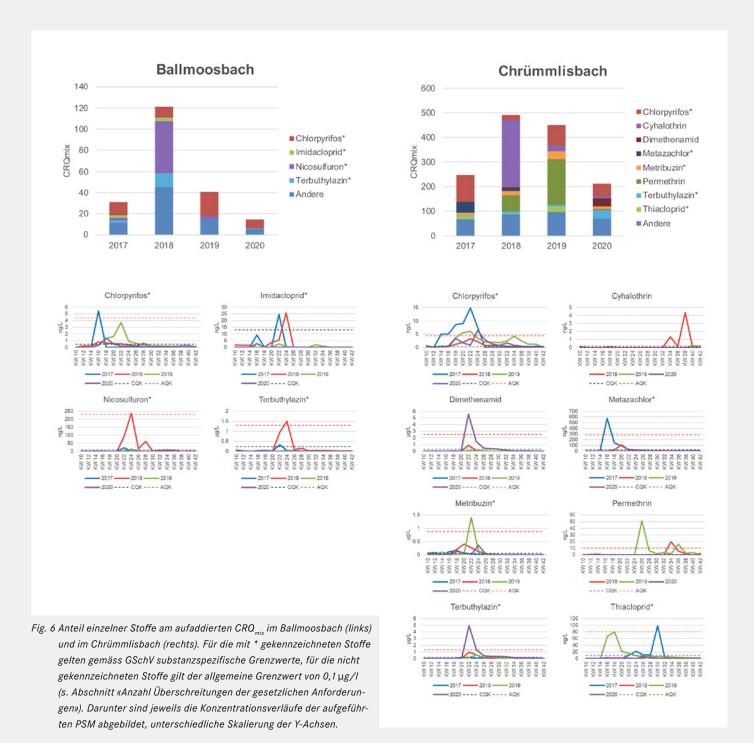
# KRITISCHE STOFFE, DIE REGELMÄSSIG ZUR CHRONISCHEN BELASTUNG BEITRAGEN

Bei der Auswertung der aufaddierten CRO<sub>mix</sub> fällt auf, dass in beiden Einzugsgebieten in allen Jahren immer wieder die gleichen Stoffe auftreten, die zu einem erheblichen Risiko für die Gewässerorganismen führen. Beim Ballmoosbach sind hier vier der kritischsten Wirkstoffe ausgewertet, die als Einzelstoffe ihre

QK regelmässig überschreiten, und beim Chrümmlisbach deren acht (Fig. 6). Generell handelt es sich bei den Substanzen um solche, die bereits in tiefen Konzentrationen ein erhebliches Risiko für die Gewässerorganismen darstellen. Das Herbizid Nicosulfuron fällt insbesondere im Ballmoosbach auf, macht es 2018 doch einen hohen Anteil am CRO<sub>mix</sub> aus mit einem CRQ von 49. Es handelt sich dabei um jenen Wirkstoff, der kurzzeitig angewendet zu einer vierwöchigen, starken Belastung für Pflanzen (P) geführt hat (Fig. 3). Obschon in dieser Zeitspanne die Nicosulfuron-Konzentrationen der 2-Wochen-Sammelproben lediglich 0,09 µg/l resp. 0,24 µg/l betrugen, ergab dies einen CRQ von 10,7 resp. 27,3. Noch deutlicher wird die Problematik beim Insektizid Chlorpyrifos oder bei den Pyrethroiden Cyhalothrin und Permethrin im Chrümmlisbach. 2018 beträgt hier der über den ganzen Beobachtungszeitraum aufaddierte CRQ von Cyhalothrin 273 und jener von Permethrin 66, 2019 für Cyhalothrin 25 und für Permethrin 186. Die Konzentrationen sind dabei wieder sehr gering und machen beim Cyhalothrin jeweils nur wenige ng/l aus. Die Konzentrationen von Permethrin sind leicht höher, betragen aber im Maximum lediglich 50 ng/l. Die Konzentrationen der beiden Pyrethroide gehen 2020 zurück und sind hauptverantwortlich für den Rückgang der Ü CQK und CRQ<sub>mix</sub> im Chrümmlisbach (Fig. 5). Betrachtet man die einzelnen Konzentrationsverläufe, fällt auf, dass die Stoffe oftmals nur kurze Zeit und nicht über den ganzen Beobachtungszeitraum auftauchen. Dies deutet auf einzelne, wenige Einsätze hin, die die Wasserqualität jedoch erheblich beeinträchtigen können.

# ANZAHL ÜBERSCHREITUNGEN DER GESETZLICHEN ANFORDERUNGEN

Trotz allem dürfen Stoffe, die zwar nach aktuellem Wissensstand kein grosses Risiko für Gewässerorgansimen darstellen, aber in erhöhten Konzentrationen auftauchen, bei der Gewässerbeurteilung nicht vernachlässigt werden. Gemäss Anhang 2 der Gewässerschutzverordnung GSchV gilt für organische Pestizide (Biozide und PSM) – soweit nicht abweichend geregelt – der Grenzwert von 0,1µg/l, im Sinn des vorsorglichen Gewässerschutzes. Das heisst, die Anzahl der Überschreitungen gemäss GSchV (Ü GSchV) setzt sich zusammen aus der Summe der Überschreitun-



gen für folgende zwei Stoffkategorien: (1) fabweichend geregelte Stoffe (aktuell sind dies gemäss der Verordnung des UVEK vom 13. Februar 2020 [13] 19 organische Pestizide) mit substanzspezifischen Grenzwerten und (2) alle übrigen organischen Pestizide, für die gilt der allgemeine Grenzwert von 0,1 µg/1 (Fig. 5). In allen untersuchten Jahren und bei beiden Gewässern wurden jeweils Stoffe detektiert, die zwar nach aktuellem Wissensstand kein

ökotoxikologisches Risiko darstellen (also

nicht gesondert geregelt sind), jedoch in

Konzentrationen über 0,1 µg/l gemessen

wurden. 2017 und 2018 ist dieser Anteil

für den Ballmoosbach besonders hoch im Vergleich zu 2019 und 2020. Diese Beobachtung korreliert mit den leicht rückläufigen PSM-Konzentrationssummen ab einschliesslich 2019. Im Chrümmlisbach war die Anzahl an Ü GSchV 2018 und 2019 am höchsten und ist im 2020 leicht zurückgegangen. Zu berücksichtigen ist wieder die Tatsache, dass im Jahr 2017 weniger Substanzen gemessen wurden.

## **FAZIT**

In beiden Gewässern und in allen Jahren werden regelmässig erhöhte Konzentratio-

nen an PSM gemessen, welche die Wasserqualität beeinträchtigen. Die Einträge der PSM in die Gewässer werden von unterschiedlichen Einflussfaktoren getrieben und unterliegen starken Schwankungen. Diese Schwankungen zeigen sich sowohl innerhalb eines Beobachtungszeitraums korrelierend mit der Applikationszeit, da PSM vorwiegend dann eingetragen werden, wenn sie angewendet werden. Es zeigen sich aber auch starke Schwankungen von Jahr zu Jahr. Dabei spielt die Niederschlagssituation eine entscheidende Rolle, oder weitere Faktoren wie eine unterschiedliche Bodenbearbeitung und

#### **DANKSAGUNG**

Ein grosses Dankeschön geht an Elmar Scheiwiller (AWA) für die Errichtung der Messstationen sowie das Datenmanaging und die Auswertung der Messresultate, Nora Möri, Fabian Hofmann, Lea Schweri, Elvira Rudin und Benjamin Warren (alles eh. Praktikantinnen und Praktikanten des AWA) für die Probenahmen und die Betreuung der Messstationen sowie Christine Gauch, Daniel Schlüssel (beide AWA) und Renate Söser (eh. AWA) für die aufwendigen Analysen der Wasserproben. Weiter bedanken wir uns herzlich bei Heinz Singer und Juliane Hollender (beide Eawag) für die wertvolle Unterstützung bei der Entwicklung analytischer Methoden und für die kurzfristige Bereitstellung von Referenzsubstanzen sowie bei Tobias Doppler (VSA-Plattform «Wasserqualität»), Ueli Ochsenbein (Aqua Viva, eh. AWA) und Kristina Rehberger (AWA) für die hilfreichen Kommentare und Diskussionen beim Lesen des Manuskripts. Und schliesslich bedanken wir uns bestens bei Michel Gygax, Sandra Ott, Regula Schwarz sowie Thomas Steiner (alle LANAT), Andreas Wyss (eh. BEBV) und Anna Stalder (BEVB), Ivo Strahm und Katja Knauer (beide BLW) sowie allen weiteren Beteiligten des Berner Pflanzenschutzprojekts für die gute Zusammenarbeit bei diesem herausfordernden, aber stets spannenden und wegweisenden Projekt.

> wechselnde Kulturen, die andere PSM-Anwendungen erfordern. Die Gegebenheiten im Einzugsgebiet wie Hangneigung, Gewässeranschluss der Parzellen oder hydraulische Kurzschlüsse wirken sich ebenfalls stark auf die PSM-Einträge aus. Diese führen insbesondere im Chrümmlisbach zeitweise zu sehr hohen PSM-Konzentrationen, obschon in beiden Gebieten die gleichen Anstrengungen bei der Umsetzung der Massnahmen getroffen werden. Demzufolge liegt hier auch über längere Zeiträume hinweg ein erhebliches Risiko für die Gewässerorganismen vor und auch die gesetzlichen Anforderungen werden häufiger überschritten. Bei der ökotoxikologischen Beurteilung der Wasserproben fällt auf, dass in beiden Einzugsgebieten ein erheblicher Anteil des Risikos häufig von den gleichen PSM verursacht wird. Oftmals kommen diese PSM nur in tiefen Konzentrationen vor, sind aber aufgrund ihrer Toxizität dennoch problematisch. Auch werden die PSM-Konzentrationen nicht über den ganzen Beobachtungszeitraum, sondern vielmehr nur als kurzzeitige Konzentrationsspitzen gemessen, was auf einzelne, wenige Einsätze hindeutet. Da jedoch abwechselnd verschiedene Wirkstoffe im Gewässer nachgewiesen werden, kann dies dennoch zu einem lang andauernden Risiko für die Gewässerorganismen führen.

Um verlässliche Aussagen zur Entwicklung der Wasserqualität aufgrund der von den Landwirtinnen und Landwirten umgesetzten Massnahmen des BPP zu machen, sind engmaschige Untersuchungen nötig, die sich über einen längeren Zeitraum als die hier dargestellten vier Jahre erstrecken.

Die durch das Monitoring gewonnenen Erkenntnisse werden im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des BPP aufgenommen und in Zusammenarbeit mit den Landwirtinnen und Landwirten aus den Testgebieten in die Praxis umgesetzt. Dadurch wird ein nachhaltiger und schonender Umgang mit PSM gefördert, der zu einer positiven Entwicklung der Wasserqualität und zu verbesserten Bedingungen für die Gewässerorganismen führt.

#### **BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Wittmer, I. et al. (2014): Über 100 Pestizide in Fliessgewässern. Aqua & Gas, 3/14, p. 32-43
- [2] Ochsenbein, U. et al. (2015): Mikroverunreinigungen in bernischen Gewässern. Aqua & Gas, 2/15, p. 56-66
- [3] Doppler, T. et al. (2017): Hohe Pflanzenschutzmittelbelastung in Schweizer Bächen, Aqua & Gas 4/17, p. 46–56
- [4] Bundesamt für Landwirtschaft (2017): Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Verfügbar unter: https://www. blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/aktionsplan.html
- [5] LANAT Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern (2015): Ressourcenprogramm Pflanzenschutz; Berner Pflanzenschutzprojekt. Weiterführende Informationen verfügbar unter: www.be.ch/bpp
- [6] AWA Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern (2019): Zustand der Gewässer 2017 und 2018; Schwerpunkt Aaretal, awa fakten
- Bundesamt für Umwelt (2019): Gewässerabschnittsbasierte Einzugsgebietsgliederung der Schweiz
- [8] Bundesamt für Landwirtschaft (2012): Gewässeranschlusskarte
- [9] Wittmer, I. et al. (2014): Mikroverunreinigungen Beurteilungskonzept f
  ür organische Spurenstoffe aus diffusen Quellen. Studie im Auftrag des BAFU. Eawag, D
  übendorf
- [10] Schönenberger, U. et al. (2020): Hydraulische Kurzschlüsse, Aqua & Gas 11/20, p. 65-71
- [11] Junghans, M. (2020): Qualitätskriterienvorschläge Oekotoxzentrum 2020. Verfügbar unter: https://www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/qualitaetskriterienvorschlaege-oekotoxzentrum/
- [12] Junghans, M. et al. (2013): Toxizität von Mischungen aktuelle praxisorientierte Ansätze für die Beurteilung von Gewässerproben, Aqua & Gas 5/13, p. 54-61
- [13] Bundesamt für Umwelt (2020): Verordnung des UVEK vom 13. Febr. 2020 (AS 2020 515), verfügbar unter: https://www.admin.ch/opc/de/official-compilation/2020/515.pdf

WASSER BODEN LUFT
Analytische Untersuchungen und Beratung



ENVILAB AG Mühlethalstrasse 25, 4800 Zofingen T 062 745 70 50, www.envilab.ch



Hawle Armaturen AG ● 8370 Sirnach ● www.hawle.ch

Qualität die verbindet

