



MIKROVERUNREINIGUNGEN IM GEWÄSSERMONITORING

AUSBAU VON NAWA TREND UND ERSTE RESULTATE 2018

Pestizide, Arzneimittel und andere Mikroverunreinigungen (MV) beeinträchtigen die Wasserqualität. Um MV in Fliessgewässern schweizweit überwachen zu können, haben Bund und Kantone die Nationale Dauerbeobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA TREND ausgebaut. Daten von 2018 zeigen, dass an allen Standorten numerische Anforderungen der Gewässerschutzverordnung überschritten wurden, das Ausmass der Verunreinigungen aber sehr unterschiedlich ist. Die Untersuchungen liefern wichtige Grundlagen, um MV-Belastung und Gegenmassnahmen beurteilen zu können.

Tobias Doppler; Anne Dietzel; Irene Wittmer, VSA-Plattform «Wasserqualität»
Julie Grelot, VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen»
Päivi Rinta; Manuel Kunz, BAFU*

RÉSUMÉ

MICROPOLLUANTS DANS LE MONITORING DES EAUX DE SURFACE: EXTENSION DU PROGRAMME NAWA TREND ET PREMIERS RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE 2018

De nombreuses études de la Confédération, des cantons et des instituts de recherche révèlent que, dans maints cours d'eau suisses, les concentrations de micropolluants (MP; p.ex. pesticides, médicaments, etc.) atteignent des niveaux susceptibles de représenter un risque pour les organismes aquatiques. Jusqu'à récemment, il n'existait pas encore de monitoring à long terme, uniforme et national des MP dans les eaux de surface. C'est pourquoi la Confédération et les cantons ont décidé de mesurer les micropolluants organiques dans le cadre de l'Observation nationale de longue durée de la qualité des eaux de surface (NAWA TREND) à partir de 2018 (ce programme sera nommé NAWA MP dans ce qui suit). Les 33 stations et les 65 substances de NAWA MP ont été sélectionnées de façon à couvrir les micropolluants émis par l'agriculture et l'habitat humain dans des cours d'eau présentant différents degrés de pollution. L'échantillonnage de base repose sur la prise d'échantillons composites de 14 jours tout au long de l'année, mais la fréquence de prélèvement peut être temporairement accrue sur certaines stations. Dans les fleuves et les grandes

EINLEITUNG

Mikroverunreinigungen (MV) wie Pestizide und Arzneimittel kommen in Schweizer Fliessgewässern verbreitet in Konzentrationen vor, die ein Risiko für die Gewässerorganismen darstellen. Dies zeigen zahlreiche Studien von Bund, Forschung und Kantonen (z. B. [1–4]). Bis anhin fehlte ein einheitliches, nationales Langzeit-Monitoring von MV in Oberflächengewässern. Deshalb beschlossen Bund und Kantone, im Rahmen der nationalen Dauerbeobachtung der Oberflächengewässerqualität (NAWA TREND) ab 2018 organische MV an ausgewählten Messstellen kontinuierlich zu untersuchen (diese Untersuchungen werden nachstehend NAWA MV genannt). In NAWA TREND werden in Fliessgewässern der Schweiz seit 2011 bereits Nährstoffe und seit 2012 biologische Parameter wie das Makrozoobenthos oder Fische untersucht. Mit NAWA verfolgen Bund und Kantone das Ziel, den Zustand und die Entwicklung der Oberflächengewässerqualität in der Schweiz langfristig und einheitlich zu beobachten und die Wirkung von Massnahmen zur Verbesserung der Gewässerqualität zu überprüfen [5]. Was diese Ziele

* Kontakt: tobias.doppler@vsa.ch

Titelbild: Messstation an der Thur bei Andelfingen

(© Jörg Hammer, BAFU)

in Bezug auf MV konkret bedeuten, wird im Folgenden näher beschrieben.

Die Zustandsbeurteilung der Gewässer in Bezug auf MV erfolgt in NAWA nach drei Kriterien: (i) nach den numerischen Anforderungen in der Gewässerschutzverordnung (GSchV), (ii) nach dem ökotoxikologischen Risiko, das MV für die Gewässerorganismen darstellen, und (iii) nach erhöhten Konzentrationen und Frachten im Allgemeinen. In der GSchV sind neu einzelne organische MV in Oberflächengewässern mit substanzspezifischen, ökotoxikologisch begründeten, numerischen Anforderungen geregelt, im Folgenden ökotoxikologische Grenzwerte genannt (s. Box). Für nicht spezifisch geregelte organische Pestizide (Pflanzenschutzmittel [PSM] und Biozide) gilt für jeden Einzelstoff weiterhin die generelle numerische Anforderung von 0,1 µg/l (im Folgenden genereller Grenzwert genannt) [6]. Diese gesetzlichen Grenzwerte werden mit NAWA MV überwacht. Auch MV, die in der GSchV nicht mit ökotoxikologischen Grenzwerten geregelt sind, können Gewässerorganismen gefährden. Das ökotoxikologische Risiko dieser MV wird anhand von Qualitätskriterien (OK) bestimmt, die das Oekotoxzentrum nach dem international anerkannten Leitfaden der Europäischen Union hergeleitet hat [7]. Man unterscheidet zwischen Kriterien für die andauernde (chronische) Belastung (CQK) und solche für die kurzzeitige (akute) Belastung (AQK). Diese OK entsprechen den ökotoxikologischen Grenzwerten der GSchV. Erhöhte Konzentrationen und Frachten von MV, die für die Gewässerorganismen kein Risiko darstellen, sind insbesondere zum Schutz der Gewässer als Trinkwasserressourcen und aufgrund der Oberlieger-Verantwortung der Schweiz ebenfalls unerwünscht.

In den letzten Jahren wurden wesentliche Massnahmen eingeleitet, um die Gewässerbelastung mit MV zu reduzieren. So werden unter anderem bis 2040 rund 135 ausgewählte kommunale Abwasserreinigungsanlagen (ARA) mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe zur Elimination von MV ausgebaut. Die gesetzlichen Grundlagen dazu traten 2016 in Kraft [6]. Die ausgebauten ARA müssen mindestens 80% der MV – gemessen anhand von zwölf Leitsubstanzen [8] – aus dem kommunalen Abwasser eliminieren. Die Stoffeinträge aus dem kommunalen Abwasser in die Gewässer werden dadurch deutlich abnehmen. Ausserdem verabschiedete der Bundesrat 2017 den Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (AP PSM, [9]). Im AP PSM sind über 50 Massnahmen aufgeführt, um die Risiken durch PSM, insbesondere auch in den Gewässern, zu reduzieren. Die Wirkung der ARA- und PSM-Massnahmen auf die Gewässerqualität soll mit den Untersuchungen von NAWA MV überwacht werden können. Um den oben beschriebenen Zielen gerecht zu werden und die Kosten für das Messprogramm in einem angemessenen Rahmen zu halten, sind die untersuchten Substanzsets und die Probenahme-strategie nicht an allen Standorten gleich. Das Messprogramm ist somit ein Kompromiss zwischen einer möglichst vollständigen Erfassung der Belastung und den Kosten. NAWA MV befindet sich noch im Aufbau und wird periodisch an neue Gegebenheiten, Ansprüche und Erkenntnisse angepasst, ohne dabei die Kontinuität, die für ein Langzeit-Monitoring wichtig ist, zu gefährden. Bund und Kantone beteiligen sich an den Kosten des Messprogramms. Für die Probenahme und Analytik sind die Kantone verantwortlich, der Bund stellt aber einheitliche Qualitätsanforderungen an die Probenahme (z.B.

NEUE NUMERISCHE ANFORDERUNGEN

Per 1. April 2020 wurden neu für 22 organische Mikroverunreinigungen substanzspezifische, ökotoxikologisch begründete, numerische Anforderungen für Oberflächengewässer in den Anhang 2 Ziffer 11 Absatz 3 der GSchV aufgenommen [6]:

Arzneimittel [A]

Drei der 22 neu geregelten Stoffe sind Arzneimittel, für die es davor keine numerischen Anforderungen gab.

Pestizid [P]

19 der 22 neu geregelten Stoffe sind Pestizide, bei diesen ersetzen die neuen Anforderungen die bisher geltende generelle numerische Anforderung von 0,1 µg/l.

Nicht spezifisch geregelte, organische Pestizide [6]

Für alle nicht spezifisch geregelten, organischen Pestizide gilt weiterhin die generelle numerische Anforderung von 0,1 µg/l.

Für die übrigen organischen MV gibt es keine numerischen Anforderungen in Oberflächengewässern.

Weiter unterscheidet die GSchV neu zwischen numerischen Anforderungen für Pestizide in Gewässern, die der Trinkwassernutzung dienen, und numerischen Anforderungen für Pestizide in anderen Gewässern. In Gewässern, die der Trinkwassernutzung dienen, gilt weiterhin die generelle numerische Anforderung für Pestizide von 0,1 µg/l als Obergrenze. In den anderen Gewässern, für die der Schutz der Gewässerorganismen im Vordergrund steht, können die Anforderungen je nach Pestizid unter oder über 0,1 µg/l liegen. Die GSchV unterscheidet zudem zwischen Anforderungen für andauernde und kurzzeitige Verunreinigungen. Bei andauernden Verunreinigungen dürfen die Konzentrationen gemittelt über 14 Tage nicht höher als die Anforderung sein, die Anforderungen für kurzzeitige Verunreinigungen müssen jederzeit eingehalten werden. Wenn Messungen zeigen, dass die numerischen Anforderungen in einem Gewässer nicht eingehalten werden, müssen die kantonalen Behörden Art und Ausmass der Verunreinigung ermitteln und bewerten, Ursachen abklären, Wirksamkeit der möglichen Massnahmen beurteilen und erforderliche Massnahmen treffen (Artikel 47 GSchV). Bei der Ausmassbewertung und Beurteilung der Wirksamkeit der Massnahmen hat der Kanton einen Spielraum, der folgender Logik folgen sollte: Ein grosses Ausmass der Verunreinigung liegt vor, wenn die numerischen Anforderungen, die zum Schutz des Trinkwassers oder substanzspezifisch für Wasserlebewesen festgelegt wurden, überschritten werden. Zum Schutz der Trinkwasserressourcen und der Wasserlebewesen müssen deshalb möglichst rasch alle erforderlichen, auch aufwändigen, Massnahmen zur Reduktion der Belastungen ergriffen werden. Ein kleineres Ausmass der Verunreinigung liegt in der Regel vor, wenn der Einheitswert von 0,1 µg/l für organische Pestizide in Gewässern, die nicht der Trinkwassergewinnung dienen, überschritten werden. Der Kanton kann in diesen Fällen auf die wirksamsten, einfach umzusetzenden Massnahmen fokussieren. Das BAFU erarbeitet zurzeit eine Vollzugshilfe, die das hier beschriebene Vorgehen konkretisieren wird. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit werden im Artikel «substanzspezifische, ökotoxikologisch begründete, numerische Anforderungen» *ökotoxikologische Grenzwerte* und «generelle numerische Anforderung» *genereller Grenzwert* genannt.

Kühlung im Probennehmer, Glasflaschen) und gibt die mindestens zu erreichenden Bestimmungsgrenzen für die Substanzen vor. Weiter stellen die involvierten Labors mit Ringversuchen die Qualität der Analysen sicher.

Der vorliegende Artikel präsentiert das Messprogramm NAWA MV im Detail und stellt Ergebnisse aus den ersten Messungen im Jahr 2018 vor.

UNTERSUCHUNGEN ZU MV IN NAWA TREND

Wichtige Einträge von MV stammen aus dem Siedlungsgebiet und der Landwirtschaft. Aus der Siedlung gelangen MV hauptsächlich über das Abwasser in die Gewässer (vor allem über die ARA, aber auch über Mischwasserentlastungen) [10]. Diese Eintragswege sind insbesondere für Arzneimittel und auch für gewisse andere Chemikalien relevant [11]. Auch diffuse Einträge aus der Siedlung über die Regenwasserkanalisation können wichtig sein z. B. für Biozide [12]. Weiter verunreinigen PSM aus der Landwirtschaft die Fließgewässer [2, 10]. Sie können einerseits aus

Punktquellen (z. B. Hofplatzentwässerungen), andererseits aber auch diffus (z. B. Abschwemmung vom Feld) in die Gewässer eingetragen werden.

Die Standortauswahl, Probenahme-strategie und Substanzauswahl in NAWA MV wurden darauf ausgelegt, die Einträge von MV aus kommunalen ARA sowie die diffusen Einträge aus Landwirtschaft und Siedlung möglichst vollständig zu erfassen. Daneben gibt es weitere Quellen von MV wie Industrie und Gewerbe oder Deponien. Diese sind in NAWA MV nur punktuell abgedeckt. MV aus solchen Quellen werden je nach Standort sehr unterschiedlich freigesetzt und können daher mit einem nationalen Programm nicht abschliessend erfasst werden. Dazu braucht es aufwendigere Untersuchungen, wie sie beispielsweise an der internationalen Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein durchgeführt werden.

STANDORTE

Die Probenahme für NAWA MV geschieht über die Schweiz verteilt an Fließgewässern, die durch MV belastet werden. So liegt ein Grossteil der 33 Standorte von

NAWA MV im Schweizer Mittelland, einzelne im Tessin, im Wallis, im Jura und im Rheintal (Fig. 1). Eine detaillierte Standorttabelle ist online verfügbar (www.bafu.admin.ch/nawa). Insgesamt sind 15 Kantone an NAWA MV beteiligt. Das Gewässernetz der Schweiz umfasst rund 65 000 km (Massstab 1:25 000) [13], davon haben etwa 30 400 km oder rund 48% landwirtschaftliche oder urbane MV-Quellen im Einzugsgebiet [14]. Dies bedeutet, dass in der Hälfte des Schweizer Fließgewässernetzes keine relevante Belastung mit MV aus diesen Quellen zu erwarten ist. Der grösste Teil dieser unbelasteten Fließstrecken liegt in den Alpen und wird durch NAWA MV nicht abgedeckt.

Die andere Hälfte des Gewässernetzes hat in ihrem Einzugsgebiet (EZG) mindestens eine kleine Fläche Ackerland, Obstbau, Rebbaud oder Siedlung, von denen MV in die Gewässer gelangen können. Weil sich beispielsweise der Weinbau auf wenige Regionen beschränkt, ist die Fließstrecke mit Reben im EZG klein (ca. 3700 km, *Länge des Balkens in Fig. 2*). Umgekehrt enthalten viele Einzugs-

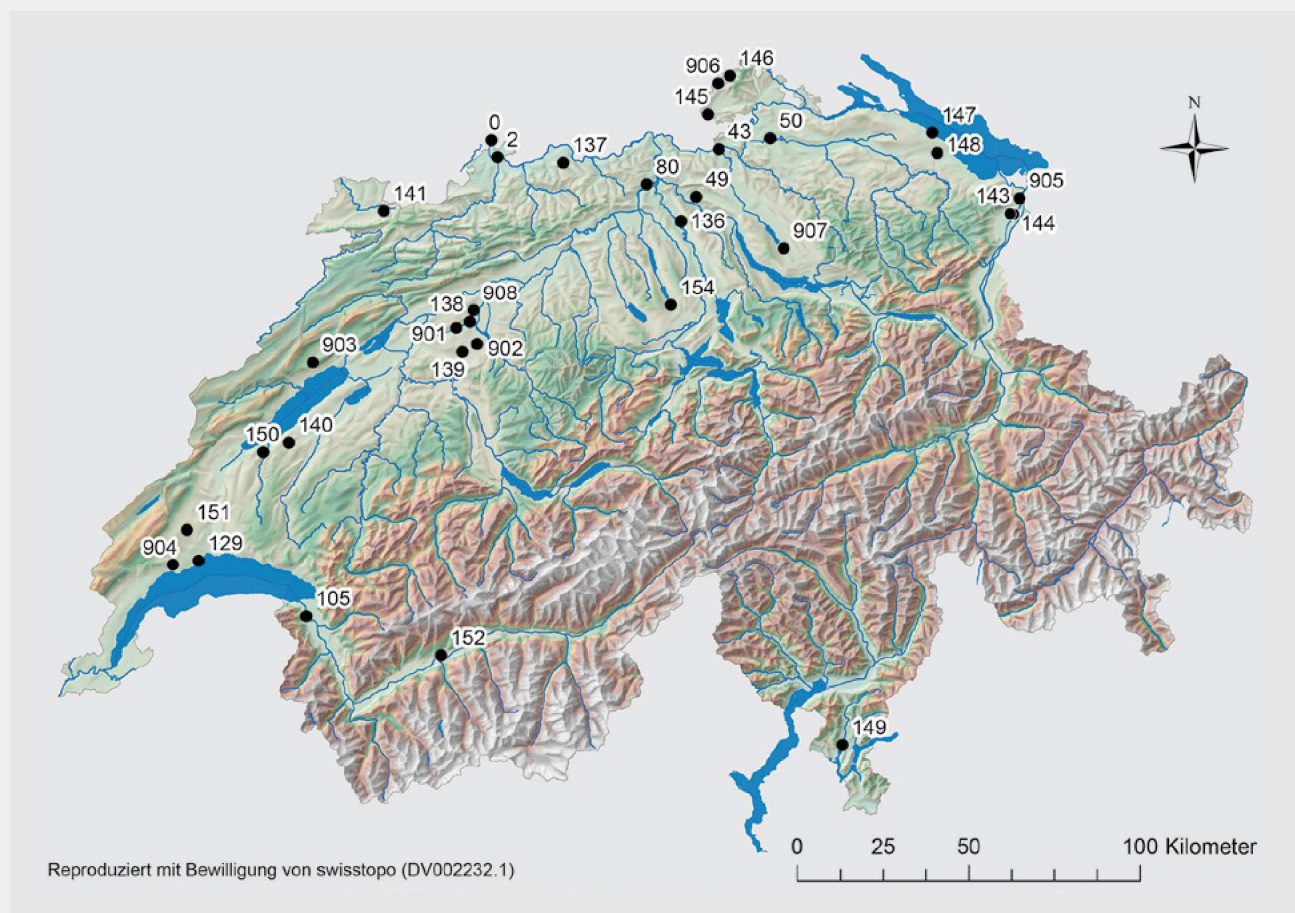


Fig. 1 Die Standorte des NAWA-MV-Messnetzes. Die Zahlen (NAWA ID) ermöglichen eine Zuordnung zu den Resultaten (Fig. 6) und zur detaillierten Standorttabelle auf der BAFU-Website (www.bafu.admin.ch/nawa).

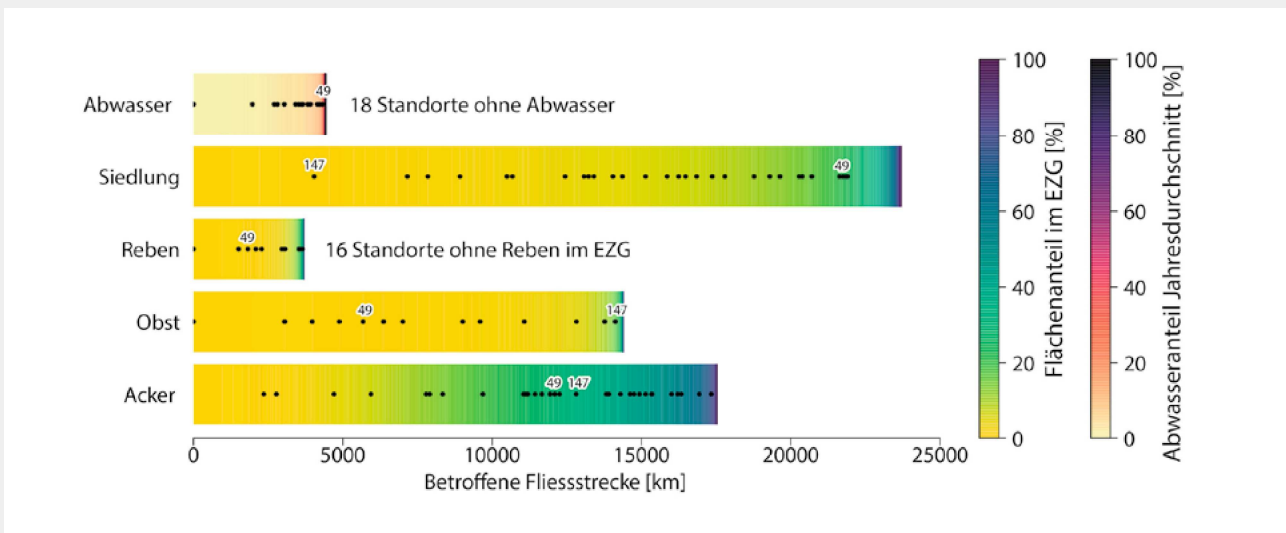


Fig. 2 Landnutzungs- und Abwasseranteile der NAWA-MV-Standorte im Vergleich zu den Landnutzungs- und Abwasseranteilen im Schweizer Fließgewässernetz. Die Farbverläufe illustrieren, wie sich die Flächenanteile von Ackerland, Obst- und Rebbaubau, der Siedlung sowie die Abwasseranteile entlang der davon betroffenen Fließstrecke verteilen. Die NAWA-MV-Standorte mit ihren Landnutzungs- und Abwasseranteilen sind als schwarze Punkte dargestellt. Als Beispiele sind die Standorte Eschelisbach (ID 147) und Furtbach (ID 49) gekennzeichnet (s. Fig. 1). Lesebeispiel: etwa 17 500 km der totalen Fließstrecke von rund 65 000 km haben Ackerland im EZG. Von den 17 500 km haben knapp 3000 km einen Ackerlandanteil von über 40% (Farben blaugrün bis violett, repräsentiert durch 11 Standorte). (Quellen: [15–18])

gebiete Siedlungsflächen, weshalb in einem grösseren Anteil der Fließstrecke in der Siedlung eingesetzte Stoffe vorkommen können (ca. 23 700 km, Fig. 2). Etwa 4400 km (7%) der Fließstrecke enthalten gereinigtes ARA-Abwasser (Fig. 2) mit einer Vielzahl unterschiedlicher MV. Fig. 2 zeigt, dass eine insgesamt viel längere Fließstrecke diffus eingetragene Stoffe aus Siedlungen, dem Acker- oder Obstbau enthalten kann als Stoffe, die nur im Rebbaubau eingesetzt werden, oder Stoffe, die mit dem

gereinigten Abwasser in die Fließgewässer transportiert werden. Mit der Standortauswahl von NAWA MV wurde erreicht, dass die unterschiedlichen Landnutzungs- und Abwasseranteile im Schweizer Gewässernetz angemessen repräsentiert sind. So verteilen sich die Standorte in Fig. 2 über die ganze Bandbreite der Flächenanteile von Siedlung, Ackerland, Obst- und Rebbaubau sowie des Abwasseranteils. Der Eschelisbach hat beispielsweise ein stark landwirtschaftlich geprägtes EZG, jedoch kaum urbane Einflüsse. Sein EZG (ID 147) hat einen Ackerlandanteil von 32% (s. mit ID beschriftete schwarze Punkte in Fig. 2). Etwa 4700 km Fließstrecke haben einen gleich hohen oder höheren Ackerlandanteil im Einzugsgebiet (rechter Teil des Balkens neben dem Punkt). Zudem ist der Flächenanteil mit Obstbau im EZG des Eschelisbachs (18%) sehr hoch, nur etwa 270 km Fließstrecke in der Schweiz haben einen noch höheren Anteil Obstbau im EZG. Diese intensive landwirtschaftliche Nutzung, kontrastiert mit einem niedrigen Siedlungsflächenanteil von 0,5%, der Eschelisbach enthält ausserdem kein ARA-Abwasser. Der Furtbach (ID 49) als zweites Beispiel ist sowohl landwirtschaftlich wie auch urban geprägt. Er hat eine hohe Abwasserbelastung von ca. 20% (geschätzte jährliche Abwassermenge am jährlichen Abfluss), nur etwa 100 km Fließstrecke enthalten noch mehr Abwasser. Der Furtbach ist damit exemplarisch für die kurze

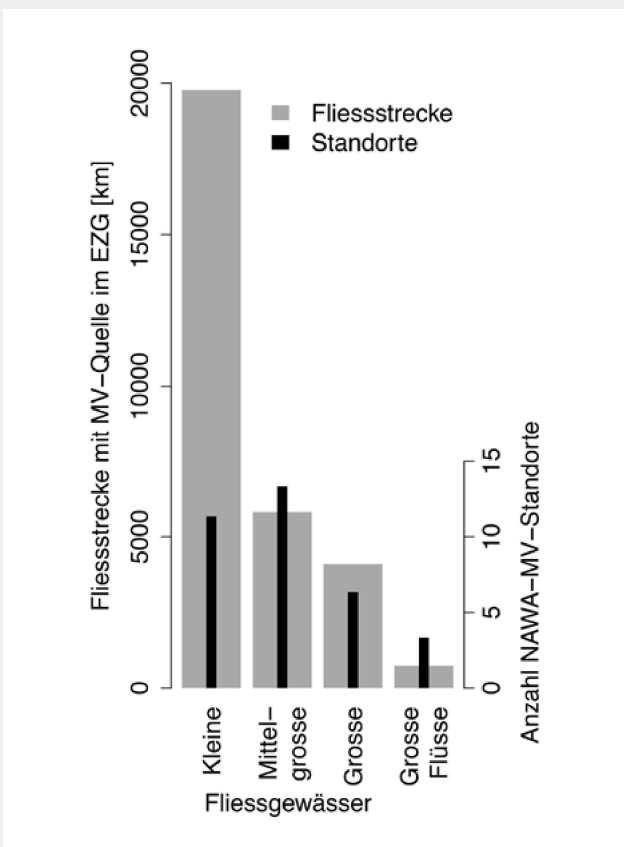


Fig. 3 Verteilung der NAWA-MV-Standorte auf die Gewässergrößen.

Der graue Balken zeigt die Fließstrecke im Schweizer Gewässernetz in der jeweiligen Größenkategorie (linke y-Achse). Dargestellt ist nur der Teil des Gewässernetzes mit MV-Quellen im Einzugsgebiet (Ackerbau-, Obstbau-, Rebbaubau- oder Siedlungsflächen im EZG oder Abwasser). Der schwarze Balken zeigt die Anzahl der NAWA-MV-Standorte (rechte y-Achse). Die Größenkategorien orientieren sich am mittleren jährlichen Abfluss.

- $< 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ = kleine Fließgewässer: 11 Standorte
- $0,1\text{--}1 \text{ m}^3/\text{s}$ = mittelgrosse Fließgewässer: 13 Standorte
- $1\text{--}50 \text{ m}^3/\text{s}$ = grosse Fließgewässer: 6 Standorte
- $> 50 \text{ m}^3/\text{s}$ = grosse Flüsse: 3 Standorte (Datenquelle: [15])

Flie遝sstrecke, die stark von gereinigtem Abwasser beeinflusst ist. Mit knapp 30% Ackerlandanteil im EZG ist der Furtbach aber auch landwirtschaftlich beeinflusst. Zurzeit fehlt in NAWA MV ein Standort mit einem hohen Siedlungsflächenanteil von über 25%. Es wird deshalb geprüft, ob im nächsten Ausbauschritt von NAWA ein entsprechender Standort aufgenommen werden soll.

NAWA MV beprobt alle Grössenklassen von Flie遝sgewässern, was Aussagen zur MV-Belastung in Abhängigkeit der Gewässergrösse ermöglicht (Fig. 3). Dies ist wichtig, da Pestizide typischerweise in kleinen und mittelgrossen Gewässern in höheren Konzentrationen vorkommen als in grossen Gewässern [10], andererseits sind die Stofffrachten in grossen Flüssen am höchsten. Im Vergleich zur Flie遝sstrecke mit MV-Quellen im EZG sind kleine Flie遝sgewässer in NAWA MV unterrepräsentiert, obwohl sie aus ökologischer Sicht sehr relevant sind [19] (Fig. 3). Ihre repräsentative Erfassung könnte aber nur mit deutlich mehr untersuchten Stellen erreicht werden, was aus Ressourcen-gründen zurzeit nicht möglich ist. Grosse Flüsse sind auch mit nur drei Messstellen in Bezug auf die Flie遝sstrecke übervertreten (Fig. 3). Sie müssen aber wegen ihrer Relevanz für die Stofffrachten mitberücksichtigt werden.

PROBENAHME

Standardmässig werden die Gewässer in NAWA MV ganzjährig mit zeitproportionalen 14-Tages-Mischproben beprobt. Dieser Zeitraum ist rechtlich relevant für die Überprüfung der ökotoxikologischen Grenzwerte (s. Box) und eignet sich auch für eine ökotoxikologische Beurteilung der chronischen Risiken [12]. Ausserdem deckt man damit jeweils den gesamten Zeitraum einer möglichen Belastung ab. An acht mehrheitlich landwirtschaftlich geprägten Messstellen werden nur von März bis Oktober Proben genommen, da man im Winter eine vergleichsweise tiefe Belastung erwartet.

An den drei grossen Flüssen Aare, Rhône und Rhein werden MV-Frachten berechnet. Dafür werden an der Aare (Brugg) abflussproportionale 14-Tages-Mischproben und an der Rhône (Porte du Scex) abflussproportionale 7-Tages-Mischproben genommen, was die Berechnung von Stofffrachten ermöglicht. Am Rhein (Rheinüberwachungsstation, Weil am Rhein) werden zeitproportionale Tages-

mischproben genommen, aus denen ebenfalls Frachten berechnet werden können. Diffuse Einträge erfolgen oft regengetrieben und führen zu kurzzeitigen Konzentrationsspitzen (wenige Stunden bis Tage) [10]. Um diese kurzzeitigen Belastungsspitzen zu erfassen, wird an 14 vor allem landwirtschaftlich geprägten Messstellen die Probenahmefrequenz von April bis Juli (da erwartet man die höchsten Konzentrationsspitzen) auf 3,5 Tage erhöht. Aus jeweils 4 Proben kann trotzdem die Konzentration gemittelt über 14 Tage berechnet werden. Die tatsächlichen Höchstkonzentrationen können aber teilweise um Grössenordnungen höher liegen als in den 3,5-Tages-Proben [20, 21].

SUBSTANZAUSSWAHL

In Haushalten, Gewerbe, Industrie und Landwirtschaft werden Tausende von Chemikalien verwendet, die potenziell in die Gewässer gelangen können [10, 11].

Nicht alle verwendeten Stoffe stellen jedoch im gleichen Ausmass eine Belastung für die Gewässer dar. Ziel der Substanzauswahl für NAWA MV war es daher, einerseits jene Stoffe auszuwählen, die in Konzentrationen vorkommen, die für Gewässerorganismen ein Risiko darstellen, und andererseits Stoffe, die in grossen Mengen in die Gewässer gelangen.

Potenziell ökotoxikologische Auswirkungen für Gewässerorganismen haben primär jene Stoffe, die wegen ihrer biologischen Wirkung eingesetzt werden, allen voran also Pestizide und Arzneimittel. Nebst diesen zwei Gruppen gibt es auch weitere Chemikalien, die ökotoxikologisch problematisch sein können oder aufgrund hoher Stofffrachten relevant sind. Für die Auswahl der PSM und Biozide wurden alle zugelassenen Wirkstoffe berücksichtigt, für die Auswahl der Arzneimittel und weiteren Stoffe alle Substanzen, für die Messwerte vorlagen [11,

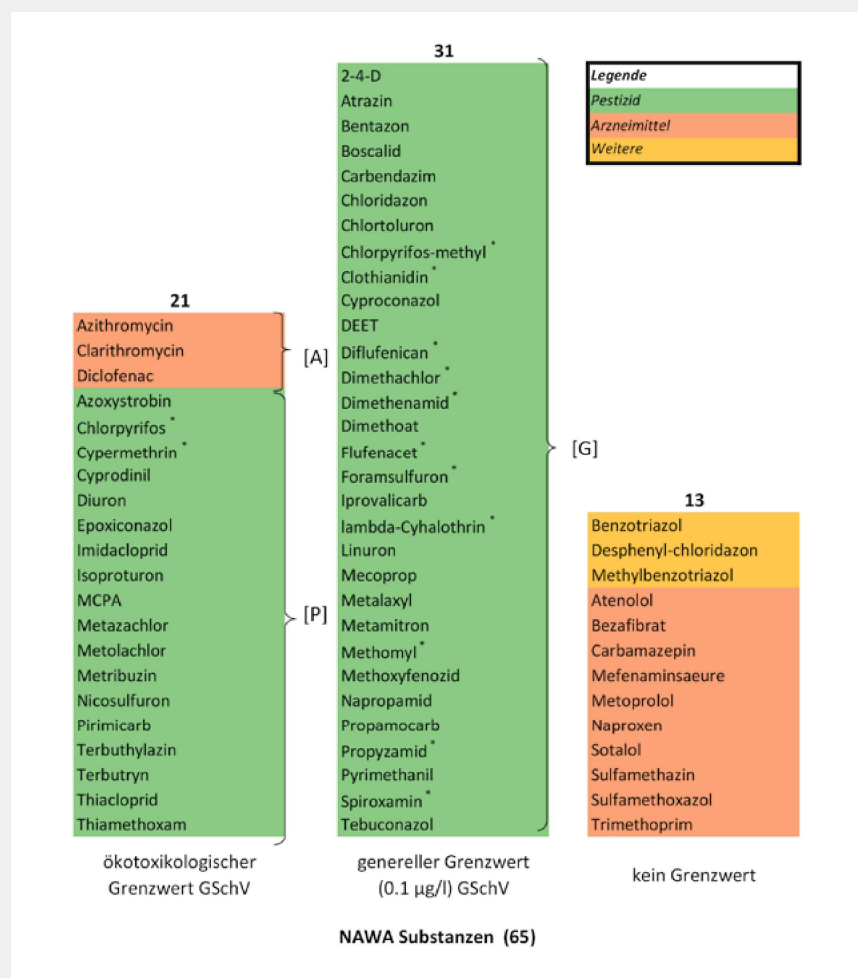


Fig. 4 In NAWA MV untersuchte Stoffe (Stand 2018), unterteilt nach Stoffen, für die der Anhang 2 der GSchV ökotoxikologische Grenzwerte für Pestizide [P] und Arzneimittel [A] enthält (Spalte 1), für die der generelle Grenzwert für Pestizide [G] gilt (Spalte 2) resp. die in der GSchV nicht numerisch geregelt sind (Spalte 3) (Erklärungen zu Grenzwerten der GSchV s. Box). Mit * markierte Stoffe werden nur an ausgewählten Standorten untersucht.

12]. Die Auswahl basierte einerseits auf der Exposition, also der Höhe der Konzentration, und andererseits auf dem Risiko, dem die Gewässerorganismen ausgesetzt sind. Dafür wurde die Exposition mit den ökotoxikologischen Qualitätskriterien (QK) der Stoffe verglichen. Die Abschätzung der Exposition basierte auf Modellen sowie auf Messdaten aus umfangreichen Screenings [1, 2, 22, 23]. Für die Modelle wurden chemisch-physikalische Eigenschaften der Stoffe (Abbau im Boden/Wasser/Körper/ARA, Sorption usw.) verwendet und, wo vorhanden, ihre Verkaufsmengen. Für die Ökotoxizität standen QK aus unterschiedlichen Quellen zur Verfügung. Schlussendlich wurde die Auswahl mit Experten von Bund, Kantonen und der Forschung finalisiert und die analytische Machbarkeit mit Experten der kantonalen Labors abgeklärt und für alle ausgewählten Stoffe QK vom Ökotoxizentrum hergeleitet [24].

Es resultierte ein Set von insgesamt 65 Substanzen. Diese werden im Folgenden NAWA-MV-Stoffe genannt (Fig. 4). Sie setzen sich aus 49 Pestiziden, 13 Arzneimitteln und 3 weiteren Stoffen zusammen. 21 der 22 Stoffe, die in der GSchV mit einem ökotoxikologischen Grenzwert geregelt sind, werden in NAWA MV untersucht. Es fehlt einzig Diazinon, das heute nicht mehr als PSM oder Biozid zugelassen ist und an Relevanz verloren hat. Es wird dennoch von vielen Kantonen analysiert. Für die 31 weiteren Pestizide der NAWA-MV-Stoffe gilt der generelle Grenzwert von $0,1 \mu\text{g/l}$ in allen Gewässern. Dies bedeutet, dass insgesamt 52 der NAWA-MV-Stoffe durch Grenzwerte in der GSchV geregelt sind. Für die ökotoxikologische Beurteilung liegen, mit Ausnahme von Sotalol (ein Arzneimittel), für alle 65 Stoffe CQK und für die meisten AQK vor [24].

Analysen von umfassenden Screenings zeigen, dass mit den in NAWA MV untersuchten PSM der grösste Teil der ökotoxikologischen Belastung durch PSM erfasst werden kann. Beispielsweise wurden in einer Untersuchung mit rund 200 PSM im Mittel 75% der Überschreitungen der QK bereits durch die 49 PSM aus NAWA MV abgedeckt [2]. Ähnliche Resultate zeigen die Untersuchungen des Kantons Zürich auf Seite 54 in dieser Ausgabe. Für andere Stoffgruppen konnte dies bisher nicht systematisch überprüft werden.

Es gibt drei verschiedene Messstellentypen, an denen gezielt, je nach der erwar-

teten Belastung, unterschiedliche Substanzsets analysiert werden. An allen 33 Standorten werden 52 der 65 NAWA-MV-Stoffe gemessen. Neun PSM werden nur an 26 landwirtschaftlich geprägten Messstellen, die sich für die Wirkungskontrolle AP PSM eignen, analysiert. Vier Pyrethroid- und Organophosphat-Insektizide werden an 21 Standorten von März bis Oktober gemessen. Sie können je nach Standort einen grossen Teil des Risikos ausmachen, aber lassen sich nur mit einer aufwendigen Spezialanalytik in genügend tiefen Konzentrationen messen [25].

Für Pestizide und Arzneimittel standen genügend Daten zur Verfügung für eine relativ umfassende Auswahl. Es kann aber sein, dass weitere relevante Stoffe z.B. aus Haushalten, Industrie und Gewerbe oder auch Deponien zurzeit noch nicht identifiziert wurden. Die Stoffauswahl in NAWA wird deshalb periodisch angepasst. Dazu werden neben theoretischen Überlegungen auch Messdaten verwendet. Da einige Kantone sowie die Rheinüberwachungsstation bei Weil am Rhein, ein deutlich breiteres Substanzspektrum untersuchen, können diese Messungen wertvolle Hinweise auf zusätzliche relevante Substanzen liefern.

DATENLAGE UND AUSWERTUNGEN 2018

NAWA MV wurde und wird schrittweise ausgebaut und umfasst 33 Messstellen, 18 davon gingen bereits 2018 in Betrieb. Aktuell sind 32 aktiv (Stand Mai 2020). 2018 wurden noch nicht alle NAWA-MV-Stoffe gemessen. Für Auswertungen der Daten von 2018 lagen Resultate von 59 der 65 NAWA-MV-Stoffe vor. Von einigen Kantonen wurden neben den NAWA-MV-Stoffen noch weitere MV gemessen. Die hier vorgestellten Auswertungen beziehen sich nur auf die NAWA-MV-Stoffe. Von den 18 Standorten, die 2018 in Betrieb gingen, wurden an 12 das ganze Jahr durchgehend Daten erhoben, an sechs Standorten während der Hälfte des Jahres oder lückenhaft (Fig. 6). Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze werden als nicht nachgewiesen behandelt. Da 2018 noch keine 3,5-Tages-Mischproben genommen wurden, werden für die folgenden Auswertungen an allen Standorten Werte verwendet, welche die Konzentration gemittelt über zwei Wochen repräsentieren. Entweder basieren

die Werte direkt auf Messresultaten von zeitproportionalen 14-Tages-Mischproben oder auf der Berechnung ausgehend von kürzeren Mischproben (Rhein und Rhône). Die Konzentrationen aus den abflussproportionalen Proben (Aare und Rhône) werden in diesem Artikel gleich behandelt wie die Konzentrationen aus zeitproportionalen Proben. Diese über 14 Tage gemittelten Konzentrationen wurden mit den ökotoxikologischen Grenzwerten für andauernde Verunreinigungen, dem generellen Grenzwert für Pestizide von $0,1 \mu\text{g/l}$ sowie mit den CQK verglichen. Da keines der untersuchten Gewässer der Trinkwassernutzung dient, wurden die Grenzwerte für Gewässer, die nicht der Trinkwassernutzung dienen, verwendet (s. Box S. 45).

RESULTATE 2018

An allen 2018 untersuchten NAWA-Standorten wurden zwischen 10 und 47 verschiedene NAWA-MV-Stoffe nachgewiesen, teilweise in hohen Konzentrationen. An allen Standorten wurden zudem gesetzliche Grenzwerte überschritten. Auch einige Substanzen ohne ökotoxikologische Grenzwerte in der GSchV wurden an einzelnen Standorten in Konzentrationen über ihren QK nachgewiesen

MIKROVERUNREINIGUNGEN IN HOHEN KONZENTRATIONEN

Von den 59 untersuchten NAWA-MV-Stoffen wurden 56 an mindestens einem Standort nachgewiesen, davon 40 Pestizide, 13 Arzneimittel und 3 weitere MV. Das Vorkommen der einzelnen Substanzen war sehr unterschiedlich. Je nach Substanz wurden sie in weniger als 1% der Proben, wie das Fungizid Pyrimethanil, bis hin zu über 75%, wie das Korrosionsschutzmittel Benzotriazol, nachgewiesen.

Die insgesamt höchsten Konzentrationen der NAWA-MV-Stoffe zeigten mit fast bzw. über $10 \mu\text{g/l}$, das Fungizid Propamocarb und das Herbizid Isoproturon (Fig. 5). Es folgen Substanzen, die in grossen Mengen aus der Siedlung in die Gewässer gelangen, allen voran die Korrosionsschutzmittel Benzotriazol und Methylbenzotriazol. Diese Stoffgruppe der weiteren MV zeigte auch im Mittel die höchsten Konzentrationen. Die Konzentrationen von Arzneimitteln und den weiteren MV sind in den kleinen Fließgewässern tiefer als in den mittelgrossen und grossen Gewässern

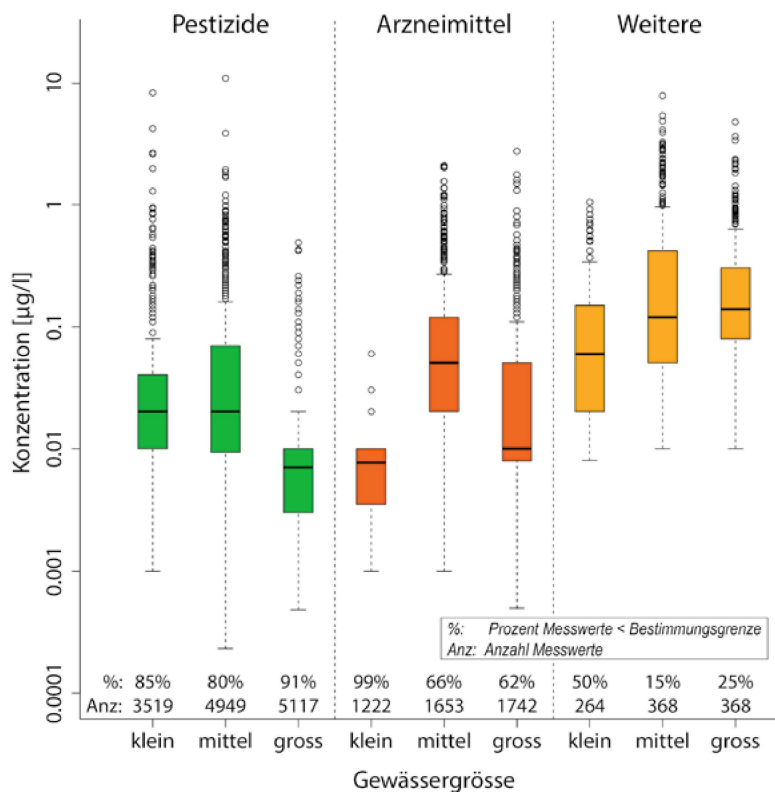


Fig. 5 Boxplots der Konzentrationen aller Detektionen in allen Proben der 18 Standorte im 2018 auf logarithmierter Skala, aufgeteilt nach Substanzgruppe und Gewässergrösse (gross = grosse Fließgewässer und grosse Flüsse). Unter jedem Boxplot ist der Prozentsatz an Messwerten unterhalb der Bestimmungsgrenzen (diese Messwerte wurden in die Boxplots nicht eingeschlossen) und die Anzahl Messwerte insgesamt angegeben. Die Farben beziehen sich auf die der Substanzgruppen in Fig. 4.

(Fig. 5, die grossen Fließgewässer und grossen Flüsse sind hier zusammengefasst, so sind in jeder Grössenklasse 6 Gewässer). Der Grund liegt darin, dass diese beiden Substanzgruppen vor allem über die ARA in grossen Mengen eingetragen werden und kleine Gewässer meist kein ARA-Abwasser enthalten.

Die untersuchten kleinen und mittelgrossen Fließgewässer haben vergleichbar hohe Pestizidkonzentrationen. In den grossen Fließgewässern und Flüssen werden Pestizeinträge durch die hohen Abflussmengen verdünnt und die Konzentrationen sind dort deshalb tiefer.

GESETZLICHE GRENZWERTE ÜBERSCHRITTEN

Die gesetzlichen Grenzwerte für MV wurden verbreitet überschritten: betroffen waren alle 18 im Jahr 2018 untersuchten Standorte und 38 von 52 NAWA-MV-Stoffen, die in der GSchV mit Grenzwerten geregelt sind (Fig. 6). Betrachtet man nur die MV mit ökotoxikologischen Grenzwerten, überschritten 20 der 21 untersuchten MV an mindestens einem

Standort ihren entsprechenden Grenzwert (einzige Ausnahme: Epoxiconazol). Ökotoxikologische Grenzwerte wurden von Arzneimitteln an insgesamt 9 Standorten überschritten (Fig. 6, Zeilen A) und von Pestiziden an 12 Standorten (Fig. 6, Zeilen P). An 13 Standorten überschritten Pestizide den generellen Grenzwert von 0,1 µg/l (Fig. 6, Zeilen G).

Bei den Pestiziden sind es viele verschiedene Substanzen mit Überschreitungen von Grenzwerten (Fig. 6), die einander im Laufe des Jahres abwechseln. Pestizide führen vor allem in der Vegetationsperiode von Frühjahr bis Herbst zu Überschreitungen, Arzneimittel das ganze Jahr über. Für einige Standorte bedeuten diese Ergebnisse also eine über einen langen Zeitraum andauernde Verunreinigung, teilweise durch eine Vielzahl von Substanzen. Die vielen und andauernden Überschreitungen der ökotoxikologischen Grenzwerte zeigen, dass eine Beeinträchtigung der Gewässerorganismen an den meisten Messstellen nicht ausgeschlossen werden kann.

Die untersuchten Fließgewässer sind jedoch unterschiedlich stark und unterschiedlich lange verunreinigt. In vier mittelgrossen und grossen Fließgewässern, die mit ARA-Abwasser belastet sind (Furtbach, Landgrabe, Vedeggio, Glatt), wurden Arzneimittel fast ganzjährig über ihren ökotoxikologischen Grenzwerten nachgewiesen. An der Glatt führte nur das Arzneimittel Diclofenac, dafür aber in jeder Probe, zu Überschreitungen. In den kleinen Gewässern hingegen spielen Arzneimittel fast keine Rolle, da sie kein ARA-Abwasser enthalten. In wenigen Gewässern (z. B. Canal d'Uvrier) wurden keine oder nur vereinzelte Überschreitungen der ökotoxikologischen Grenzwerte durch Pestizide festgestellt, während diese in anderen (z. B. Landgrabe, Vedeggio und Furtbach) während bis zu 9 Monaten überschritten wurden. Aare, Rhein und Rhône zeigten die wenigsten Grenzwert-Überschreitungen, aber auch die grossen Flüsse sind nicht unbelastet. Während im Rhein und der Aare Arzneimittel (Diclofenac, bzw. Diclofenac und Azithromycin) kurze Zeit die Grenzwerte überschritten, war es in der Rhône das Pestizid Imidacloprid. Da für einige Standorte nicht für das ganze Jahr Daten verfügbar sind, sind noch keine konsistenten Standortvergleiche möglich.

WEITERE SUBSTANZEN AUF DEM RADAR

Neben den 20 Stoffen, die ihre ökotoxikologischen Grenzwerte überschritten, wurden für 8, bisher nicht mit ökotoxikologischen Grenzwerten geregelten NAWA-MV-Stoffe (7 Pestizide und 1 Arzneimittel), Konzentrationen gemessen, die über dem ökotoxikologischen Qualitätskriterium (QK) lagen. Zusätzlich zu den NAWA-MV-Stoffen wurden an einzelnen Standorten durch die Kantone Perfluoroctansulfonsäure (PFOS) und Ibuprofen untersucht und in Konzentrationen über den QK gemessen. Somit ist das tatsächliche Risiko für Gewässerorganismen noch höher, als aus der Beurteilung aufgrund der NAWA-MV-Stoffe und gemäss GSchV hervorgeht. Es wurden auch noch weitere Nicht-NAWA-Stoffe vereinzelt von den Kantonen untersucht und in hohen Konzentrationen gemessen, beispielsweise der in Wasch- und Reinigungsmitteln enthaltene Komplexbildner EDTA, die Süßungsmittel Acesulfam und Sucralose sowie die Arzneimittel Iopamidol, Iomeprol und Metformin. Somit decken die NAWA-MV-Stoffe auch die Belastung mit Stoffen

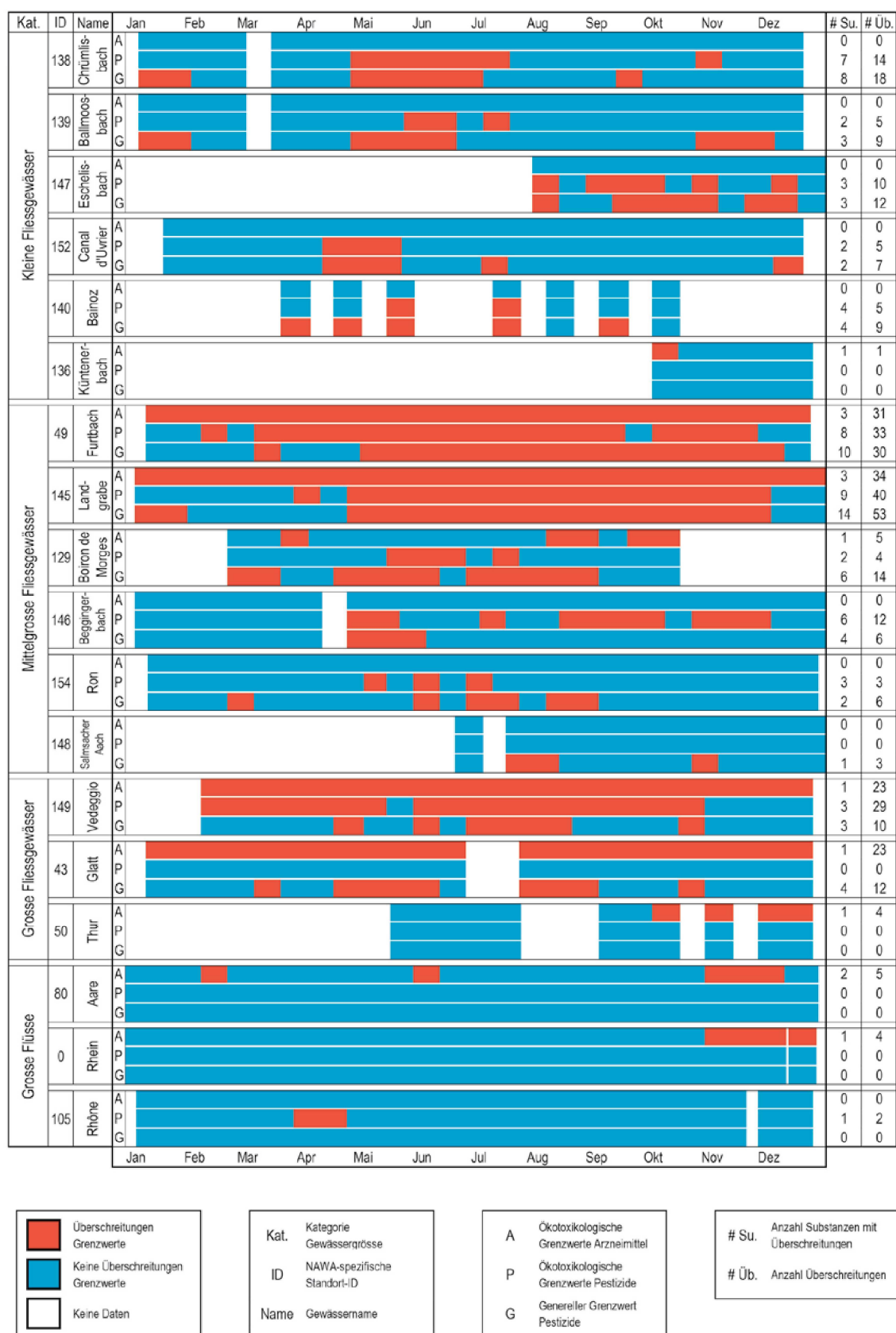


Fig. 6 Jahresverlauf der Überschreitungen der Grenzwerte im Anhang 2 der GSChV an den 18 Standorten, die bereits 2018 untersucht wurden.

Oben (A): (Nicht-)Einhaltung der ökotoxikologischen Grenzwerte für andauernde Verunreinigungen durch Arzneimittel.

Mitte (P): (Nicht-)Einhaltung der ökotoxikologischen Grenzwerte für andauernde Verunreinigungen durch Pestizide.

Unten (G): (Nicht-)Einhaltung des generellen Grenzwertes von 0,1 µg/l für nicht explizit geregelte Pestizide.

in sehr hohen Konzentrationen noch nicht vollständig ab. Die Festlegung von ökotoxikologischen Grenzwerten in der GSchV für weitere Substanzen sowie die Erweiterung der NAWA-MV-Substanzliste mit zusätzlichen ökotoxikologisch bedenklichen oder in hohen Konzentrationen zu erwartenden Substanzen werden derzeit geprüft. Mit den Daten von 2018 konnten die hier präsentierten ersten Auswertungen des nationalen Gewässermonitorings für Mikroverunreinigungen gemacht werden. Mit den zukünftigen Daten von mehr Standorten und längeren Datenreihen werden vertiefte Auswertungen und robustere Aussagen möglich sein.

FAZIT UND AUSBLICK

Die Nationale Beobachtung Oberflächenwasserqualität NAWA wurde mit Untersuchungen zu MV erweitert (NAWA MV). Die 33 Standorte und 65 Substanzen wurden so ausgewählt, dass primär die Verunreinigung mit MV aus Landwirtschaft und Siedlung in unterschiedlich stark verunreinigten Gewässern erfasst wird. Zudem können 21 von 22 ökotoxikologischen Grenzwerten des Anhangs 2 GSchV überprüft werden.

Die ersten Resultate des Messprogramms NAWA MV von 2018 zeigen, dass in allen untersuchten Fließgewässern mit sehr unterschiedlichen Grössen die Grenzwerte der GSchV zum Teil langanhaltend nicht eingehalten werden. Die ökotoxikologischen Grenzwerte wurden von fast allen so geregelten Stoffen an mindestens einem Standort überschritten. Sowohl die für Überschreitungen verantwortlichen Substanzgruppen wie auch die Dauer der Überschreitungen unterscheiden sich stark an den verschiedenen Messstellen. Somit kann eine Beeinträchtigung der Gewässerorganismen durch die beob-

achtete Verunreinigung mit Pestiziden und Arzneimitteln nicht ausgeschlossen werden.

Durch NAWA MV werden aber auch Substanzen erfasst, die zwar keine Risiken für Gewässerorganismen verursachen, die aber in hohen Mengen die Gewässer verunreinigen.

Das Messprogramm bildet neben der Zustandsbeurteilung auch die Grundlage, um die Wirkung der wichtigen Gewässerschutzmassnahmen ARA-Ausbau und AP PSM auf die Gewässerbelastung mit MV zu überprüfen. Etwa ein Drittel der NAWA-MV-Messstellen eignet sich für die Wirkungskontrolle des ARA-Ausbaus. Diese Standorte haben (i) eine oder mehrere massnahmenpflichtige ARA im Einzugsgebiet, (ii) einen hohen Anteil an gereinigtem kommunalem Abwasser im Abfluss und (iii) man erwartet an ihnen mindestens eine ca. 50%ige Konzentrationsabnahme an MV aus kommunalem Abwasser. Unter anderem ist diese Abnahme aber insbesondere vom Ausbaupunkt der einzelnen ARA abhängig. Erste Effekte des ARA-Ausbaus sind in den Messdaten der Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein bereits ersichtlich. Dort ging beispielsweise die Fracht an Diclofenac zurück und erste Auswertungen deuten darauf hin, dass ein Grossteil des Rückgangs auf den ARA-Ausbau zurückgeführt werden kann.

Mit NAWA MV wird auch die Wirkung des AP PSM überprüft. 26 der 33 Standorte haben landwirtschaftlich geprägte Einzugsgebiete; Ackerbau (inkl. Gemüsebau), Obstbau und Weinbau werden durch die Standorte abgedeckt und durch die breite Substanzwahl bei den PSM kann die Belastung durch die Landwirtschaft gut erfasst werden. Obwohl NAWA MV damit grundsätzlich geeignet ist, eine Veränderung aufgrund des AP PSM aufzuzeigen, bleibt die Wirkungskontrolle eine grosse Herausforderung. Dies insbesondere da die PSM-Belastung aufgrund von verschiedenen externen Einflussfaktoren, wie den Niederschlagsverhältnissen oder Veränderungen im PSM-Einsatz, von Jahr zu Jahr stark schwanken kann.

Aufgrund neuer analytischer Möglichkeiten und neuer Erkenntnisse zur Gewässerbelastung wird das Messprogramm NAWA MV periodisch überprüft und angepasst. Vertiefte Untersuchungen im Rahmen von NAWA, wie sie mit NAWA SPEZ möglich sind, oder Situationsanalysen wie jene, die der VSA zurzeit zu Industrie und Gewerbe

durchführt [26], sind zielführend, um festzustellen, welche Anpassungen in NAWA MV notwendig sind.

Das Messprogramm NAWA MV leistet damit einen wertvollen und notwendigen Beitrag zur Beurteilung der chemischen Gewässerbelastung in der Schweiz und zur Überprüfung der Wirksamkeit wichtiger Massnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Wittmer, I. et al. (2014): Über 100 Pestizide in Fließgewässern – Programm NAWA SPEZ zeigt die hohe Pestizidbelastung der Schweizer Fließgewässer auf. *Aqua & Gas* 3
- [2] Spycher, S. et al. (2019): Anhaltend hohe PSM-Belastung in Bächen – NAWA SPEZ 2017: Kleine Gewässer in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft verbreitet betroffen. *Aqua & Gas* 4
- [3] Canton de Vaud (2018): De source sûre, la qualité des cours d'eau vaudois
- [4] Niederhauser, P. et al. (2018): Wasser und Gewässer, Gesamtbericht. Kanton Zürich, Baudirektion; Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft; Abteilung Gewässerschutz. Zürich
- [5] Göggel, W. et al. (2013): NAWA – Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität. Konzept Fließgewässer. Umwelt-Wissen. BAFU. Bundesamt für Umwelt. 1327. Bern
- [6] SR-814.201. (2020): Gewässerschutzverordnung, Schweiz. http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_201.html
- [7] European Commission. (2011): Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive. Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards
- [8] SR-814.201.231 (2016): Verordnung des Uvek zur Überprüfung des Reinigungseffekts von Massnahmen zur Elimination von organischen Spurenstoffen bei Abwasserreinigungsanlagen. Schweiz
- [9] Der Bundesrat (2017): Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Bericht des Bundesrates
- [10] Gälli, R. et al. (2015): Mikroverunreinigungen in Fließgewässern aus diffusen Einträgen. Situationsanalyse. Umwelt Zustand. BAFU. Bern
- [11] Götz, C., Kase, R., Hollender, J. (2010): Mikroverunreinigungen – Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser. Eawag. Dübendorf
- [12] Wittmer, I. et al. (2014): Mikroverunreinigungen – Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus diffusen Einträgen. Studie im Auftrag des BAFU. Eawag. Dübendorf
- [13] BAFU (2020): Gewässernetz der Schweiz. <https://www.bafu.admin.ch/BAFU/de/home/themen/wasser/zustand/karten/gewaessernetz-der-schweiz.html>
- [14] Strahm, I. et al. (2013): Landnutzung entlang des

DANKSAGUNG

Wir danken allen Kantonen im NAWA-MV-Messprogramm für die gute Zusammenarbeit. *Urs Helg* (BAFU) gebührt grosser Dank für die Geo-Daten-Auswertungen, *Joëlle Blanc* und *Ursula Leuenberger* (BAFU) für das Datenmanagement. Ausserdem danken wir *Reto Murali*, *Christian Leu* und *Damian Dominguez* (BAFU) sowie *Heinz Singer* und *Christian Stamm* (Eawag) für die wertvollen Kommentare und Diskussionen zum vorliegenden Artikel.

Schweizer Gewässernetzes. Aqua & Gas 5

[15] BAFU (2013): Gewässerabschnittsbasierte Einzugs-
gebietsgliederung der Schweiz (GAB-EZGG-CH)

[16] Bundesamt für Statistik (2009 und 2018): Areal-
statistik der Schweiz

[17] Swisstopo (2008): Vector25. Reproduziert mit Be-
willigung von Swisstopo DV002232.1

[18] Swisstopo (2019): TLM. Reproduziert mit Bewilli-
gung von Swisstopo DV002232.1

[19] Leib, V. (2015): Biologischer Zustand kleiner
Fließgewässer. Aqua & Gas 4

[20] Doppler, T. et al. (2012): Spatial variability of her-
bicide mobilisation and transport at catchment
scale: insights from a field experiment. *Hydrology
and Earth System Sciences*. 16: 1947-1967

[21] Leu, C. et al. (2004): Variability of Herbicide Los-
ses from 13 Fields to Surface Water within a Small
Catchment after a Controlled Herbicide Applica-
tion. *Environmental Science & Technology*. 38:
3835-3841

[22] Doppler, T. et al. (2017): Hohe PSM-Belastung in
Schweizer Bächen – NAWA-SPEZ-Kampagne un-
tersucht Bäche in Gebieten intensiver landwirt-
schaftlicher Nutzung. Aqua & Gas 4

[23] Munz, N.; Leu, C.; Wittmer, I. (2012): Pestizidmes-
sungen in Fließgewässern – Schweizweite Aus-
wertung. Aqua & Gas 11

[24] Oekotoxzentrum (2020): Qualitätskriterienvor-
schläge Oekotoxzentrum. <https://www.oekotox->

zentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/

qualitaetskriterienvorschlaege-oekotoxzentrum/

[25] Rösch, A. et al. (2019): Geringe Konzentrationen

mit grosser Wirkung. Aqua & Gas 11

[26] VSA (in Erarbeitung): Situationsanalyse zu Stoff-
einträgen aus Industrie und Gewerbe

> SUITE DU RÉSUMÉ

rièrès, un échantillonnage composite et asservi au débit a été choisi, permettant le calcul des charges polluantes.

Les premiers résultats obtenus en 2018 dans le programme NAWA MP révèlent un non-respect des exigences chiffrées de l'OEaux dans tous les cours d'eau étudiés, parfois de manière prolongée. Notamment, les valeurs limites basées sur des critères écotoxicologiques nouvellement en vigueur dans cette ordonnance ont été dépassées sur au moins un site pour la quasi-totalité des substances concernées par la réglementation. Un impact négatif de la pollution par les pesticides et les médicaments sur les organismes aquatiques ne peut donc être exclu. Toutefois, de fortes différences sont observées entre les sites tant au niveau des substances pour lesquelles des dépassements sont enregistrés qu'à celui de la durée de ces dépassements. Le programme NAWA MP apporte une contribution précieuse et nécessaire à l'appréciation de la pollution chimique des eaux de surface en Suisse et à la vérification de l'efficacité des mesures prises pour améliorer leur qualité. En plus d'un contrôle de l'état des eaux, NAWA MP doit notamment servir à évaluer l'effet de l'extension des stations d'épuration en vue de l'élimination des micro-polluants et du plan d'action sur les produits phytosanitaires.

DIE EINFACHSTE UND SICHERSTE ART ROHRE ZU TRENNEN



Gewerbstrasse 2
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall
Tel. +41 52 202 10 51
info@krohse.ch www.krohse.ch