



**Zustand der Gewässer –
2017 und 2018
Schwerpunkt Aaretal**

**AWA Amt für Wasser und Abfall
OED Office des eaux et des déchets**

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion
des Kantons Bern
Direction des travaux publics, des transports
et de l'énergie du canton de Berne

Inhalte und Kernaussagen

Editorial

Um die Qualität des Trinkwassers und der Gewässerlebensräume langfristig zu erhalten, braucht es das Engagement von uns allen, wie Regierungsrat Christoph Neuhaus erklärt. **Seite 3**

Die Aare im Blickpunkt



Durch die Erweiterung der grossen Kläranlagen im Einzugsgebiet der Aare wird diese Lebensader künftig markant von Mikroverunreinigungen aus der Siedlungs-entwässerung entlastet. **Seite 4**

Bäche unter Druck



Vor allem in den Kleingewässern des intensiv genutzten Mittellandes haben Fische und weitere Wasserlebewesen als Folge von Schadstoffeinträgen und steigenden Wassertemperaturen einen schweren Stand. **Seite 13**

Makrophyten in Fließgewässern



Anhand der Wasser- und Röhrichtpflanzen im Uferbereich von Bächen lässt sich die Lebensraumqualität beurteilen. Der Kanton Bern hat die neue Methode des Bundes erfolgreich getestet. **Seite 24**

Risiken durch Pestizide reduzieren



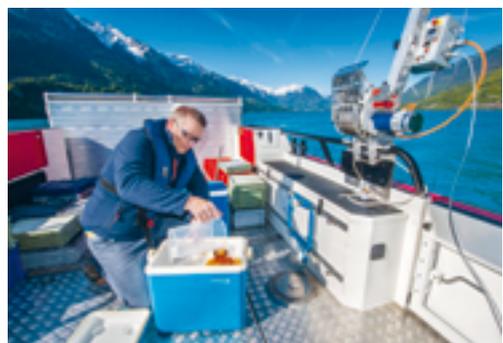
Das Berner Pflanzenschutzprojekt appelliert an die Eigenverantwortung der Landwirte und will die Risiken durch Pflanzenschutzmittel in den Gewässern vermindern, ohne dadurch die Erträge massgeblich zu beeinträchtigen. **Seite 26**

Eine verletzbare Ressource



Das Grundwasser ist im Kanton Bern die wichtigste Trinkwasserressource und meist von guter Qualität. Lokal auftretende Belastungen durch Mikroverunreinigungen zeigen jedoch die Verletzlichkeit dieser unterirdischen Wasservorkommen auf. **Seite 29**

Auf dem Weg zur Besserung



Der technische Gewässerschutz hat die Wasserqualität in den drei grossen Berner Seen deutlich verbessert. Ein Nachholbedarf besteht jedoch bei der Revitalisierung der häufig verbauten Uferlandschaften. **Seite 39**

Titelbild

Probenahme Aare Dalmazi



Christoph Neuhaus

Regierungsrat und Vorsteher der Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion (BVE)

Dem Wasserreichtum Sorge tragen

Der Kanton Bern verfügt von Natur aus über einen grossen Wasserreichtum. Wir alle sind aufgefordert, dieser lebenswichtigen Ressource Sorge zu tragen, damit auch kommende Generationen noch einwandfreies Trinkwasser nutzen können. Es geht beim Gewässerschutz jedoch nicht nur um uns Menschen, sondern auch um Pflanzen und Tiere, die in unseren Bächen, Flüssen und Seen leben.

Diesbezüglich steht es leider nicht zum Besten, wie Untersuchungen des kantonalen Gewässer- und Bodenschutzlabors (GBL) zeigen. Vor allem in kleineren Bächen des Mittellandes, deren Einzugsgebiet intensiv für den Ackerbau genutzt wird, treten während der Vegetationsperiode zum Teil hohe Konzentrationen an Pflanzenschutzmitteln (PSM) und ihren Umwandlungsprodukten auf. Diese Stoffe können empfindliche Wasserlebewesen stark beeinträchtigen und schlimmstenfalls sogar ihre Bestände auslöschen. Deshalb braucht es einen Interessenausgleich, wie ihn das vom kantonalen Amt für Landwirtschaft und Natur und dem Berner Bauern Verband lancierte Berner Pflanzenschutzprojekt anstrebt. Dieser will die Kleingewässer substanzial von Giftstoffen entlasten, ohne dadurch die landwirtschaftlichen Erträge massgeblich einzuschränken.

Ein wichtiger Schritt für den Gewässerschutz in der Schweiz ist auch die technische Nachrüstung der grösseren Kläranlagen mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe. Sie soll die Belastung unserer Flüsse und Seen durch organische Spurenstoffe aus dem kommunalen Abwasser schweizweit

um etwa die Hälfte reduzieren. Im Kanton Bern müssen bis 2035 voraussichtlich 12 Kläranlagen entsprechende Massnahmen treffen. Die ARA Thunersee hat den Anfang gemacht und hält die Mikroverunreinigungen seit einem Jahr erfolgreich zurück, wie die Analysen des GBL zeigen. Es ist dies ein wesentlicher Beitrag zum Schutz der Aare und der flussabwärts gelegenen Wasserfassungen, die täglich rund 250'000 Menschen mit Trinkwasser versorgen.

Wie wichtig eine regelmässige Überwachung der Oberflächengewässer und des Grundwassers ist, hat sich 2017 im unteren Emmental gezeigt. Hier stiessen die Fachleute des AWA bei ihren routinemässigen Kontrollen im Grundwasser auf grosse Mengen des Kältemittels Freon. Nur dank diesem Monitoring wurde die schwerwiegende Verunreinigung überhaupt entdeckt. Durch sofortiges Eingreifen des Kantons konnte der regionale Wasserversorger eine betroffene Fassung rechtzeitig ausser Betrieb nehmen und die Bevölkerung mit sauberem Trinkwasser aus einer anderen Bezugsquelle beliefern.

Auch wenn sich die Herausforderungen im Bereich des Gewässerschutzes im Verlauf der Jahre geändert haben, ist das Ziel gleich geblieben: Wir wollen die sauberen Wasserressourcen überall nachhaltig sichern. Dafür braucht es nicht nur den Willen, sondern auch das Engagement von uns allen.

Zustand der Aare



Die Probenahme der Wasserwirbellosen in der Aare erfordert ausgerüstete Taucher und Sicherheitsleute sowie spezialisiertes Gerät. Die tiefen Temperaturen erschwerten die Arbeiten zusätzlich.

Entlastung für die Lebensader des Kantons

Die Wasserqualität der Aare ist im Allgemeinen gut bis sehr gut. Von der Quelle in den Berner Alpen bis zur aargauischen Kantongrenze bei Murgenthal nehmen jedoch aufgrund zivilisatorischer Einflüsse die Einträge von Nährstoffen und chemische Belastungen zu. Durch die Nachrüstung der grossen Kläranlagen zeichnet sich künftig eine signifikante Reduktion der Mikroverunreinigungen ab.

Die Aare ist das wichtigste Gewässer im Kanton Bern. Sie entspringt den Gletschern des Grimselgebiets, speist Briener-, Thuner- und Bielersee und nimmt auf ihrem Weg durch das Kantonsgebiet rund 95 Prozent der gesamten Wassermenge auf. Dabei wird der Hauptfluss vielfältig genutzt. Sein Wasser füllt Stauseen und treibt Laufkraftwerke an, die der Stromerzeugung dienen. Als eigentliche Lebensader versorgt die Aare einen Grossteil der Bevölkerung direkt oder indirekt mit sauberem Trinkwasser. Gleichzeitig nimmt sie das gereinigte Abwasser aus etlichen Kläranlagen auf, spielt eine bedeutende Rolle für die Schifffahrt und ist ein Spielfeld diverser Freizeitaktivitäten.

In den Untersuchungsjahren 2017 und 2018 haben sich die Fachleute des kantonalen Gewässer- und Bodenschutzlabors (GBL) turnusgemäss erstmals seit 10 Jahren wieder vertieft mit der Ökologie der Aare beschäftigt. Dabei konnten sie ein detailliertes Bild ihres Zustands gewinnen. Wie ein grober Überblick zeigt, ist die Wasserqualität generell gut bis sehr gut. Bedingt durch die zunehmende Grösse des Einzugsgebiets – und die damit einhergehenden zivilisatorischen Einflüsse – nehmen flussabwärts jedoch die Frachten an Nährstoffen und organischen Mikroverunreinigungen zu. Trotz einer starken Verdünnung können dadurch selbst in der Aare Konzentrationen an problematischen Stoffen auftreten, die für empfindliche Wasserorganismen kritisch sind.

Die Mikroverunreinigungen sind überall

Durch die starke Verdünnung des Flusswassers im Briener- und Thunersee verlässt die Aare das alpine Einzugsgebiet nahezu unberührt. Dennoch lassen sich in den Proben ihres Auslaufs aus dem Thunersee bereits Spuren von Mikroverunreinigungen durch menschliche Einträge nachweisen. Messbar vorhanden sind insbesondere Abwasserindikatoren wie der künstliche Süsstoff Acesulfam sowie Metformin, das am häufigsten eingesetzte Medikament gegen die Zuckerkrankheit. Auch das Korrosionsschutzmittel Benzotriazol, welches vor allem durch Reinigungsmittel für Spülmaschinen in die Gewässer gelangt, lässt sich in beiden grossen Seen des Berner Oberlandes detektieren. Auf dem Weg durch das dichter besiedelte Mittelland entwässert die Aare – neben den Siedlungsarealen mit zahlreichen Kläranlagen – auch landwirtschaftlich intensiv genutzte Gebiete. Als Folge davon steigen die Konzentrationen an Mikroverunreinigungen entlang

des Flusses mit der stetigen Zunahme der Bevölkerung und der landwirtschaftlichen Nutzfläche ebenfalls an. Dies zeigen die im Sommer und Herbst 2018 an sechs Hauptmessstellen der Aare durchgeführten Untersuchungen von organischen Spurenstoffen, die zusätzlich zur Erhebung der allgemeinen chemischen Parameter erfolgten.

Erhebliche Frachten an Spurenstoffen

Das Bild der Mikroverunreinigungen wird durch nicht abgebaute Rückstände von Medikamenten sowie Chemikalien aus Haushalten, Gewerbe- und Industriebetrieben geprägt. Sie gelangen primär mit dem gereinigten Abwasser aus Kläranlagen in den Fluss. Doch bei der letzten Messstation vor der Kantonsgrenze in Murgenthal erreicht auch der mittlere Summenwert der Pestizidkonzentrationen von mehr als 0,1 Mikrogramm pro Liter ($\mu\text{g/l}$). Dieser – aufgrund der grossen Verdünnung – vergleichsweise tiefe Gehalt könnte leicht über

Maximaler Anteil des gereinigten Abwassers bei Niedrigwasser an sechs Messstellen vom Auslauf des Thunersees bis zur aargauischen Kantonsgrenze.

Messstellen von Mikroverunreinigungen in der Aare



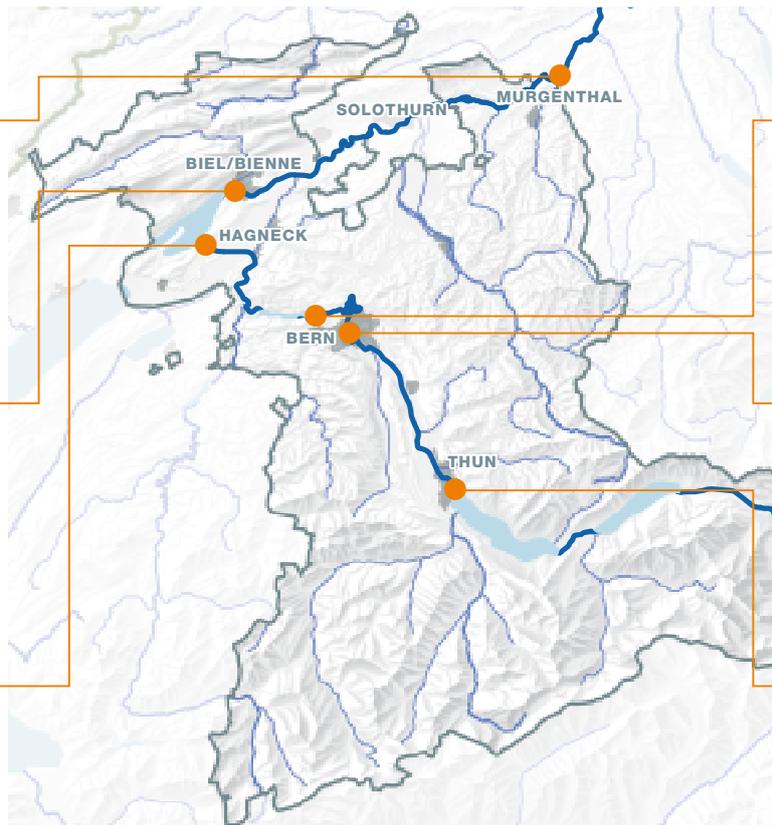
Murgenthal – 6,9%



Biel, Seeauslauf – 5,8%



Hagneck – 5,4%



nach Bern, Eymatt – 8,3%

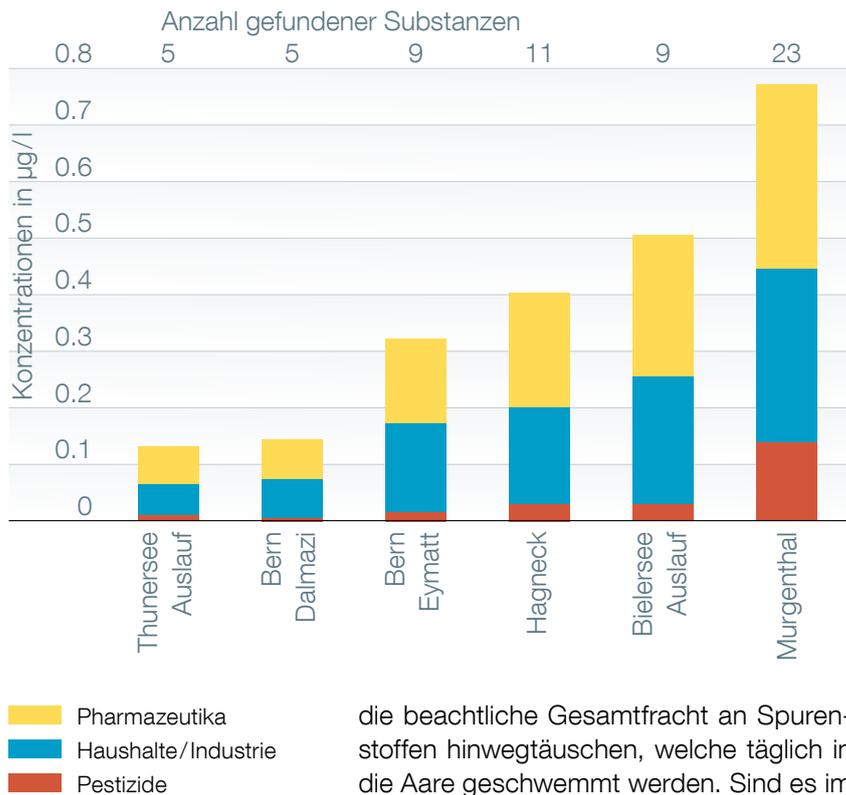


vor Bern, Dalmazi – 4,1%



Thun, Seeauslauf – 1,4%

Mikroverunreinigungen in der Aare



Flussabwärts nehmen in der Aare sowohl die Konzentrationen als auch die Anzahl der nachgewiesenen Mikroverunreinigungen zu. Sie sind hier in 3 Substanzgruppen eingeteilt. Untersucht wurden gemäss NAWA-Programm gesamthaft 63 Substanzen, nämlich 42 Pestizide, 5 Haushalts-/Industriechemikalien und 16 Pharmazeutika.

die beachtliche Gesamtfracht an Spurenstoffen hinwegtäuschen, welche täglich in die Aare geschwemmt werden. Sind es im Auslauf des Thunersees durchschnittlich 2 kg pro Tag, steigt die Menge bis zur Mündung in den Bielersee bei Hagneck auf 8 kg, und in Murgenthal erreichen bereits 16 kg die Kantonsgrenze. Mit der Fracht nimmt entlang des Flusses auch die Vielfalt der gefundenen Stoffe zu. Während das GBL in Thun lediglich 5 Substanzen bestimmen konnte, sind es an der letzten Station auf bernischem Gebiet deren 23. Darunter finden sich 14 Pestizide, 5 Pharmazeutika und 4 typische Abwasserindikatoren mit einer Gesamtkonzentration von 0,7 µg/l.

Insbesondere die Pestizide wirken sich auf die Beurteilung der Wasserqualität aus, da ihre Wirkstoffe auch Wasserpflanzen und tierische Organismen beeinträchtigen können. Bei einer Einzelprobe im Juni 2018 überschritten in Murgenthal gleich zwei Herbizid-Wirkstoffe aus der Landwirtschaft den Grenzwert der eidgenössischen Gewässerschutzverordnung (GSchV) von 0,1 µg/l. So lagen die Gehalte für Terbutylazin mit 0,14 µg/l und für Metolachlor mit 0,13 µg/l über dieser Limite. Zusätzlich fand man auch das stärker toxisch wirkende Herbizid Nicosulfuron in Mengen von 0,013 µg/l. Gemäss dem Modulstufenkonzept des Bundes müsste die Aare an der Kantonsgrenze zum fraglichen Messzeitpunkt folglich als chronisch gefährdet taxiert werden – und zwar aufgrund einer

unbefriedigenden Wasserqualität der Stufe 4 (orange). In diesem Konzentrationsbereich lassen sich negative Auswirkungen auf aquatische Lebewesen nicht mehr ausschliessen.

Da es sich um Stichproben handelt, sind keine verlässlichen Aussagen zur Dauer dieser Konzentrationen sowie zur Fracht möglich. Grobe Abschätzungen stimmen allerdings nachdenklich. So belief sich der durchschnittliche Abfluss der Aare bei Murgenthal im Juni 2018 auf 330 Kubikmeter pro Sekunde. Eine Pestizid-Konzentration von 0,1 µg/l entspricht somit einer beachtlichen Tagesfracht von knapp 3 kg reinem Wirkstoff.

Erfolgreiche Nachrüstung der ARA Thunersee

Um den problematischen Eintrag von Mikroverunreinigungen in die Gewässer zu reduzieren, verfolgt der Bund unter anderem das Ziel, ausgewählte Abwasserreinigungsanlagen (ARA) bis 2035 mit einer vierten Reinigungsstufe auszustatten. Als erste Anlage im Kanton Bern ist die ARA Thunersee in Uetendorf entsprechend ausgerüstet worden. Nach einer umfangreichen Evaluations-, Planungs- und Bauphase hat sie im Sommer 2018 den Routinebetrieb aufgenommen. Dabei wird das Abwasser nach der biologischen Reinigung während etwa einer Stunde mit Pulveraktivkohle behandelt. Nachdem sich die mit Spurenstoffen beladenen Filterpartikel abgesetzt haben, gelangt das gereinigte Abwasser – nach einer abschliessenden Sandfiltration – direkt in die Aare.

Die Investitionskosten für die Nachrüstung beliefen sich auf 19 Millionen Franken und verteuern den ARA-Betrieb jährlich um etwa 10 Franken pro angeschlossenen Einwohner. Die Erfolgskontrolle der Reduktionsziele erfolgt anhand der vom Bund definierten 12 Indikatorstoffe. Davon müssen mindestens 6 dieser Substanzen mit einem Anteil von mehr als 80 Prozent zurückgehalten werden. In Zusammenarbeit mit dem GBL hat man die Reinigungsleistung der neuen Anlage im August 2018



überprüft. Dazu erfolgte während zwei Wochen ein Vergleich von 48-Stunden-Mischproben aus dem Zulauf der ARA mit solchen aus dem Auslauf.

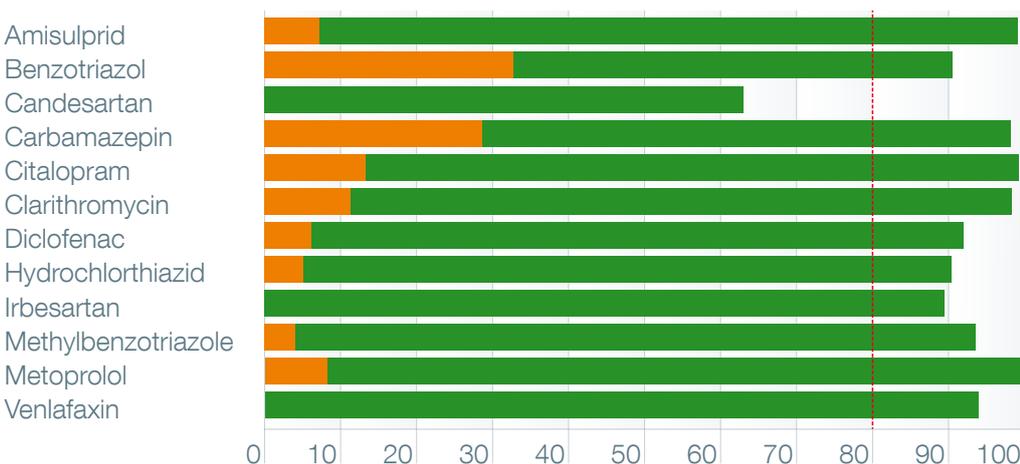
Wie die Ergebnisse zeigen, erfüllt die Reinigungsleistung der nachgerüsteten ARA Thunersee die Vorgaben des Bundes bei weitem. So wird zum Beispiel das früher nur zu 10 Prozent zurückgehaltene Arzneimittel Metoprolol, welches verbreitet zur Behandlung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen eingesetzt wird, inzwischen beinahe vollständig aus dem Abwasser entfernt. Vor der Aufrüstung liessen sich einige Substanzen überhaupt nicht oder kaum eliminieren. Dazu gehören etwa der blutdrucksenkende Wirkstoff Irbesartan oder das Antidepressivum Venlafaxin.

Nun erreichten die Mittelwerte der Reduktionsraten über den gesamten Zeitraum von zwei Wochen in 11 von 12 Fällen nahezu 90 Prozent oder sogar deutlich mehr. Lediglich der Blutdrucksenker Candesartan konnte nur zu 60 Prozent abgeschieden werden.

Auch bei Regenwetter, wenn der neue Anlagenteil das anfallende Abwasser nicht vollständig behandeln kann, wird eine Gesamteliminationsleistung von 80 Prozent oder mehr erreicht. Dies war zum Beispiel nach starken Niederschlägen am 13. und 14. August 2018 der Fall, als 12 Prozent des Abwassers ohne Aktivkohlebehandlung in die Aare gelangten.

Als erste Kläranlage im Kanton Bern verfügt die ARA Thunersee in Uetendorf über eine vierte Reinigungsstufe zur Eliminierung der Mikroverunreinigungen. Durch die Behandlung des Abwassers mit Pulveraktivkohle wird die Aare deutlich von solchen Spurenstoffen entlastet. Foto: ARA Thunersee, Michael Rindlisbacher

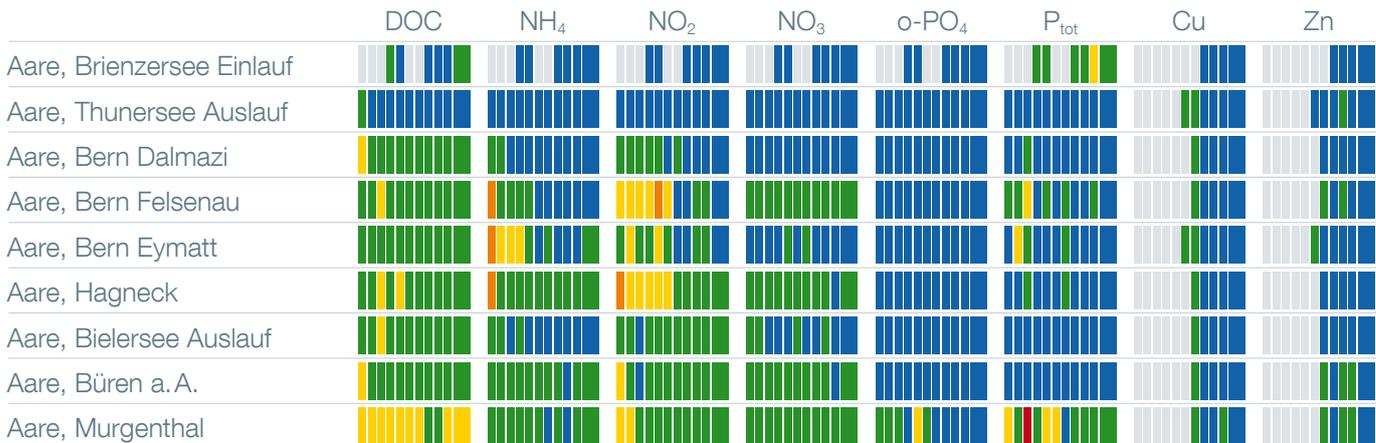
Eliminationsleistung der ARA Thunersee



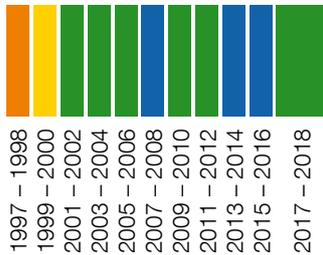
Durchschnittliche prozentuale Eliminationsleistung der ARA Thunersee für Mikroverunreinigungen vor und nach der Aufrüstung mit einer vierten Reinigungsstufe. Die rote Linie markiert das vom Bund vorgegebene Reduktionsziel.

■ Elimination vor Aufrüstung
■ Elimination nach Aufrüstung

Belastung der Aare mit Nährstoffen und ausgewählten Schwermetallen an den Hauptmessstellen von 1997–2018



Datenreihe der Messungen



Erklärung der Abkürzungen

- DOC = Gelöster organischer Kohlenstoff
- NH₄ = Ammonium
- NO₂ = Nitrit
- NO₃ = Nitrat
- o-PO₄ = ortho-Phosphat
- P_{tot} = Gesamtphosphor
- Cu = Kupfer
- Zn = Zink

Gewässerbelastung

- sehr guter Zustand
- guter Zustand
- mässiger Zustand
- unbefriedigender Zustand
- schlechter Zustand
- keine Messung

Entwicklung der Belastung des Aarewassers mit Nährstoffen und weiteren Messgrössen seit 1997. Die aktuellsten Resultate sind jeweils rechts mit einem breiten Balken dargestellt. Für die grau markierten Felder liegen keine Messungen vor.

Insbesondere die Aufrüstung der ARA Bern und weiterer grosser Kläranlagen an der Aare und ihren wichtigen Zuflüssen wird den Eintrag von problematischen Spurenstoffen aus häuslichem und industriellem Abwasser in den nächsten Jahren deutlich verringern. Sofern auch die Landwirtschaft wirkungsvolle Massnahmen an der Schadstoffquelle trifft und ihren Pestizideinsatz merklich reduziert, werden diese Fortschritte zu einer spürbaren Verbesserung der Wasserqualität führen und damit auch die Lebensader im Kanton Bern aufwerten.

Ausbau des Aare-Monitorings

Um ein umfassenderes Bild zu gewinnen, wird das GBL den Verlauf der Konzentrationen von organischen Mikroverunreinigungen in der Aare künftig verstärkt verfolgen. Dazu installiert es derzeit entlang des Flusses ein Netz von fixen Messstationen mit automatischen Probenehmern, die kontinuierlich Wasserproben sammeln. Die Analysen im Labor erfolgen mit einer neuartigen Messtechnik, die es ermöglicht, unzählige Substanzen ohne vorherige Auswahl gleichzeitig zu messen. Mit diesen Screenings fallen grosse Datenmengen an, die sich auch als Archiv nutzen lassen. So können Fachleute selbst Jahre nach den Probenahmen Substanzen entdecken, die heute zwar noch unbekannt, aber in den Datensätzen bereits enthalten sind. Zudem bietet sich die Chance einer Auswertung der Messreihen mit statistischen Methoden, um langfristige Trends zu erkennen oder auch kurzzeitige Ereignisse – wie die illegale Entsorgung von Produkten – aufzuspüren. Die Screening-Technik eröffnet

neue Perspektiven für die Überwachung der Aare, doch die Auswertungen sind zeitintensiv. Deshalb werden derzeit Methoden entwickelt, um einzelne Prozesse dieses Screenings zu automatisieren. Die Einführung der neuen Messtechnik für das erweiterte Aare-Monitoring ist 2020 geplant.

Chemische Untersuchungen

Entlang der Aare befinden sich 9 von insgesamt 23 kantonalen Hauptmessstellen zur Überwachung der Fließgewässerqualität. Die hier ermittelten Schwermetalle Kupfer und Zink stellen bereits seit Beginn der Erhebungen durch das GBL kein Problem dar. Auch bezüglich der Nährstoffe entspricht das Aarewasser an allen Messstellen einem guten bis sehr guten Zustand. Die einzige Ausnahme bildet die allgemeine organische Belastung (DOC) am Standort Murgenthal, wo die Wasserqualität nur als mässig taxiert wird, weil der DOC-Gehalt die Vorgabe des Bundes von 2 Milligramm pro Liter (mg/l) knapp nicht erreicht. Ähnlich wie bei den organischen Mikroverunreinigungen ist im Längsverlauf der Aare auch bei den Nährstoffen eine leichte Verschlechterung der Wasserqualität erkennbar. Generell sind die Konzentrationen jedoch seit Jahren sehr konstant, und es ist kein Anstieg zu beobachten.

Biologische Untersuchungen

2008 liess das AWA die am Gewässergrund lebenden wirbellosen Organismen (Makrozoobenthos), welche von blossen Auge erkennbar sind, in der Aare zwischen



Thuner- und Bielersee erstmals untersuchen. Nun führte man die gleiche Erhebung an neun Standorten im Frühjahr 2018 zum zweiten Mal durch. Auf dem 78 Kilometer langen Flussabschnitt unterliegt das Gewässer einer Vielzahl von menschlichen Einflüssen, die sich stark auf die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften auswirken. So ist als Folge der Wasserkraftnutzung mehr als ein Drittel des Flusslaufs staubeeinflusst, und bei einem Fünftel handelt es sich um Restwasser- oder Ausleitungsstrecken. Dabei kann man grob drei Abschnitte mit ähnlichem Charakter unterscheiden.

Zwischen Thun und Bern fliesst die Aare zwar mit vollem Abfluss, ist aber weitgehend begradigt und in ein kanalartiges Bett eingezwängt. Unter Berücksichtigung der Seitengewässer leiten sechs Kläranlagen ihr gereinigtes Abwasser in diesen Abschnitt ein. Zudem ist das Einzugsgebiet durch eine intensive landwirtschaftliche Nutzung geprägt. Hier leben mehrere schweizweit seltene Arten sowie zahlreiche Charakterarten der grossen Voralpenflüsse. Die Gemeinschaft der Wasserorganismen zeichnet sich deshalb durch einen hohen Anteil an Eintags-, Stein- und Köcherfliegen aus.

Im Raum Bern bis zum Wohlensee ist der kurvenreiche Aarelauf durch die Wasserkraftwerke Matte, Felsenau und Mühleberg geprägt, so dass sich gestaute Abschnitte

und Restwasserstrecken abwechseln. Zudem wird der Fluss in diesem Bereich durch die Einleitung des gereinigten Abwassers aus den zwei grossen ARA Worblental und Bern beeinflusst. Zwar kommen im betreffenden Abschnitt viele der für einen Vorgebirgsfluss typischen Arten vor, doch fällt die Artendichte insgesamt eher gering aus.

Unterhalb des bei Mühleberg gestauten Wohlensees folgt auf einen kurzen freifliessenden Abschnitt eine Reihe von Stauhaltungen, Staustufen und kanalartigen Strecken. Der Aarelauf wird hier einerseits durch die Wasserkraftwerke Niederried, Aarberg und Hagneck beeinflusst und andererseits durch die Umleitung in den Bielersee via den künstlich angelegten

Die Taucherin und das Probennehmergerät sind mit Seilen gesichert, der Sicherheitstaucher ist startbereit.

Schweres Gerät zur Beprobung der Wasserwirbellosen am Flussgrund. Durch die oberen Öffnungen wird der Flussgrund aufgewirbelt. Die Strömung durch die seitliche Öffnung treibt die Kleinorganismen ins Netz.





- Messstelle
- Stauwehr
- Staustrecke
- Restwasserstrecke
- Schwall-Sunk

Zwischen dem Thuner- und Bielersee ist die Aare stark durch die Elektrizitätsgewinnung charakterisiert. Diese wirkt sich erheblich auf die Artenzusammensetzung und Dichte der Wasserorganismen aus, wie die Erhebungen an den neun Untersuchungsstandorten (grün) zeigen.

Biologische Erhebung der Wasserwirbellosen mit Standardmethoden im Uferbereich. Das Kicknetz fängt die mit den Stiefeln aufgewirbelten Kleintiere auf.

Hagneckkanal. Eine bedeutende Rolle für die Wasserwirbellosen spielen zudem der Restwasserabfluss und Schwall-Sunk-Effekte in der Saane unterhalb der Stauwehr bei Schiffenen (FR) infolge des Kraftwerkbetriebs. Diese Bedingungen führen zu einer stark veränderten Makrozoobenthos-Gemeinschaft. Viele für die Aare typischen Arten fehlen, dafür kommen in den Staubereichen zahlreiche Stillwasserarten vor, die für den Fluss sonst untypisch sind.

Aufwendige Probenahmen

Die biologischen Untersuchungen von grossen Fliessgewässern sind sehr aufwendig. Weil die relativ einfach zugänglichen Uferzonen nicht alle Lebensräume der Aare



abdecken, braucht es auch Probenahmen in den tieferen Bereichen der Flussmitte. Dafür kommen nur Tauchgänge bei niedrigen Abflüssen in Frage. Um nicht von der reissenden Strömung einer Schneeschmelze überrascht zu werden, starteten die Erhebungen an den neun Standorten deshalb bereits Ende Februar 2018 – und zwar bei eisigen Temperaturen, Schneegestöber und dichtem Nebel.

Neben den Wasserwirbellosen entnehmen die Taucher dem Aaregrund auch Steine aus den verschiedenen Bereichen des Gewässers. Davon konnte man Proben für die Bestimmung der Kieselalgen abkratzen. Die Beurteilung der Wasserqualität anhand dieser Algengruppe erbrachte durchwegs gute bis sehr gute Werte, auch wenn in der Fliessrichtung eine leichte Verschlechterung der Gewässerqualität festzustellen ist. Hauptgründe dafür sind die Einleitungen von Kläranlagen und Strassenabwasser sowie Hochwasserentlastungen.

Grosse Artenvielfalt der Wasserwirbellosen

Im zeitlichen Verlauf hat sich der Gesamtzustand des Makrozoobenthos in der oberen Aare zwischen 2008 und 2018 nur wenig verändert. So sind zum Beispiel keine Beeinträchtigungen der Gewässerfauna durch Einleitungen von Kläranlagen zu erkennen, auch wenn unterhalb der ARA Worblental ein erhöhtes Algenwachstum auffällt.



Die Wirbellosen zeichnen sich nach wie vor durch eine hohe Vielfalt aus, wie der Nachweis von 40 bis 73 unterschiedlichen Arten an den Untersuchungsstandorten zeigt. Pro Quadratmeter leben bis zu 20'000 Individuen. Mengenmässig dominieren dabei an den meisten Stellen Larven von Zweiflüglern (Dipteren) sowie Krebstiere (Crustaceen). Der an diversen Orten beobachtete Rückgang der Dipteren dürfte ein Effekt der Hochwasser im Januar 2018 sein. Dadurch sind nämlich weniger strömungsangepasste Individuen teilweise abgeschwemmt worden. Im freifliessenden Aareabschnitt bis Bern kann man eine Zunahme der Eintagsfliegenlarven und eine leichte Abnahme der Steinfliegenlarven feststellen. Zudem treten die Bachflohkrebse (Gammariden) an fast allen Standorten häufiger auf als noch 2008. Auffällig ist auch die verstärkte Besiedlung der staubeeinflussten Flussstrecken unterhalb von Bern – mit erhöhten Anteilen an Feinsedimenten – durch Wenigborster (Oligochaeten), eine Unterklasse der Gürtelwürmer, sowie durch Schnecken. Muscheln haben im Unterlauf zwar ebenfalls zugelegt, spielen aber bislang noch eine untergeordnete Rolle.

Strömungsliebende Arten im Vorteil

Seit die Kander vor über 300 Jahren in den Thunersee umgeleitet wurde, besteht im Aareabschnitt unterhalb von Thun ein Ge-

schiebedefizit. Zudem hat die spätere Begradigung das Gefälle erhöht, so dass sich das Flussbett – vor allem bei hohen Abflüssen – immer weiter eintieft. Inzwischen liegt die Gewässersohle bereits bis zu 8 Meter unter dem beim ersten Wasserbauprojekt geplanten Niveau. In Kombination mit dem Winterhochwasser von 2018 begünstigt diese Entwicklung eine allgemeine Zunahme von strömungsliebenden Arten auf Kosten der strömungsmeidenden Organismen. Ähnliche Auswirkungen sind neuerdings auch im Bereich der Probestelle Halenbrücke bei Bern zu beobachten. Offenbar hat sich die Stauwurzel durch die fortschreitende Verlandung des Wohlensees flussabwärts verschoben. Hier führen die Geschiebeablagerung und die dadurch bedingte Verengung des Gerinnes zu höheren Fliessgeschwindigkeiten, womit die Auswirkungen des Rückstaus nicht mehr bis zur Halenbrücke reichen.

Geringe Besiedlung mit eingeschleppten Arten

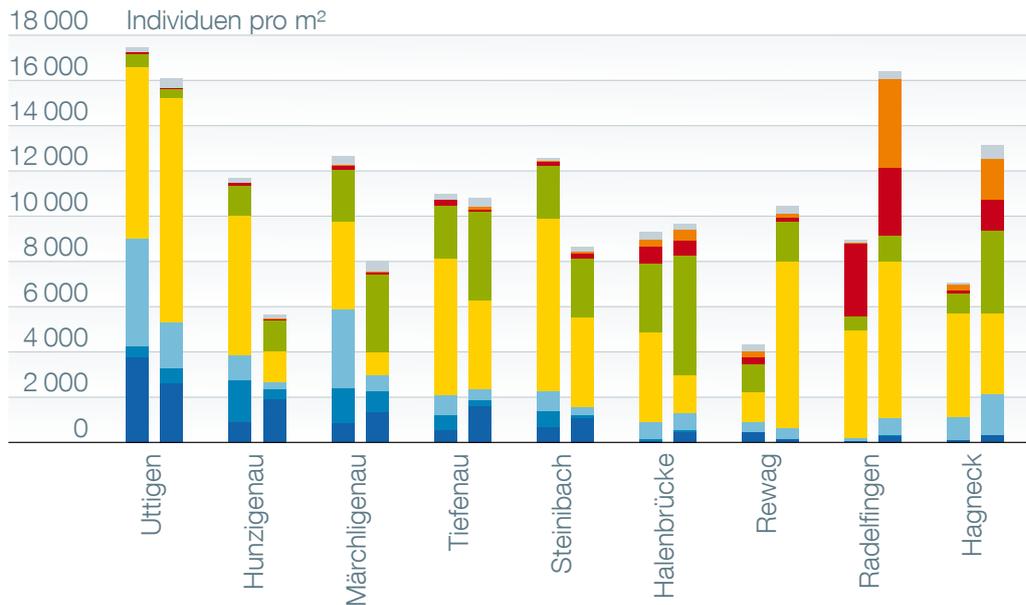
Im Gegensatz zum Hochrhein und zur Aare unterhalb des Bielersees ist der untersuchte Flussabschnitt zwischen Uttigen und Hagneck weiterhin erst gering mit eingeschleppten, ortsfremden Arten (Neozoen) besiedelt. Ihr Vorkommen nimmt zwar auch hier zu, vermag die bestehende Lebensgemeinschaft von Pflanzen und Tieren allerdings (noch) nicht zu beeinflussen.

Die Begradigung der Aare unterhalb von Thun hat die Strömungsverhältnisse im Fluss stark verändert. Aufweitungen des Gerinnes – wie hier in der Hunzigenau bei Rubigen – verbessern die Lebensraumvielfalt für Wasserorganismen.

Wasserwirbellose in der Aare

Zusammensetzung der Wirbellosenfauna am Gewässergrund der Aare an den neun Untersuchungsstandorten im 10-Jahres-Vergleich, links 2008 und rechts 2018.

- Eintagsfliegen
- Steinfliegen
- Köcherfliegen
- Fliegen und Mücken
- Krebstiere
- Würmer
- Muscheln/Schnecken
- übrige Gruppen



Im Stadtgebiet von Bern konnte man erstmals Donauasseln nachweisen, was auf eine punktuelle Einschleppung hindeutet. Diese Art erweist sich in der Schweiz jedoch bisher als unproblematisch. Neu ist die Aare an den Untersuchungsstandorten Radelfingen und Hagneck zudem auch mit der Körbchenmuschel besiedelt. Ihre Ausbreitung war zu erwarten, da sie bereits seit über zehn Jahren im Bielersee vorkommt. Das AWA geht vor allem in den sandigen Flussbereichen der Aare von einer weiteren Ausbreitung aus, wobei die eingeschleppte Muschel insbesondere im Wohlensee hohe Dichten erreichen könnte. Ebenfalls zugenommen hat die Verbreitung der kleinen Neuseeländischen Sumpfpfedeckelschnecke, die nun flussaufwärts bis zur Hunzigenau

nachgewiesen wird, ohne indes ein invasives Verhalten zu zeigen.

In der Aare leben verschiedene eingeschleppte Tierarten. Dazu gehören von oben links im Uhrzeigersinn: Donauassel (*Jaera sarsi*), Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*), Tigerplanarie (*Dugesia tigrina*), Dreikant- oder Zebrauschnecke (*Dreissena polymorpha*).
Fotos: HYDRA, Peter Rey.

Untersuchung der Sedimente

Bei den Erhebungen für die biologische Beurteilung entnahm man der Aare an den gleichen Stellen auch Proben der Sedimente. Deren Qualität ist für den Gewässerlebensraum von grosser Bedeutung. Allerdings existieren in der Schweiz vorderhand noch keine gesetzlich festgelegten Beurteilungskriterien. Deshalb stützte man sich bis anhin auf die Zielwerte für Schwebstoffe der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR). Mit Ausnahme von zwei Stellen mit leicht erhöhten Kupfergehalten ist die Schwermetall-Belastung der Aare-Sedimente gering. Die ermittelten Konzentrationen haben denn auch keinen negativen Einfluss auf die Wasserorganismen.

Weitere Informationen

Bericht:
www.be.ch/awa > Gewässerqualität
> Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Thun und Bielersee 2018





Kleingewässer stehen teils unter hohem Druck

Vor allem in den Bächen des intensiv genutzten Mittellandes haben Fische und weitere Wasserlebewesen einen schweren Stand. Sie leiden unter abgeschwemmten Pestiziden aus der Landwirtschaft, vielfältigen Schadstoffen aus der Siedlungsentwässerung und den tendenziell steigenden Wassertemperaturen. Die chemischen und biologischen Untersuchungen des GBL dokumentieren den Zustand der Fliessgewässer und offenbaren ihre ökologischen Defizite.

Gegen Ende September 2018 bietet sich am Südhang des Frienisbergs bei Meikirch – im Nordwesten von Bern – zum wiederholten Mal ein trauriges Bild. Mitglieder der lokalen Chräbsbach-Vereinigung sammeln im gleichnamigen Kleingewässer gegen 700 tote Forellen ein. Zum dritten Mal innerhalb von vier Jahren ist der Bestand der empfindlichen Edelfische damit auf einem Gewässerabschnitt von mehreren Kilometern komplett ausgelöscht worden. Und einmal mehr bleiben die genauen Ursachen der Fischvergiftung im Dunkeln.

Ein typischer Mittellandbach

Aufgrund der Problematik hat das AWA den im Bösmattmoos bei Meikirch entspringenden Chräbsbach in den letzten Jahren vertieft untersucht. Das Kleingewässer, welches durch Wohlen und Kirchlindach fliesst

und bei Zollikofen in die Aare mündet, gilt als typischer Mittellandbach mit einem intensiv genutzten Einzugsgebiet. So sind davon knapp 70 Prozent landwirtschaftlich und 9 Prozent durch Siedlungsflächen geprägt.

Oberflächliche Abschwemmungen, Hochwasserentlastungen und Drainagen bilden die Hauptgründe für den Eintrag von Nährstoffen und Chemikalien. Neben diesen chronischen, niederschweligen Belastungen kommt es zudem immer wieder zu akut toxischen Ereignissen, die den Bach – zumindest auf gewissen Strecken – biologisch leerräumen. Gemessen am biologischen Zustand werden daher die gesetzlichen Vorgaben an die Gewässerqualität im Chräbsbach seit Jahren nicht eingehalten, was sich etwa in einer geringen Artenvielfalt und dem Fehlen von empfindlichen Kleinorganismen widerspiegelt. Auch die vieler-

Installation eines automatischen Probennehmers für chemische Analysen des Wassers im Chräbsbach nordwestlich von Bern. Das Einzugsgebiet dieses typischen Kleingewässers im Mittelland wird landwirtschaftlich intensiv genutzt, was unter anderem zu einer starken Belastung des Bachs mit Nährstoffen und Agrochemikalien führt.

Gewässerqualität des Chräbsbachs

Beurteilte Umweltparameter nach MSK	2017	2018	Hinweise auf mögliche Ursachen
Lebensraum (Ökomorphologie)	gelb	gelb	– Verbauung Ufer, – Uferbereich zu schmal
Äusserer Aspekt	gelb	gelb	– leichte Verschlammung, – Kolmation (Sohle verkalkt und ± undurchlässig)
Kieselalgen	blau	grün	– nur wenige Zeigerarten für organische Belastung
fädige Algen, Algenpolster	gelb	gelb	– Stickstoffzeiger, – relativ hohe Deckung
Wasserwirbellose	orange	orange	– geringe Biodiversität – keine empfindliche Arten (IBCH) – nur wenige Zeigerarten für organische Belastung – Artenzusammensetzung zeigt stossweise Pestizidbelastung (SPEAR-Index)

Gewässerqualität gesetzliche Vorgaben	
---------------------------------------	--

Die biologische Beurteilung der Gewässerqualität im Chräbsbach aufgrund von Wasserorganismen als Indikatoren belegt die über längere Zeit auftretenden Defizite in diversen Bereichen.

- sehr guter Zustand
- guter Zustand
- mässiger Zustand
- unbefriedigender Zustand
- schlechter Zustand

orts verbauten Ufer und zu schmale Pufferstreifen entlang des Gewässers führen nur zu einer mässigen Lebensraumqualität.

Zu viele Nährstoffe und Chemikalien

Im Rahmen der 2017 und 2018 durchgeführten regionalen Untersuchungen zur chemischen Wasserqualität hat das GBL auch den Chräbsbach genauer unter die Lupe genommen. Die Resultate zeigen einerseits erhöhte Kupfergehalte in der Wasserphase und andererseits ein Übermass an gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC), Nitrat, Gesamtstickstoff, Phosphat und Gesamtphosphor, so dass die Beurteilung auch bezüglich dieser Nährstoffe nur mässig ausfällt.

Ein im Sommer 2018 zusätzlich gestartetes Sonderprogramm zur Ermittlung von organischen Mikroverunreinigungen kam ebenfalls zu ernüchternden Ergebnissen. Während vier Wochen hat das GBL den Chräbsbach mit Hilfe eines automatischen Probenehmers untersucht und diese Proben im Hinblick auf 110 ausgewählte Substanzen analysiert. Dabei ergaben sich Nachweise von insgesamt 38 Spurenstoffen – darunter 18 verschiedene Pestizide, 8 Umwandlungsprodukte von Pflanzen-

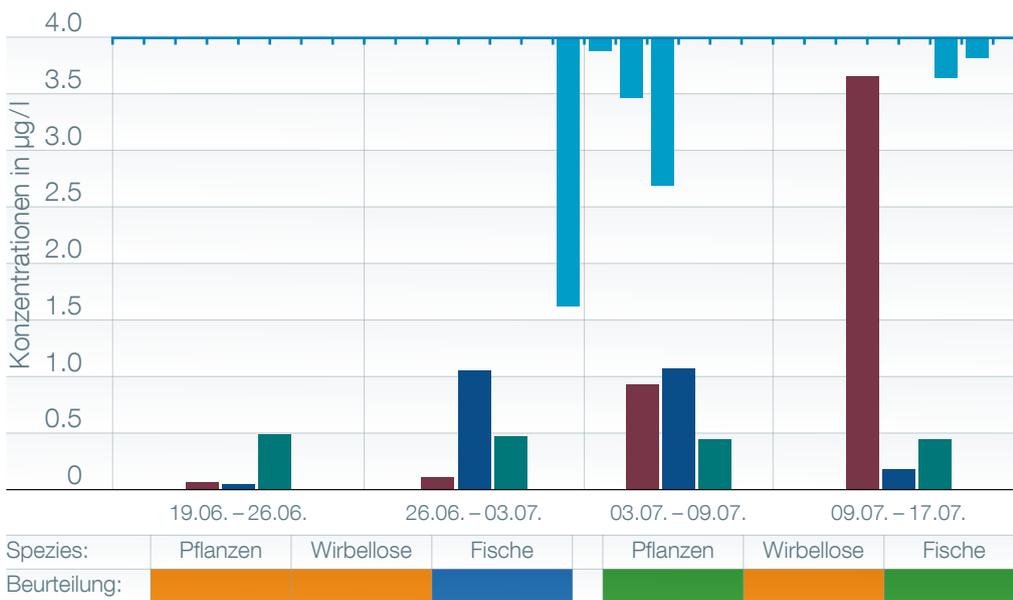
schutzmitteln (PSM), 6 Pharmazeutika, 3 Chemikalien aus Industrie und Haushalten sowie 3 Süsstoffe.

Umwandlungsprodukte von PSM machen die Grundbelastung des Chräbsbachs aus, wobei solche der Herbizide Metolachlor und Chloridazon überwiegen. Die in der Grafik auf Seite 15 in dunkelgrüner Farbe dargestellten Umwandlungsprodukte spiegeln die Belastung des Quell- oder Grundwassers, von dem das Kleingewässer auch während der langen Trockenperiode zehrt. Deshalb bleiben die Konzentrationen über den vierwöchigen Messzeitraum praktisch unverändert und mit 0,5 Mikrogramm pro Liter (µg/l) relativ hoch.

Ohne den starken Gewitterregen am Ende der zweiten Probeweche würden die dunkelblau gekennzeichneten Ergebnisse für die Gesamtfracht der PSM in dieser Messperiode wohl ähnlich ausfallen wie in der ersten Woche. Doch ein starker Gewitterregen am Ende der zweiten Probeweche hat diese Stoffe mobilisiert und mit einer Summenkonzentration von 1 µg/l in den Bach geschwemmt. Die tatsächliche Belastung während des mehrstündigen Gewitters muss aber ungefähr 20 Mal so hoch gewesen sein. Weil nur etwa 5 Prozent der Probemenge vom Regenereignis selbst stammen und der Rest aus der trockenen Zeit davor, sind die Spitzenwerte massiv verdünnt. Die Beurteilung gemäss dem Modul-Stufen-Konzept des Bundes zeigt trotz dieses Verwässerungseffekts eine hohe Belastung – vor allem für Pflanzen.

Da der Regen nach dem Wechsel der Probeflasche anhielt, ermittelte das GBL auch in der dritten Messwoche anhaltend hohe Pestizid-Konzentrationen. Zusätzlich stiess man nun auch auf höhere Stoffmengen aus der Siedlungsentwässerung. Dazu gehören insbesondere Süsstoffe, Haushaltschemikalien und Rückstände von Medikamenten. Diese Siedlungsabwässer gelangen über Hochwasserentlastungen, Leckagen im Kanalisationsnetz oder Fehlschlüsse in die Gewässer. Die Ergebnisse der dritten Probeweche sind typisch für Kleingewässer mit angeschlossenem Siedlungsgebiet. In der vierten Probeweche

Mikroverunreinigungen nach Stoffklassen



Gesamtkonzentrationen der ermittelten Mikroverunreinigungen nach Stoffklassen in Mikrogramm pro Liter – hier in Beziehung zu den relativen Tagessummen von Regenereignissen (obere Skala). Je nach Messperiode der beiden 14-Tages-Sammelproben ergibt die nach Organismengruppen aufgeschlüsselte Beurteilung für Pflanzen und Wirbellose eine unbefriedigende Wasserqualität (Beurteilung gemäss Seite 14).

- Summe Siedlung
- Landwirtschaft PSM
- Landwirtschaft Metaboliten
- Niederschlag

fällt ein starker Anstieg der Konzentrationen von Siedlungschemikalien auf, was in diesem Messzeitraum auf einen hohen Abwasseranteil hindeutet. Der Grund dafür ist unklar, zumal die Regenmengen damals eher gering ausfielen. Das Modul-Stufen-Konzept kommt auch in der zweiten Untersuchungsperiode zu einer kritischen Beurteilung. Ausschlaggebend dafür sind diesmal erhöhte Konzentrationen eines Insektizids und eines Fungizids, welche sich stark negativ auf die Wasserwirbellosen auswirken.

Das GBL wird die Suche nach den Ursachen dieser besorgniserregenden Verhältnisse mit einer erneuten Messkampagne im Jahr 2019 nochmals intensivieren.

Wie das Beispiel des Chräbsbachs zeigt, stehen Kleingewässer im dicht besiedelten und landwirtschaftlich intensiv genutzten Mittelland unter einem hohen Druck durch eine Vielzahl von menschlichen Aktivitäten im Einzugsgebiet. Auch ausserhalb der wichtigsten Anwendungsperiode von PSM und Düngemitteln – zu Beginn der Vegetationszeit im Frühjahr – lassen sich in solchen Bächen zahlreiche Wirkstoffe aus der Landwirtschaft nachweisen, die das aquatische Ökosystem schädigen können. Dazu kommt der Eintrag von unerwünschten Substanzen aus der Siedlungsentwässerung, die zwar oft weniger giftig sind, aber für die Gewässerfauna dennoch eine Belastung darstellen.

Warmes Wasser setzt den Fischen zu

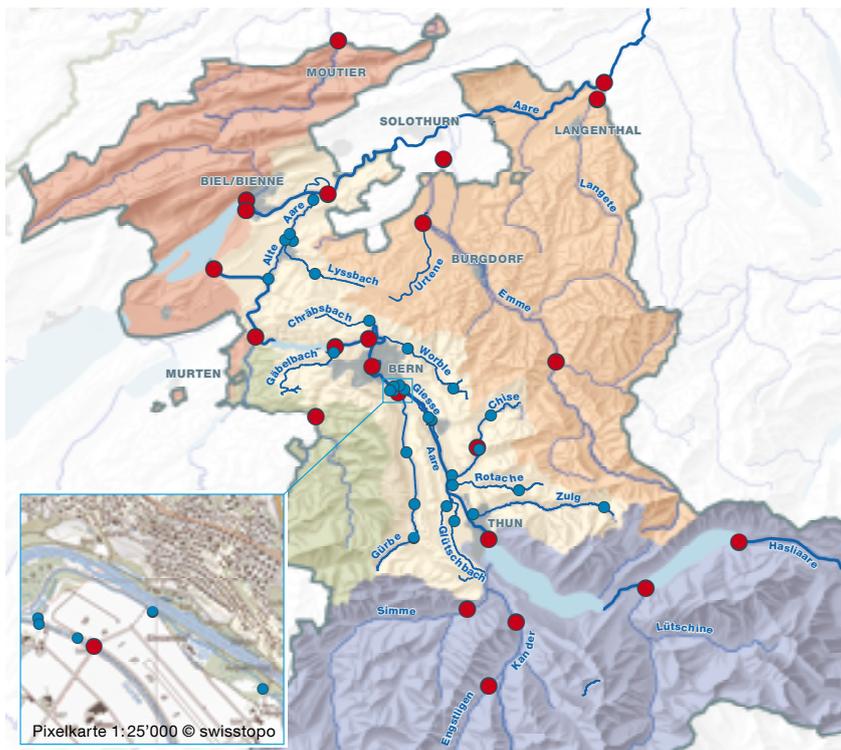
Neben den chemischen Belastungen setzen kälteliebenden Fischarten – wie Bachforelle, oder Äsche – insbesondere auch die in den Sommermonaten zunehmend wärmeren Temperaturen der Fliessgewässer zu. Dies lässt sich am Beispiel der Belper Giesse veranschaulichen, einem von Grundwasser gespeisten Flussnebenlauf in der geschützten Aarelandschaft zwischen Thun und Bern. Er liegt fast vollständig in einem Auenschutzgebiet von nationaler Bedeutung und galt bis zur Mitte der 1990er-Jahre als eines der fischreichsten Gewässer im Kanton Bern.



Bachforellen sind kälteliebend und reagieren empfindlich auf steigende Wassertemperaturen, wie in der Belper Giesse.

Foto: © Michel Roggo





In der Untersuchungsperiode 2017/2018 wurden die Regionalstellen (blaue Punkte) und die Hauptmessstellen (rote Punkte) chemisch und biologisch untersucht.

Messstellen

- Hauptmessstelle
- Regionalmessstelle

- Jura
- Emmental/Oberaargau
- Aaretal
- Sense/Schwarzwasser
- Oberland

Der gegenwärtig sehr geringe Fischbestand veranlasste das GBL – zusätzlich zu den fischereibiologischen Untersuchungen des kantonalen Fischereinspektorats – im Jahr 2018 weitere Abklärungen zu möglichen Ursachen durchzuführen. Dabei erwies sich die chemische Wasserqualität bezüglich Nährstoffen und insbesondere auch Mikroverunreinigungen als gut. Auch die Besiedlung mit wirbellosen Kleinlebewesen zeigt eine mässige bis gute Biodiversität an. Zudem sind weder grosse negative Veränderungen entlang des Gewässerlaufs noch starke Abweichungen im Vergleich zu früheren Untersuchungen erkennbar. Hingegen belegen die Temperaturmessungen an verschiedenen Stellen, dass sich die

Belper Giesse in einem aussergewöhnlich warmen und trockenen Sommer wie 2018 nicht mehr als Refugium für kälteliebende Fischarten eignet. So überschritt der Tagesmittelwert von Anfang Juni bis September 2018 den Schwellenwert von 15 Grad Celsius. Liegt die Wassertemperatur während mehr als 14 Tagen darüber, so kann dies bei Bachforellen zu einer erhöhten Sterblichkeit durch die Nierenerkrankung PKD führen. Während rund drei Wochen ab Ende Juli übertraf zudem sogar das Tagesminimum die obere Grenze des Optimumbereichs von 19 Grad für grössere Bachforellen. Gemäss der Fachliteratur stellen die kälteliebenden Fische unter diesen für sie ungünstigen Bedingungen ihre Nahrungsaufnahme ein. Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist dies eine der Ursachen für den Fischrückgang. Zudem könnte den Beständen wohl auch die Rückkehr des Fischotters in der Region zusetzen.

Auswertung der regionalen Messstellen

In der Erhebungsperiode 2017/2018 standen die wichtigsten Zuflüsse der Aare zwischen Thun und Bern im Fokus der regionalen Untersuchungen. Zusätzlich beprobte das GBL auch den Lyssbach, der in die Alte Aare mündet, sowie den Altarm selbst, welcher unterhalb des Bielersees in die Aare fliesst.

Entwicklung der Wassertemperatur in der Belper Giesse vor ihrer Mündung in die Gürbe im Jahr 2018:

- Das Tagesminimum überschreitet die Obergrenze der Optimumtemperatur für Forellen.
- Das Tagesmittel überschreitet während mehr als 14 aufeinanderfolgenden Tagen den Schwellenwert von 15 Grad Celsius.

- Tagesminimum
- Tagesmittel
- Tagesmaximum
- Obergrenze Optimum
- PKD-Schwellenwert

Entwicklung der Wassertemperatur 2018 in der Belper Giesse



Belastung der Gewässer an den Regionalmessstellen

Gewässer	Ort	DOC	Ammonium-Stickstoff	Nitrat-Stickstoff	Nitrit-Stickstoff	Gesamtstickstoff	Ortho-Phosphat	Gesamtphosphor	Blei gelöst	Cadmium gelöst	Chrom gelöst	Kupfer gelöst	Nickel gelöst	Quecksilber gelöst	Zink gelöst	Äusserer Aspekt	DICH	IBCH	SPEAR
Alte Aare	Aarberg, Dorf															sehr guter Zustand			
Alte Aare	Aarberg, unterhalb								Wasser										
Alte Aare	Lyss, ob ARA															sehr guter Zustand			
Alte Aare	Lyss, nach ARA															guter Zustand			
Alte Aare	Meienried															guter Zustand			
Amletzbach	Uetendorf/Änteried															guter Zustand			
Chräbsbach	Reichenbach, oberhalb															guter Zustand			
Giesse Münsingen	Tägermatte															guter Zustand			
Giesse Belp	Campagna oberhalb															guter Zustand			
Giesse Belp	oberhalb Fischzucht															guter Zustand			
Giesse Belp	nach Fischzucht															guter Zustand			
Giesse Belp	Selhofen															guter Zustand			
Gäbelbach	Eymatt, vor Brücke															guter Zustand			
Glütschbach	Uetendorf bim Bach															guter Zustand			
Gürbe	Bluemisteibrügg															guter Zustand			
Gürbe	Burgstein															guter Zustand			
Gürbe	Toffen, nach ARA															guter Zustand			
Gürbe	Belpmatten Brücke															guter Zustand			
Gürbe	Selhofen															guter Zustand			
Chise	Mirchel															guter Zustand			
Chise	nach Freimettigen, Steg															guter Zustand			
Chise	oberhalb Autobahnsteg															guter Zustand			
Lyssbach	Bundkofen															guter Zustand			
Lyssbach	Fulenmatt															guter Zustand			
Rotache	Brücke bei Kreuzberg															guter Zustand			
Rotache	vor Mündung															guter Zustand			
Richigebach	Richigen															guter Zustand			
Worble	Bolligen/Ittigen															guter Zustand			
Zulg	Innereriz															guter Zustand			
Zulg	vor Mündung															guter Zustand			

In Bezug auf ihre Einzugsgebiete, die Struktur und die ermittelten Belastungen sind die erfassten Fließgewässer sehr unterschiedlich. Verallgemeinernd lässt sich dennoch feststellen, dass die Schwermetall-Konzentrationen an den meisten Messstellen eher gering ausfallen. An einzelnen Standorten – wie am Amletzbach, Chräbsbach, Lyssbach und an der Rotache – ermittelte das GBL in der Wasserphase jedoch erhöhte Kupfergehalte. Diese sind häufig auf Einträge bei Regen zurückzuführen, sei es durch Entlastungen im Kanalnetz oder durch Abschwemmungen von Dächern und Strassen. Aufgrund der geringen Sediment-Belastungen kann man aber davon aus-

gehen, dass solche Einträge nicht kontinuierlich stattfinden. Lediglich an einer Stelle in der Alten Aare stiess das GBL am Gewässergrund auf erhöhte Zinkgehalte, was sich mit der Platzentwässerung eines nahen Industriebetriebs erklären lässt.

Hinsichtlich der Nährstoff-Konzentrationen trifft man im Untersuchungsgebiet auf praktisch saubere Fließgewässer wie die Zulg, aber auch auf eher belastete Bäche wie den Amletzbach mit seinen stark erhöhten DOC-, Phosphat- und Gesamtphosphor-Werten sowie einer übermässigen Nitrit-Belastung. Doch an sämtlichen übrigen Messstellen erfüllen die Gehalte der fisch-

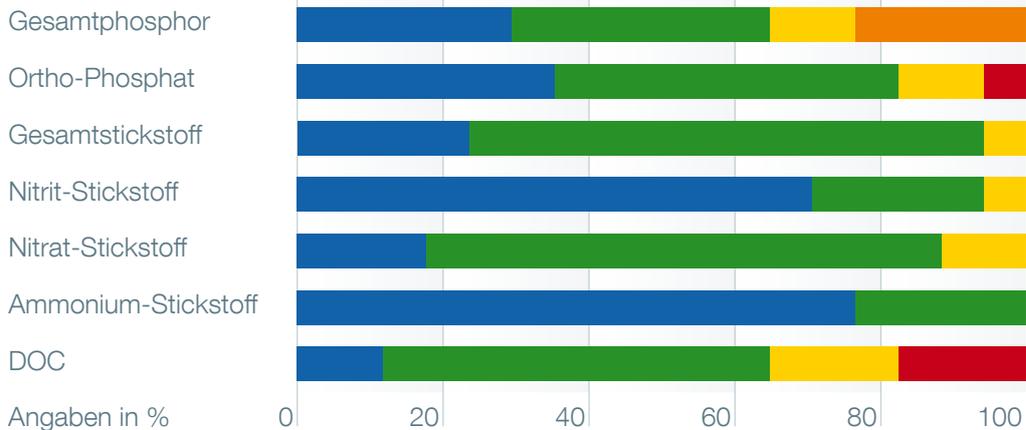
Auswertung der chemischen und biologischen Parameter an den regionalen Messstellen nach dem Modul-Stufen-Konzept des Bundes.

- sehr guter Zustand
- guter Zustand
- mässiger Zustand
- unbefriedigender Zustand
- schlechter Zustand
- keine Messung
- Sediment ■ Wasser

Nährstoffbelastung der kleinen Aare-Nebenflüsse

Bewertung der kleinen Aare-Nebenflüsse bezüglich der Nährstoffbelastung, gemessen am Prozentanteil der jeweiligen Zustandsklassen. Etwa ein Drittel der untersuchten Gewässer kann die gesetzlichen Anforderungen für den Gesamtphosphor- und DOC-Gehalt nicht erfüllen.

- sehr guter Zustand
- guter Zustand
- mässiger Zustand
- unbefriedigender Zustand
- schlechter Zustand



toxischen Substanzen Nitrit und Ammonium erfreulicherweise die gesetzlichen Anforderungen. In der Rotache weist das Wasser von Natur aus hohe DOC-Konzentrationen auf, weil ihre Quelle in einem Moorgebiet liegt.

Zeugnis der Umwelteinflüsse über längere Zeiträume ab. So kann ihre Abwesenheit zum Beispiel nicht mehr chemisch messbare oder zu beobachtende Ereignisse anzeigen.

Biologische Beurteilung der regionalen Messstandorte

Die wirbellosen Kleinlebewesen (Makrozoobenthos) sind wichtige biologische Indikatoren für die Lebensraum- und Wasserqualität der Fließgewässer. Sie besiedeln die Lückenräume der Gewässersohle sowie Wasserpflanzen und Holzstrukturen. Durch ihre relativ lange Lebensdauer legen sie

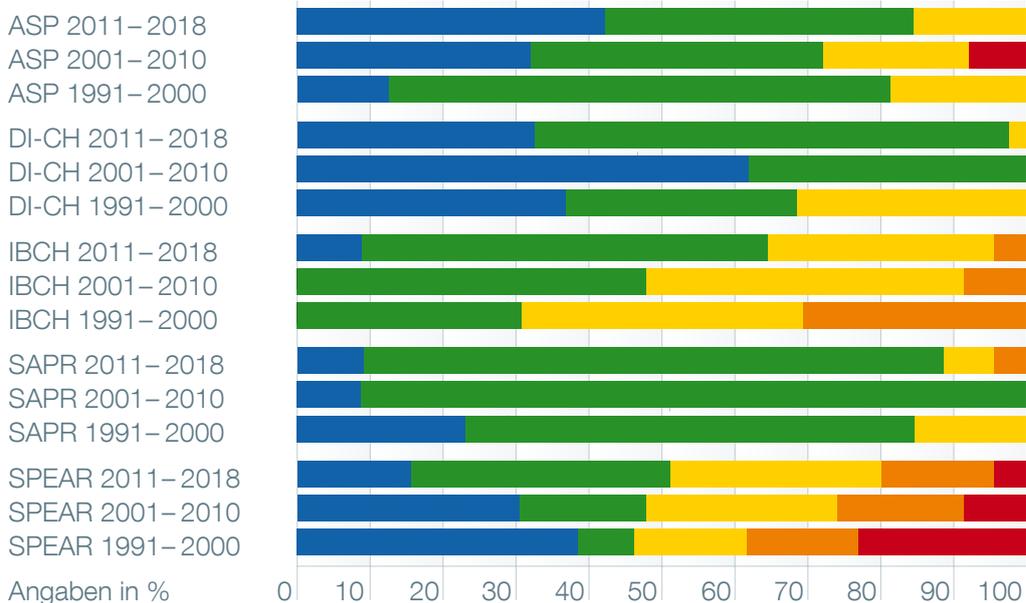
Aufgrund ihrer Artenzusammensetzung lassen sich verschiedene Indizes zur Wasserqualität bestimmen. Während der seit langer Zeit eingesetzte Saprobienindex (SAPR) vor allem die organische Belastung widerspiegelt, charakterisiert der umfassendere und vom Bund aktuell empfohlene Makrozoobenthos-Index (IBCH) neben der Wasserqualität auch die Lebensraumstruktur.

Die heterogenen Umwelteinflüsse in den Einzugsgebieten der Zuflüsse zum Aaretal

Prozentuale Anteile der Zustandsklassen für die biologische Bewertung der kleineren Aare-Zuflüsse anhand verschiedener Indizes im Vergleich von jeweils drei Jahrzehnten.

- ASP Äusserer Aspekt
- DI-CH Kieselalgen-Index
- IBCH Makrozoobenthos-Index
- SAPR Saprobien-Index
- SPEAR Pestizid-Index

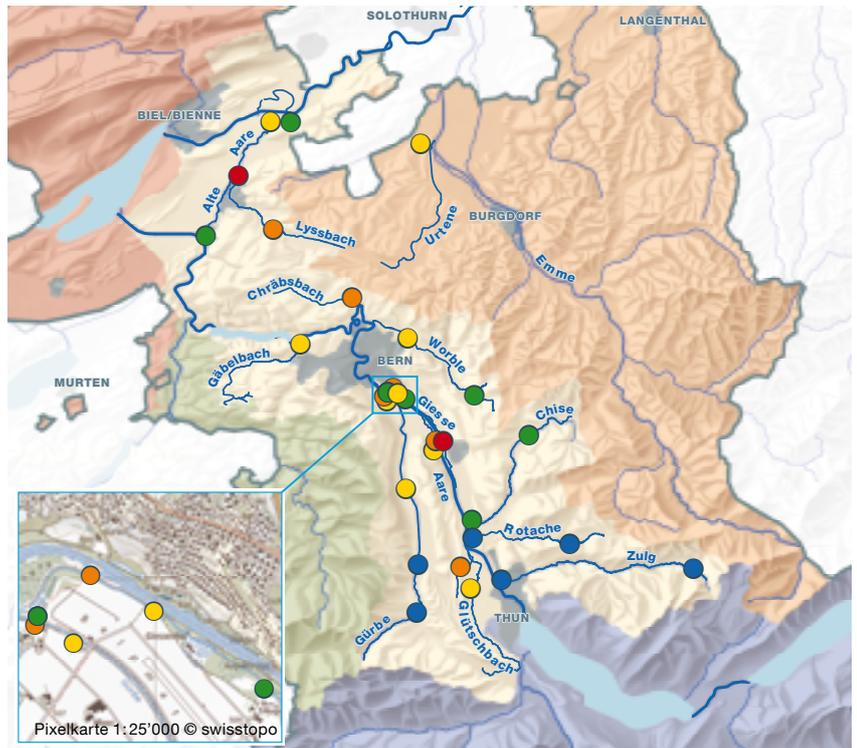
Biologischer Zustand Region Aaretal



ergeben kein eindeutiges Bild für die zeitliche Entwicklung der beurteilten biologischen Parameter. Verglichen mit den Ergebnissen in den zwei vorangegangenen Jahrzehnten ist lediglich beim IBCH-Index eine Verbesserung sichtbar, die sich in einem Rückgang der ungenügenden Werte äussert. Allerdings erfolgten die Untersuchungen der Wasserwirbellosen bis 2010 nicht genau nach den Vorgaben des 2011 eingeführten IBCH. Deshalb vermitteln die zuvor berechneten Werte eher ein zu schlechtes Bild. An den Oberläufen der Bäche ergibt dieses Kriterium meistens gute bis sehr gute Bewertungen. Dagegen treten in den unteren Abschnitten und bei Gewässern im Landwirtschaftsgebiet häufig Probleme auf. Unbefriedigend und damit nicht gesetzeskonform ist etwa die Wasser- und Lebensraumqualität der Giesse bei Münsingen – und zwar unterhalb des dichten Siedlungsgebiets mit Hochwasserentlastungen, Strassen und Gärten. In die gleiche Kategorie fällt auch der Chräbsbach mit seinem landwirtschaftlich dominierten Einzugsgebiet und den vielen Siedlungsentwässerungen. Einige weitere Untersuchungsstellen befinden sich in einem mässigen Zustand. Mit guten oder sogar sehr guten Werten punkten dagegen zahlreiche Kleingewässer in den Hügellgebieten, die abseits der Talböden und von intensiv genutzten Ackerbauflächen fliessen. Dies belegen ergänzende Ergebnisse aus dem Biodiversitätsmonitoring des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).

Ausmasse der Pestizidbelastung

Der $SPEAR_{pesticides}$ ist der massgebende Index, um die Beeinträchtigung der Wasserwirbellosen durch Pestizide aus der Landwirtschaft und ihre Abbauprodukte zu beurteilen. Eine hohe Belastung ermittelte das GBL vor allem in kleineren Gewässern, die durch Ackerbaugelände fliessen. Die schlechtesten Bewertungen betrafen 2017 und 2018 die Giesse bei Münsingen und den Lyszbach in Lyss, doch fallen zahlreiche weitere Bäche in die Kategorien unbefriedigend oder mässig. Mit dem abnehmenden Anteil an Ackerflächen in den Hügellzonen und voralpinen Einzugsgebiete-



ten bessert sich die Lage, so dass höher gelegene Bäche in der Regel gut bis sehr gut abschneiden. In der Aare selbst zeigt der Index zwischen Thun und Bern keine merkliche Pestizidbelastung an. Einerseits sorgt der hohe Abfluss hier für eine starke Verdünnung solcher Substanzen, und andererseits werden allfällige negative Effekte durch die Vielfalt an Wasserwirbellosen und den grossen Lebensraum reduziert.

Bewertung der landwirtschaftlichen Pestizidbelastung in bernischen Fliessgewässern anhand der Wasser- und Lebensraumqualität für wirbellose Kleinorganismen am Gewässergrund (SPEAR-Index).

An der kanalisiert Worble bei Bolligen beurteilen Fachfrauen im Auftrag des GBL den Gewässerzustand anhand von biologischen Untersuchungen.



Belastung der grösseren Fliessgewässer mit Nährstoffen und ausgewählten Schwermetallen an den Hauptmessstellen von 1997–2018



Erläuterungen zur Grafik
siehe Seite 8

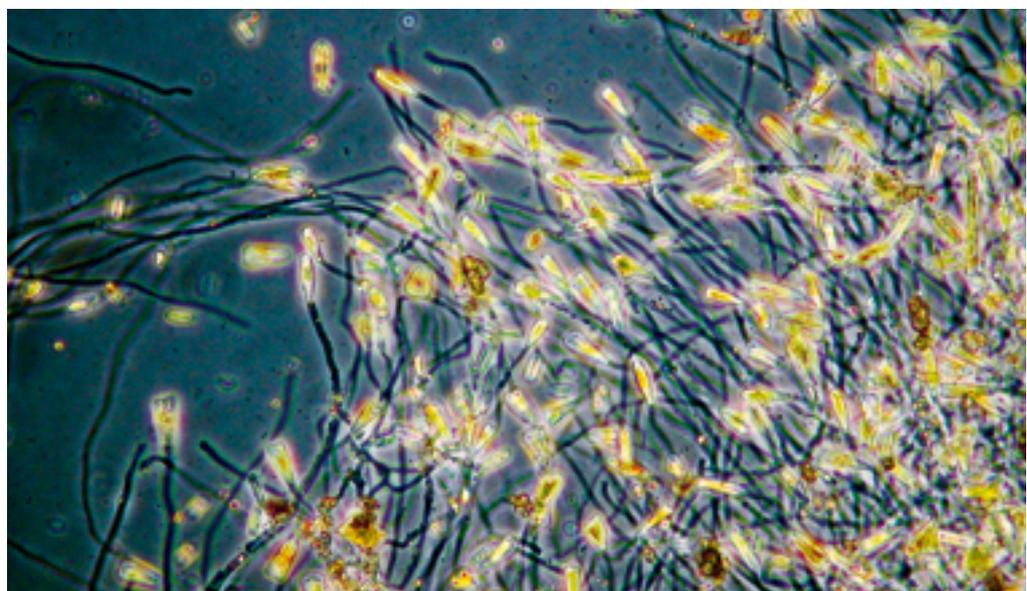
Bewertung der Nährstoff- und Schwermetallgehalte an den 14 kantonalen Hauptmessstellen, ohne Berücksichtigung der 9 Messstandorte an der Aare.

Kieselalgen und äusserer Aspekt

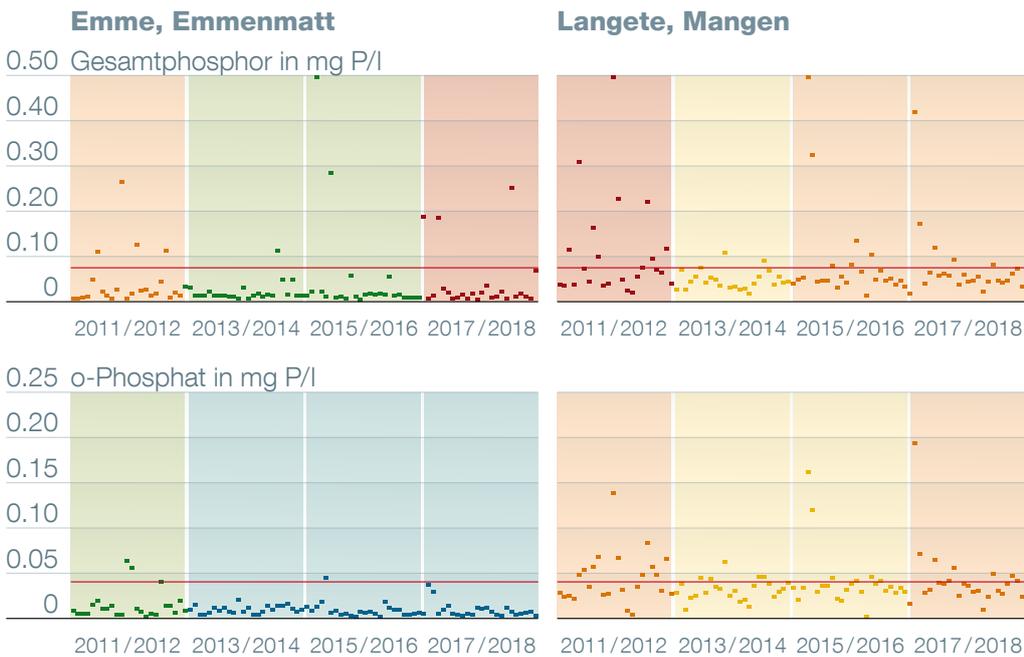
Die Häufigkeit und Verteilung der verschiedenen Arten von Kieselalgen ist ein guter Indikator für die über einen längeren Zeitraum anhaltende Belastung der Fliessgewässer mit Nährstoffen und organischen Stoffen, ohne jedoch die Mikroverunreinigungen abzubilden. In der Untersuchungsperiode 2017/2018 ergaben die Erhebungen des GBL nach diesem DICH-Index für alle erfassten Bäche und Flüsse eine gute oder sehr gute Bewertung, wie die Grafik auf Seite 18 unten zeigt. Die einzelnen mässigen Beurteilungen stammen aus dem Zeitraum von 2011 bis 2016.

Der äussere Aspekt bewertet sichtbare Erscheinungen wie Schlammablagerungen, Wassertrübungen oder Abwasserorganismen. Auch diesbezüglich weisen nur noch vereinzelte Gewässer einen mässigen Zustand auf. So zeigen sich in der Giesse bei Münsingen Feststoffbelastungen aus der Siedlungsentwässerung, und im Lyssbach in der Fülenmatt trübten deutliche Schlammablagerungen und Abfälle das Bild. Alle übrigen Gewässer der Region sind hingegen in einem guten oder sehr guten Zustand.

Kieselalgen – wie hier die Gattung *Gomphonema* – sind gute Indikatoren für die Belastung der Gewässer mit Nährstoffen und organischen Stoffen.



Phosphor und o-Phosphat in der Emme und der Langete



Die Langete ist in Mangen tendenziell stärker mit den Nährstoffen Gesamtphosphor und Phosphat belastet als die Emme bei Emmenmatt. Die Einzelwerte in der Langete liegen sehr nahe an den jeweiligen Zielwerten.

- Zielwert MSK
- sehr guter Zustand
- guter Zustand
- mässiger Zustand
- unbefriedigender Zustand
- schlechter Zustand

Chemische Untersuchungen an den Hauptmessstellen

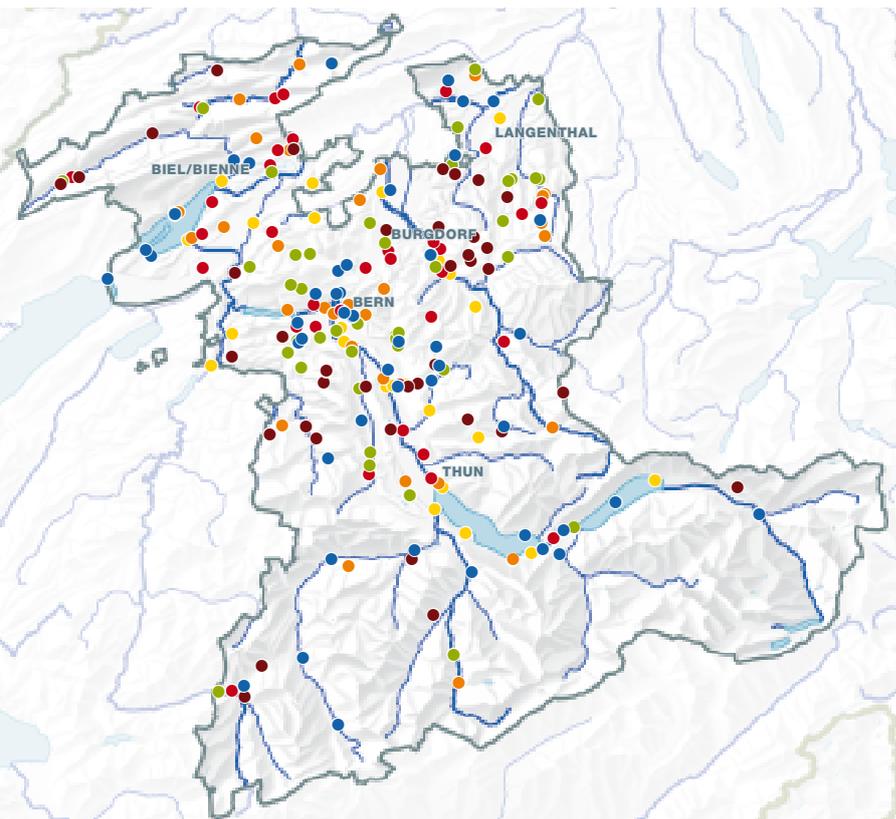
Verglichen mit früheren Beurteilungsperioden stellte das GBL an den 14 kantonalen Hauptmessstellen – ohne Berücksichtigung der Aare – in den Jahren 2017/2018 insbesondere mehr Überschreitungen der zulässigen Nährstoffgehalte fest. So wiesen mit Lüttschine, Kander, Chise, Saane, Schüss, Emme und Langete gleich acht Messstellen an diesen Aare-Zuflüssen übermässige Konzentrationen an Gesamtphosphor auf. Zudem waren Gürbe, Sense und Emme von zu hohen DOC-Werten betroffen.

Wie eine eingehendere Betrachtung der Einzelwerte zeigt, sind die Konzentrationsverläufe insbesondere beim Gesamtphosphor je nach Gewässer aber sehr unterschiedlich. So treten in der Lüttschine, Kander, Saane, Schüss und am Oberlauf der Emme nicht grundsätzlich erhöhte Gehalte auf. Vielmehr führen die hauptsächlich bei Regenereignissen beobachteten Konzentrationsspitzen hier im Durchschnitt zu einer schlechteren Beurteilung. Diese Einträge erfolgen zum einen über Regenentlastungen im Kanalnetz, zum andern begünstigen starke Abflüsse von Niederschlägen die Bodenerosion. Hingegen entsprechen die mittleren Phosphatwerte dieser fünf Gewässer allesamt den gesetzlichen Vorgaben.

Im Vergleich dazu sind die Gesamtphosphor- und Phosphat-Gehalte in der Langete ganzjährig erhöht, wofür diffuse Einträge aus der Landwirtschaft ein Hauptgrund sein dürften. Ein ähnliches Bild bezüglich des Gesamtphosphors zeigt sich auch in der Chise mit einer punktuellen Belastungsquelle durch die Einleitung von geklärtem Abwasser in unmittelbarer Nähe der Messstelle und zusätzlichen landwirtschaftlichen Nutzungen.

Leichte Verschiebungen innerhalb der fünf Zustandsklassen zwischen einzelnen Messperioden lassen sich beim Phosphor also nicht zwingend auf eine grundlegende Verbesserung oder Verschlechterung der Nährstoffsituation beim jeweiligen Messstandort zurückführen. Vielmehr können die Werte je nach Intensität und Dauer der Niederschläge kurz vor oder während der Probenahme unterschiedlich ausfallen. Eine zufällige Häufung von nassen Verhältnissen anlässlich der Stichproben während der zweijährigen Messperiode wirkt sich also tendenziell in einer schlechteren Bewertung der Wasserqualität aus.

Ein direkter Vergleich der beiden Messstellen in der Emme bei Emmenmatt und an der Langete in Mangen mit Probenahmen am gleichen Tag verdeutlicht jedoch, dass die P-Grundbelastung der Emme als Folge der weniger intensiven landwirtschaftlichen Nutzung in ihrem Einzugsgebiet deutlich kleiner ist als diejenige der Langete.



Regionale Verteilung der Gewässerverschmutzungen und ihrer Ursachen in den Jahren 2017/2018. Die Farbpunkte auf der Karte entsprechen den Farbfeldern des untenstehenden Kuchendiagrammes.

Starke Zunahme der Gewässerverschmutzungen

Akute Gewässerverschmutzungen führen in gravierenden Fällen innert kürzester Zeit zu einem Totalausfall der Lebewesen. Vor allem betroffene Bäche sind danach oft für längere Zeit nicht mehr besiedelt. Dies gilt insbesondere bei Einträgen von Jauche oder Chemikalien. Im Gegensatz dazu erfolgen Verunreinigungen durch Abwasser – etwa aus Hochwasserentlastungen oder Fehlanschlüssen – periodisch und fallen dadurch auch weniger auf. Die Wiederbesiedlung hängt stark von der Vernetzung eines Gewässers und den Quell-Populationen verschiedener Organismengruppen in den Zuflüssen ab. Fehlen Nebenbäche als Refugien oder bestehen Wanderhinder-

nisse für Fische, so erschwert dies eine Erholung der Bestände von Wasserorganismen.

2017 war bedauerlicherweise ein dreckiges Jahr für unsere Gewässer und brach alle Rekorde. Mit 143 registrierten Schadenfällen lag deren Anzahl deutlich über den Werten früherer Jahre, was leider ebenfalls für 2018 mit 104 Gewässerverschmutzungen gilt. Auch wenn Bevölkerung und Behörden heute sensibler auf Schadenfälle reagieren, lässt sich die unbefriedigende Situation nicht nur mit der erhöhten Aufmerksamkeit erklären.

Sehr stark zugenommen haben Ereignisse mit Abwasser, Chemikalien und diversen Substanzen. Auch die Fälle mit unbekanntem Ursachen stiegen weiter an. Verschmutzungen mit Jauche und Mineralöl sowie Treibstoffen blieben ungefähr konstant, so dass die verschiedenen Stoffkategorien in- zwischen fast gleichmässig verteilt sind.

Auch die geographische Verteilung der Schadenfälle zeigt nun ein etwas anderes Muster. Traten Jauche-Unfälle bisher oft in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten des Emmentals und Oberaargaus mit steilen Nutzflächen auf, so häuften sie sich 2017/2018 vermehrt auch im Oberland, Schwarzenburgerland und Jura. Demgegenüber konzentrieren sich Ölunfälle auf die Siedlungsschwerpunkte und Hauptverkehrsachsen. Hauptschauplatz der übrigen Gewässerverschmutzungen ist das gesamte Mittelland. Darunter gab es zwei erfasste Schadenfälle mit Pestiziden – weitere sind zwar wahrscheinlich, liessen sich jedoch nicht konkret nachweisen.

Vor allem Schadenfälle durch Abwasser, Chemikalien und diverse Substanzen haben stark zugenommen.

Gewässerverschmutzung 2017 – 2018, 247 Ereignisse

- 21 % Öl, Treibstoffe
- 17 % Jauche
- 15 % Chemikalien
- 15 % Abwasser
- 13 % übrige
- 19 % unbekannt





Der Amletebach als Beispiel einer chronischen Verschmutzung

Fischern, Spaziergängern und den Gewässerschutz-Fachleuten des AWA fiel im kleinen Amletebach in der Nähe von Thun seit Jahren ein dichter Teppich rötlich-beige-weisser Zotten auf. In unregelmässigen Abständen war die gesamte Bachsohle ab einer verrohrten Zuleitung jeweils über mehrere hundert Meter überwuchert. Dabei bedeckte das Abwasserbakterium *Sphaerotilus natans* auch Stellen mit bekannten Forellenlaichplätzen. Ein Teppich dieses Ausmasses kann sich nur bei länger dauernden, massiven Einträgen ausbilden. Für die Fachleute war daher klar, dass es sich hier um den Fehlanschluss einer Abwasserleitung handeln musste. Die Suche nach dem Verursacher erwies sich jedoch als aufwendig und schwierig, weil viele Röhren in die fast 2 Kilometer lange Leitung mündeten. Erst nach einer jahrelangen chronischen Belastung des Gewässers liess sich 2018 der wahrscheinliche Verursacher eruieren. Im vergangenen Winter hat man nun die erforderlichen Sanierungsmassnahmen getroffen.

Leider ist der Amletebach kein Einzelfall. Insbesondere in Kleingewässern vermindern wiederkehrende akute Belastungsstösse oder chronisch auftretende Verschmutzungen die Lebensraumqualität für Wasserorganismen massiv. Auf eine kurze

Erholungsphase folgt jeweils bereits die nächste Schmutzwelle. Unter diesen Umständen ist es fast unmöglich, dass Fische und ihre Nährtiere sich nachhaltig erholen können.

Die Idylle am Amletebach bei Thun trägt: Während Jahren war die Sohle des Kleingewässers stellenweise mit unansehnlichen Abwasserzotten überwuchert.

Weitere Informationen

GBL-Bericht:
www.bve.be.ch/awa > Gewässerqualität > Biologie Bern Aaretal 2017 und 2018
 GBL-Bericht:
www.bve.be.ch/awa > Gewässerqualität > Projekt Belper Giesse – Makrozoobenthos, Wasserqualität, Wassertemperatur; Arbeitsbericht



Makrophyten in Fließgewässern



Am revitalisierten Schwarzbach in Rubigen bewerten Fachleute des GBL den ökologischen Zustand der Wasser- und Röhrichtpflanzen.

Eine neue Methode zur Beurteilung der Lebensraumqualität

Der Bund hat 2018 eine ergänzende Methode zur Beurteilung der Qualität von Fließgewässern vorgestellt, die das AWA bereits getestet hat. Sie bewertet die Wasser- und Röhrichtpflanzen im Uferbereich von Bächen. Die Untersuchung dieser Makrophyten eignet sich vor allem für Erfolgskontrollen nach Revitalisierungen, wenn die Phase der Erstbesiedlung abgeschlossen ist.

Makrophyten sind Wasser- und Röhrichtpflanzen, die in und an den Gewässern bis zur Mittelwasserlinie gedeihen. Sie kommen ebenso in den Flachwasserzonen von Seen und Tümpeln vor wie in besonnten Bächen und Flüssen mit schwachem Gefälle und geringen Fließgeschwindigkeiten. Hierzulande sind sie deshalb überwiegend im Mittelland und in den grossen Talebenen der Voralpen anzutreffen. Die Makrophyten werden durch chemische und strukturelle Gegebenheiten im Gewässer beeinflusst und bilden ihrerseits Strukturen, welche verschiedenen Wasserorganismen als Lebensraum dienen.

Test der Methode im Bernbiet

Im Sommer 2018 hat der Bund im Rahmen seines Modul-Stufen-Konzepts eine neue, ergänzende Methode zur Beurteilung der Fließgewässerqualität vorgestellt. Sie ba-

siert auf einer Bewertung der Makrophyten und ist im Kanton Bern bereits an 31 ausgewählten Abschnitten getestet worden. Im Auftrag des AWA haben Fachleute sowohl verbaute als auch revitalisierte Gewässerstrecken untersucht.

Dabei schneiden nur gerade zwei Abschnitte sehr gut ab. Beide sind revitalisiert und weisen auch bezüglich ihrer Struktur (Ökomorphologie) gute bis sehr gute Bedingungen auf. Insbesondere verfügen sie über einen genügend breiten und flachen Uferbereich, so dass mehrere Lebensräume zur Verfügung stehen, die den Ansprüchen diverser Makrophyten-Arten genügen.

Weitere acht Strecken erhielten eine gute bis sehr gute Einstufung. Ihr ökomorphologischer Zustand ist uneinheitlich und variiert stark von künstlichen und naturfernen bis hin zu naturnahen Abschnitten.

Ein ähnliches Bild zeigt sich an Bächen mit mässigen bis schlechten ökologischen Bedingungen für Makrophyten. Auch dort schwankte die Bewertung der Strukturvielfalt zwischen sehr gut und schlecht.

Wie die Ergebnisse zeigen, lässt sich ein guter Bestand verschiedener Makrophyten-Arten auch in einem Gewässer mit einer negativen ökomorphologischen Bewertung – wie etwa in einem Kanal – finden. Wenn die Besonnung und Strömung sowie das Gefälle und Substrat günstige Bedingungen bieten, gedeihen Wasserpflanzen also auch in morphologisch degradierten Gewässern. Hier bilden die Makrophyten oft die einzigen Strukturen, welche anderen Wasserorganismen als Lebensraum dienen.

Umgekehrt finden die Wasser- und Röhrichtpflanzen in ökomorphologisch als gut bis sehr gut taxierten Gewässerstrecken nicht generell gute Lebensbedingungen vor. So kann den Makrophyten etwa bei dichten Ufergehölzen, die das Bachwasser kühlen und als Pufferzonen gegen Düngemittel und Pestizide wirken, das Licht fehlen. Ist zudem die Sohle durch Kalkablagerungen versintert, können die Wasserpflanzen – mit Ausnahme von Moosen – nur vereinzelt wurzeln.

Eine sinnvolle Ergänzung

Im Praxistest erwies sich die neue Methode als sehr effizient. Bei der Auswertung braucht es jedoch noch einige Verbesserungen, die ein Zusatzbericht des GBL mit konkreten Vorschlägen zusammenfasst. Ein genereller Einsatz des Moduls an den Untersuchungsstandorten des Kantons ist



nicht möglich, weil Makrophyten nicht überall vorhanden sind. Wo sie vorkommen, ist eine Anwendung aber sinnvoll, um anhand dieser Organismengruppe erweiterte Aussagen zur Gewässerqualität machen zu können.

Der aufgewertete Schwarzbach bei Rubigen ist ein ökomorphologisch naturnaher Gewässerlauf mit einem sehr guten Zustand der Makrophyten.

Bewertungen der Wasserpflanzen eignen sich ausgezeichnet für Erfolgskontrollen nach Revitalisierungen, wenn die Phase der Erstbesiedlung abgeschlossen ist. Zudem sind solche Erhebungen auch in strukturell monotonen Gewässern sinnvoll – so zum Beispiel, um ihre Artenzahl und Wuchsformen mit einem angepassten Gewässerunterhalt zu erhöhen. Damit kann man nicht nur die Makrophyten selbst, sondern auch die Lebensraumvielfalt für andere Wasserorganismen fördern.

Weitere Informationen

www.bve.be.ch/awa > Gewässerqualität > Arbeitsbericht – Makrophyten in Fliessgewässern im Kanton Bern (Untersuchung und Praxistest)
www.modul-stufen-konzept.ch > Fliessgewässer > Wasserpflanzen

In einem monotonen Abschnitt der Urtenen bei Schalunen erhöhen untergetauchte und bis über die Wasserlinie reichende Wasserpflanzenbestände die Struktur- und Strömungsvielfalt.



Das Berner Pflanzenschutzprojekt



Messstelle des GBL zur Überwachung der diffusen Einträge von PSM in den Chrümlisbach bei Bätterkinden.

Ein Appell an die Eigenverantwortung der Landwirte

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. Das Massnahmenpaket soll sowohl punktuelle Einträge solcher Spurenstoffe in Bäche und Flüsse vermindern als auch diffuse Belastungen durch Abschwemmungen. Seine Wirkung wird vom GBL in ausgewählten Testgebieten überprüft.

Wie Untersuchungen des GBL und Studien des Wasserforschungsinstituts Eawag belegen, sind kleine Bäche in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten oft stark mit PSM belastet. Für Pflanzen und Tiere bergen die Konzentrationen einzelner Wirkstoffe über Monate hinweg ein Risiko chronischer Schäden. Nach Niederschlägen in der Hauptanwendungsperiode werden in Kleingewässern sogar über längere Zeit Werte erreicht, welche für die hier lebenden Wasserorganismen ein akut toxisches Risiko darstellen. Die bereits vielerorts eingeschränkte Artenvielfalt in den Bächen und biologische Tests bestätigen die von solchen Stoffgemischen ausgehende Gefahr.

Ein Bündel von Massnahmen

Hier setzt das BPP an. Das kantonale Amt für Landwirtschaft und Natur (LANAT) sowie der Berner Bauern Verband (BEBV) haben dieses Vorhaben anfangs 2017 gemeinsam mit dem Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) lanciert. Geplant ist eine Projektdauer von sechs Jahren bis Ende 2022. Den beteiligten Bäuerinnen und Bauern stehen dabei rund zehn Massnahmen zur Verfügung, die sie auf freiwilliger Basis umsetzen und so ihre Eigenverantwortung wahrnehmen können. Für die eingegangenen Risiken erhalten sie finanzielle Entschädigungen. Dafür ist ein Budget von 62,7 Millionen Franken vorgesehen. Da es sich um ein Ressourcenprogramm nach Artikel 77a und b des eidgenössischen Landwirtschaftsgesetzes handelt, trägt das BLW 80 Prozent der Kosten. Die restlichen 20 Prozent finanziert der Kanton Bern.

Mit Investitionen in den Bau von sauber entwässerten Abfüll- und Waschplätzen für Spritzgeräte will man die Punkteinträge von PSM ins Kanalnetz vermindern und deren Gesamtfracht im Auslauf von Kläranlagen damit um 30 Prozent reduzieren. Um Abschwemmungen von umweltschädigenden Wirkstoffen in die Fliessgewässer zu verhindern, sollen die Landwirte an den Feldrändern entlang von Wegen und Strassen mehr Grünstreifen anlegen oder die gesamte Breite der Fahrspuren begrünen. Davon verspricht man sich weniger Überschreitungen der ökotoxikologischen Qualitätskriterien (EQS) für PSM in den Gewässern. Konkret wird eine Verminderung um 20 Prozent angestrebt. Weitere Massnahmen betreffen die Reduktion der eingesetzten PSM-Mengen oder den Verzicht darauf sowie die Umsetzung von schadstoffärmeren Techniken zum Schutz der Pflanzen. Dazu gehören etwa Netze für Obstkulturen, der Einsatz von Nützlingen zur Schädlingsbekämpfung oder Lockstoffe für Insekten.

Engmaschiges Monitoring durch das GBL

Das GBL hat den Auftrag, die numerischen Ziele des BPP mittels eines geeigneten Monitorings zu überprüfen. Diese Aufgabe stellt einige Herausforderungen dar, zumal der Eintrag von PSM in die Gewässer nicht kontinuierlich, sondern hoch dynamisch erfolgt, was eine engmaschige – und dadurch sehr aufwendige – Überwachung erfordert.



Zudem sind die von zahlreichen Bauernbetrieben zu unterschiedlichen Zeitpunkten getroffenen Massnahmen zu berücksichtigen, welche sich auf eine Vielzahl von Gewässern auswirken können.

Aufgrund des erheblichen Aufwands ist ein solches Monitoring nicht kantonsweit zu realisieren. Deshalb erfolgt die Überprüfung durch intensive Messungen in kleinen, überschaubaren Testgebieten. Dabei wird das AWA die Landwirtschaftsbetriebe in den ausgewählten Regionen begleiten und aktiv in den Gewässerschutz einbinden. Ziele dieser Bestrebungen sind eine gegenseitige Sensibilisierung und zielgerichtete Problemlösungen, die man anschliessend auch auf andere Gebiete ausweiten kann. Wie bei Ressourcenprogrammen üblich, sollen die Einsichten und Veränderungen nicht zuletzt einen Lerneffekt erzielen, der über die Projektdauer hinaus anhält. Die Gesamtwirkung des BPP im ganzen Kanton wird in der Folge anhand der in verschiedenen Regionen umgesetzten Massnahmen hochgerechnet.

ARA-Ausläufe und Bäche im Blickpunkt

Für die Überprüfung der Punkteinträge von PSM hat man drei Abwasserreinigungsanlagen (ARA) mit einem erheblichen Anteil an Ackerbauflächen im Einzugsgebiet ausgewählt. Es handelt sich dabei um die Kläranlagen Ins-Müntschemier und Lyss im



Bereits kleinste Mengen von PSM, welche bei der Anwendung, beim Transport oder beim unsachgemässen Waschen der Feldspritzen in ein Gewässer oder in eine Kläranlage gelangen, können zu Schädigungen von Wasserorganismen führen.

Das Berner Pflanzenschutzprojekt umfasst verschiedene Massnahmen, um den Eintrag von umweltschädigenden Wirkstoffen in die Fliessgewässer zu verhindern.



Der Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in die Gewässer via Wege und Schächte stellt ein Problem dar und muss durch betriebliche und technische Massnahmen gestoppt werden.

Seeland sowie um die ZALA Eymatt im bernischen Oberaargau. Zur Bestimmung der PSM-Frachten wird das GBL hier jeweils während der Vegetationsperiode von März bis Oktober die Ausläufe untersuchen. Das Monitoring dauert bis 2024 und damit zwei Jahre über die Projektdauer hinaus, damit sich die Nachhaltigkeit des Projekts abschätzen lässt.

Um die diffusen Einträge bestimmen zu können, hat das GBL in zwei kleinen Gewässern mit ackerbaulich intensiv genutzten Einzugsgebieten Messstationen eingerichtet. Testgebiete sind der Ballmoosbach in Ballmoos/Zuzwil sowie der Chrümlisbach in Schalunen/Bätterkinden. Auch hier erfolgen die Messungen jährlich zwischen März und Oktober – und zwar ebenfalls bis 2024. Neben den akuten und chronischen PSM-Belastungen erfasst man weitere allgemeine Parameter wie Nährstoffe, die gesamten ungelösten Stoffe (GUS) oder den Gehalt an gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC). Zudem zeichnen Online-Sonden auch Temperatur, pH, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und Trübung auf. Zusätzlich besteht eine Regen- und Abflussmessung, und alle zwei Jahre sind ergänzend biologische Untersuchungen vorgesehen.

Ziele und bisherige Erfahrungen

Im Sinn einer Erfolgskontrolle soll das Monitoring in erster Linie aufzeigen, ob die Massnahmen in der Praxis greifen und inwiefern die Ziele des Projekts erreicht werden. Dabei steht die Wirkung bezüglich einer Verbesserung der Wasserqualität im Fokus. Der Kanton will zudem die geeigneten Voraussetzungen für besonders effiziente Massnahmen besser ergründen.

Die im Rahmen des Monitorings bisher durchgeführten Messungen weisen nach, dass sowohl die untersuchten Bäche als auch die ARA-Ausläufe zum Teil stark mit PSM belastet sind. Dies belegen auch die Ergebnisse einer 2017 durchgeführten Studie des Wasserforschungsinstituts Eawag im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Sie stiess im Chrümlisbach damals auf insgesamt 89 PSM, von denen 11 Wirkstoffe die chronischen Qualitätskriterien zwischen März und Oktober während 119 Tagen überschritten. 5 Substanzen haben an 28 Tagen sogar zu einer Überschreitung der akuten Qualitätskriterien geführt. Am häufigsten traten dabei Probleme durch die Herbizide Metazachlor und Metribuzin sowie durch die Insektizide Thiacloprid und Chlorpyrifos auf.

Diese Resultate unterstreichen die dringende Notwendigkeit, sowohl den Nationalen Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von PSM als auch kantonale Ressourcenprogramme – wie das BPP – umzusetzen, damit unsere Gesellschaft ihre Gewässer nachhaltig schützen kann.

Weitere Informationen

Berner Pflanzenschutzprojekt:

www.be.ch/bpp

Zu viele Pflanzenschutzmittel in kleinen Bächen:

www.eawag.ch > News & Agenda
> News-Plattform > 2. April 2019

Zustand des Grundwassers



Eine verletzliche Ressource von meist guter Qualität

Bedingt durch die raschen Fortschritte der Analytik werden im Grundwasser immer mehr organische Spurenstoffe nachgewiesen. Im Kanton Bern sind davon primär Vorkommen in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten sowie in Siedlungsnähe betroffen. Zwar weisen die meisten Vorkommen im Bernbiet eine gute Qualität auf. Doch lokal treten Belastungen durch Mikroverunreinigungen auf, welche die Verletzlichkeit dieser Ressource aufzeigen.

Seit rund 20 Jahren werden die Grundwasservorkommen im Bernbiet vom AWA systematisch überwacht. Die Messstellen in den verschiedenen Regionen decken das gesamte Kantonsgebiet ab.

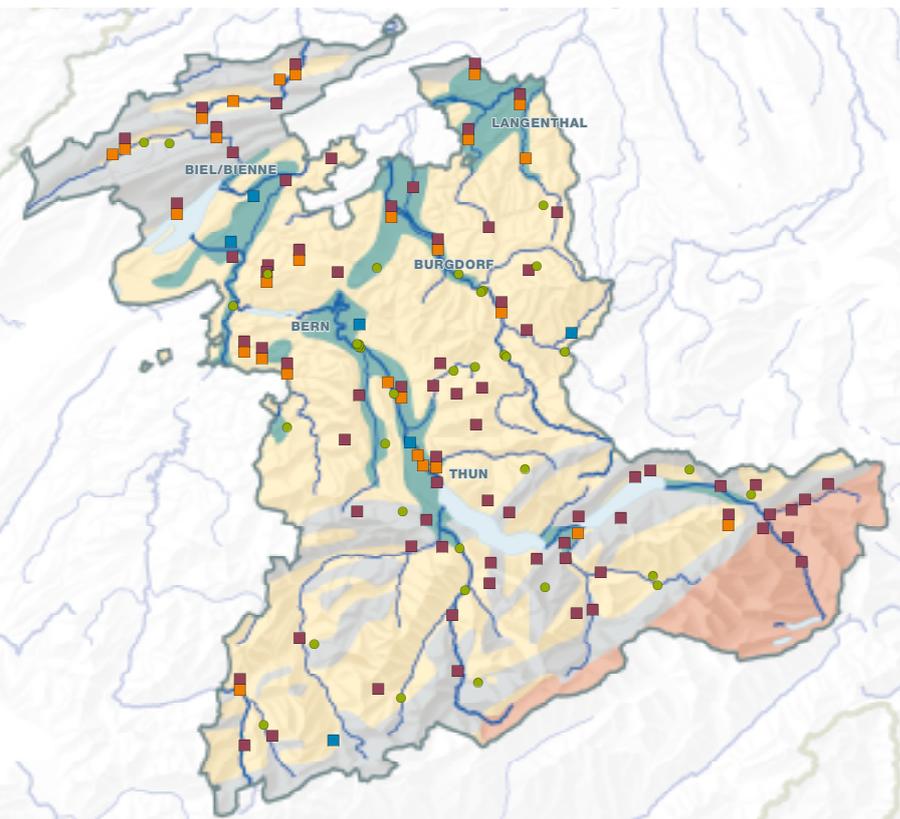
Gemäss der Wegleitung Grundwasserschutz liegt die regionale Überwachung und Beobachtung dieser Ressource in der Verantwortung der Kantone. Das Monitoring ist langfristig ausgelegt und erlaubt eine Charakterisierung des natürlichen Zustands verschiedener Grundwasser-Vorkommen. Dabei legt es besonderes Gewicht auf die qualitative Entwicklung in Zusammenhang mit menschlichen Aktivitäten.

Im Kanton Bern werden die unterirdischen Wasserressourcen vom GBL seit rund 20 Jahren systematisch überwacht. Im Rahmen des Massnahmenprogramms zur kantonalen Wasserstrategie hat der Regierungsrat 2017 beschlossen, die Rohwasserqualität sämtlicher Trinkwasserfassungen von überregionaler und regionaler Bedeutung einmalig auf organische Spu-

renstoffe untersuchen zu lassen. Die entsprechenden Messungen erfolgten im Jahr 2018 und betrafen 37 zusätzliche Fassungen, die üblicherweise nicht Teil der Überwachungsprogramme auf Kantons- und Bundesebene (Nationale Grundwasserbeobachtung, Module SPEZ und TREND) sind.

125 Messstellen

Zum ersten Mal liegen damit Resultate von insgesamt 125 Messstellen vor, die sich geographisch über den ganzen Kanton verteilen. Die erweiterten Untersuchungen ermöglichen generelle Aussagen zur Grundwasserqualität aller wichtigen Vorkommen, welche überwiegend der Trinkwassernutzung dienen. Bei den Fassungsstypen hat



Grobe Übersicht der Grundwasserleitertypen und der Messstellen im Kanton Bern.

Messnetze Grundwasserqualität

- Zusatzprogramm 2018
- Grundwassermonitoring Kanton Bern
- NAQUA SPEZ
- NAQUA TREND

Grundwasserleiter

- Kluft (Kristallin)
- Kluft (Molasse, Helvetikum, Préalpes)
- Karst
- Lockergestein

man gleichermassen Grundwasserbrunnen wie Quelfassungen berücksichtigt.

Im Fokus der auf das Jahr 2018 beschränkten Auswertung stehen Belastungen durch 40 organische Spurenstoffe. Dabei handelt es sich um 19 Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln (PSM), 15 Abbau- und Umwandlungsprodukte dieser PSM sowie um die 6 bekannten Abwasserindikatoren Acesulfam, Benzotriazol, Methylbenzotriazol, Carbamazepin, Sulfamethoxazol und Diclofenac. Sie stehen stellvertretend für eine Vielzahl von Substanzen, die über Einträge aus der Abwasserentsorgung ins Grundwasser gelangen können.

Um die Vergleichbarkeit der Messdaten zu gewährleisten, konzentrierte sich das AWA auf Parameter, die in den meisten Messstellen analysiert wurden.

Auswertung der PSM und ihrer Umwandlungsprodukte

Für die Qualität des Grundwassers sind nicht nur die eigentlichen PSM-Wirkstoffe von Bedeutung, sondern auch ihre Abbau- und Reaktionsprodukte. Diese als Metaboliten oder Umwandlungsprodukte bezeichneten Stoffe können sich durch chemische Reaktionen in pflanzlichen oder tierischen Organismen bilden oder direkt in der Umwelt entstehen. Im Grundwasser sind deshalb neben den ursprünglich eingesetzten PSM-Wirkstoffen auch ihre Umwandlungsprodukte nachweisbar.

2018 liessen sich bei zwei Drittel der 125 untersuchten Messstellen im Bernbiet weder PSM noch deren Umwandlungsprodukte nachweisen. Bei knapp 9 Prozent fand das GBL mindestens eine Substanz, bei weiteren 10 Prozent deren zwei und an den restlichen 14 Prozent der Standorte drei oder mehr Stoffe.

Bei den nachgewiesenen Substanzen in Konzentrationen von mehr als 0,05 Mikrogramm pro Liter (µg/l) handelt es sich durchwegs um nicht-relevante Umwandlungsprodukte. Am häufigsten wird im Grundwasser Desphenyl-Chloridazon gefunden, ein nicht-relevantes Umwandlungsprodukt des vor allem im Rübenanbau eingesetzten Herbizids Chloridazon.

Flächendeckend wird Desphenyl-Chloridazon besonders im Monitoring-Programm des Grundwassers im Berner Seeland nachgewiesen. Gestützt auf die Ergebnisse leitet der Kanton Bern Massnahmen zur Reduktion des Eintrags dieser Wirksubs-

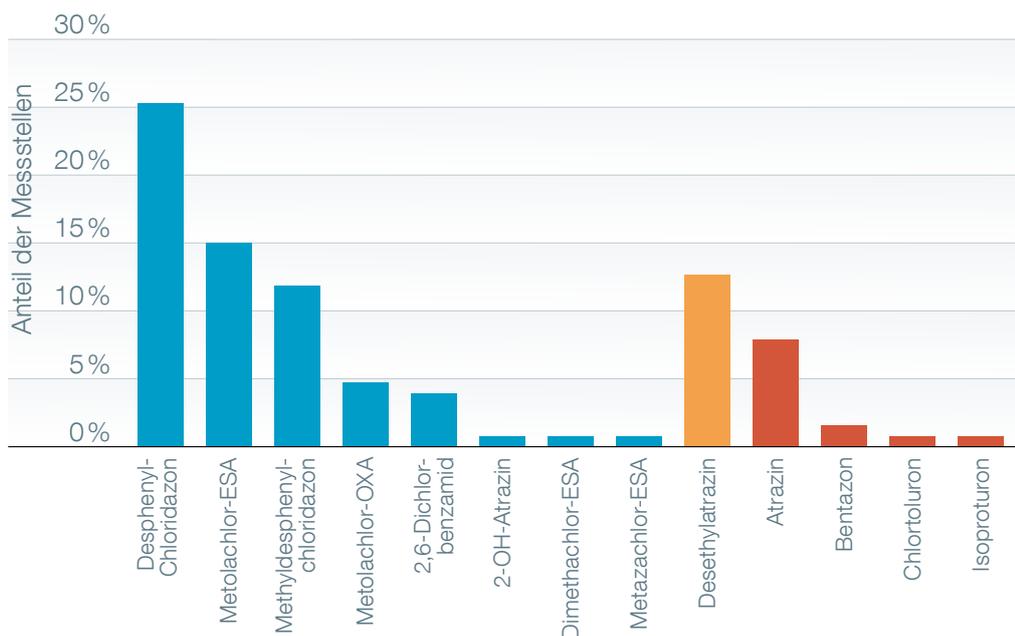
Relevanz der Umwandlungsprodukte

Für PSM-Umwandlungsprodukte, die gemäss Modellprognosen in Konzentrationen von mehr als 0,1 µg/l im Grundwasser auftreten können, erfolgt eine Relevanzbeurteilung durch die Bundesbehörden. Sie gelten als relevant, wenn sie eine mit dem Ausgangsprodukt vergleichbare Wirksamkeit aufweisen

oder über problematische toxikologische Eigenschaften verfügen. Ist keines dieser Kriterien gegeben, gilt ein PSM-Umwandlungsprodukt als nicht-relevant. Dies trifft auf 12 der im Kanton Bern untersuchten Verbindungen zu, während 3 als relevant gelten.*

* Stand Frühling 2019

Anteil der Messstellen mit nachweisbaren PSM und deren Umwandlungsprodukten



Prozentanteil der untersuchten Messstellen mit Nachweisen spezifischer PSM (rot) und der relevanten (orange) oder nicht-relevanten (blau) Umwandlungsprodukte.

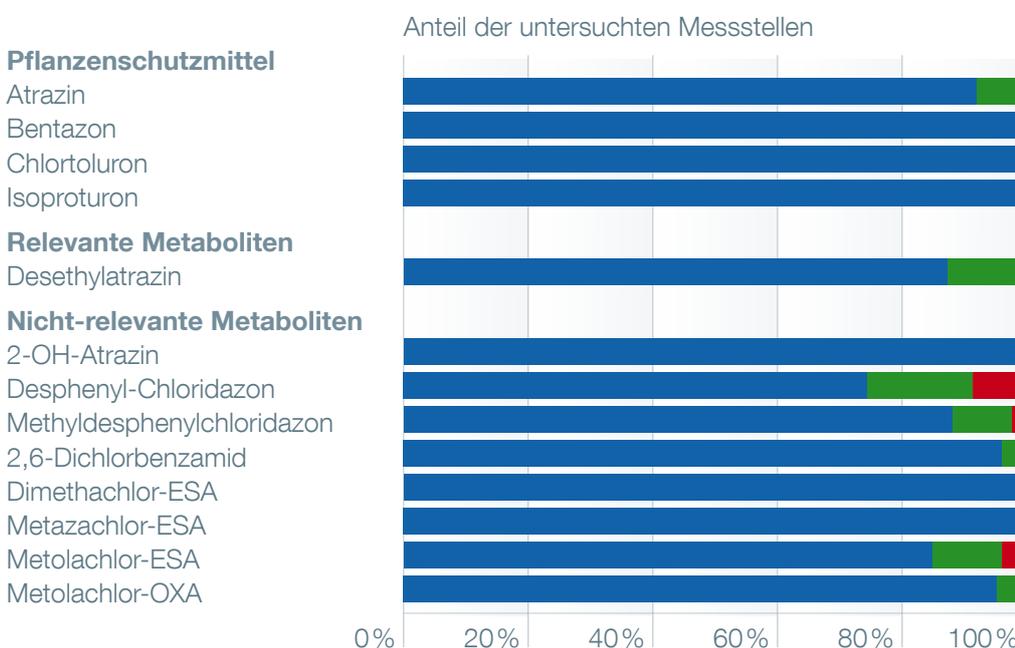
■ spezifisch
■ relevant
■ nicht-relevant

tanz ab, wobei für den Einsatz von Chloridazon in der Region bereits seit 2015 eine Sonderbewilligungspflicht besteht. In der Europäischen Union ist die Substanz seit Ende 2018 nicht mehr zugelassen, und ein Verbot folgt wohl auch in der Schweiz.

Von den in dieser Auswertung untersuchten PSM oder ihren Umwandlungsprodukten liessen sich 2018 insgesamt 13 Substanzen in mindestens einer Messstelle nachweisen, während die übrigen 21 an keinem einzigen Standort zu finden waren.

In der Regel beschränken sich die Nachweise auf wenige Einzelsubstanzen, die lediglich einen geringen Anteil der untersuchten Standorte betreffen. Bei einzelnen nicht-relevanten Umwandlungsprodukten können die gemessenen Maximalkonzentrationen über 0,1 µg/l liegen. Einige der nicht-relevanten Umwandlungsprodukten über diesem Wert dienen heute nicht mehr der Trinkwasserproduktion. In ackerbaulich stark genutzten Gebieten – wie etwa dem Berner Seeland – stehen jedoch weitere

Verteilung der maximalen Konzentrationen von PSM und deren Umwandlungsprodukte



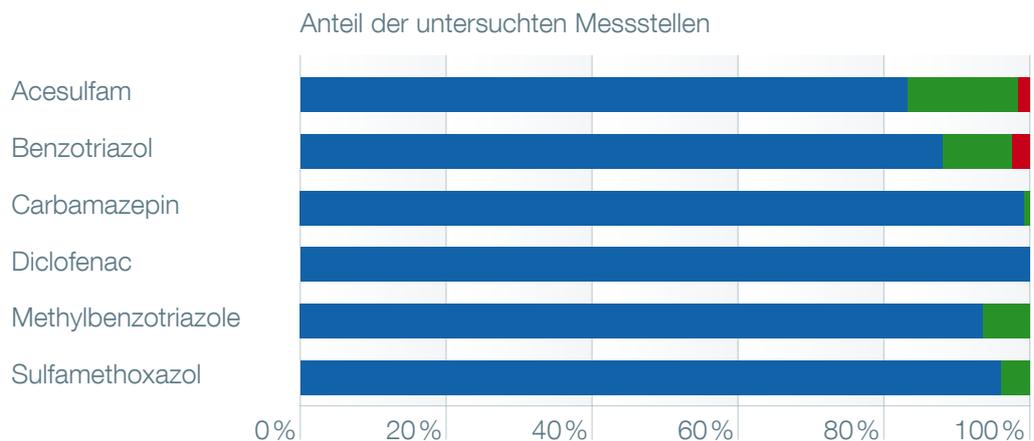
Prozentuale Verteilung der in den untersuchten Messstellen maximal nachgewiesenen Konzentrationen von PSM und ihren Umwandlungsprodukten.

■ nicht nachweisbar
■ < 0.1 µg/l
■ > 0.1 µg/l

Verteilung der Maximalkonzentrationen von Abwasserindikatoren

Prozentuale Verteilung der in den 125 Messstellen ermittelten Maximalkonzentrationen von Abwasserindikatoren.

- nicht nachweisbar
- < 0,1 µg/l
- > 0,1 µg/l



Wasserversorgungen mit Gehalten an nicht-relevanten Umwandlungsprodukten von mehr als 0,1 µg/l in Betrieb.

Die Einzelsubstanz mit der höchsten Konzentration bei einer Messstelle war Desphenyl-Chloridazon mit einem Maximalwert von 1,14 µg/l.

Erfüllte Anforderungen

Gemäss der Gewässerschutzverordnung (GSchV) des Bundes soll die Qualität des Grundwassers so beschaffen sein, dass es keine künstlichen, langlebigen Stoffe enthält. Des weiteren dürfen andere Stoffe, die das Gewässer verunreinigen können und die durch menschliche Tätigkeit ins Wasser gelangen, nicht im Grundwasser vorhanden sein, wenn sie dort natürlicherweise nicht vorkommen. Die numerische Anforderung für organische Pestizide im Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird oder dafür vorgesehen ist, gilt als erfüllt, wenn die Höchstkonzentration den Wert von 0,1 µg/l pro Einzelsubstanz nicht überschreitet. Zudem fordert die Verordnung über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV) die Einhaltung eines Höchstwerts von 0,1 µg/l für Pestizide und relevante Metaboliten sowie des Summenwerts von 0,5 µg/l für diese Substanzen. Diese Vorgaben in Form von numerischen Anforderungen an das Grundwasser oder von Höchstwerten im Trinkwasser werden im Kanton Bern heute erfüllt.

Für die nicht-relevanten Umwandlungsprodukte bestehen bis anhin weder in der GSchV noch in der TBDV solche Qualitäts-

anforderungen. Der SVGW als schweizerischer Interessenverband der öffentlichen Wasserversorgungen schlägt jedoch auch für diese Substanzen einen vorsorglichen Höchstwert von 0,1 µg/l vor. Er stützt sich dabei auf die erwähnten Grundsätze der GSchV. Im Vergleich zu den Erkenntnissen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA, die schweizweit Daten zu Schadstoffen im Grundwasser erhebt, weisen die Ergebnisse der im Kanton Bern durchgeführten Grundwasser-Studie auf eine geringere Belastung hin. So ergab das Monitoring an 530 NAQUA-Messstellen in der Schweiz im Jahr 2014 bei etwa jeder fünften Messstelle mindestens einen Nachweis von nicht-relevanten Umwandlungsprodukten im Konzentrationsbereich von mehr als 0,1 µg/l.

Den Abwasserindikatoren auf der Spur

Abwasserindikatoren sind charakteristische Substanzen des täglichen Gebrauchs, die im Abwasser praktisch aller Kläranlagen vorkommen und damit auch in die Oberflächengewässer gelangen. Sie stehen stellvertretend für eine Vielzahl von künstlichen, organischen Spurenstoffen, welche in ARA ohne entsprechende Reinigungsstufe nur schlecht eliminiert werden. Ihr Eintrag ins Grundwasser kann einerseits direkt durch Verluste aus undichten Kanalisationsleitungen erfolgen. Möglich ist andererseits auch eine indirekte Belastung über unvollständig gereinigtes Abwasser, das unterhalb der Ausläufe von Kläranlagen in die Fliessgewässer mündet und als Folge der anschliessenden Infiltration auch in die Grundwasserleiter gelangt.

Probenahmestelle für die Grundwasseruntersuchung in einem Schacht mitten im Wald.



Bei nahezu 77 Prozent der 125 untersuchten Messstellen konnte das AWA keinen der 6 analysierten Abwasserindikatoren nachweisen. An knapp 14 Prozent aller Standorte stiess man auf eine Substanz, und gut 9 Prozent der Proben ergaben zwei oder mehr Treffer. Dabei deutet ein positiver Nachweis im Normalfall darauf hin, dass durch den Eintrag von Abwasser auch zahlreiche weitere Mikroverunreinigungen im Grundwasser enthalten sein können.

Nachweise von Abwasserindikatoren über dem Wert von $0,1 \mu\text{g/l}$ kommen nur in Einzelfällen vor. So stellte das AWA 2018 bei zwei Messstellen eine Überschreitung der Konzentration von $0,1 \mu\text{g/l}$ für den künstlichen Süsstoff Acesulfam fest. Mit einem Maximalgehalt von $0,35 \mu\text{g/l}$ handelte es sich dabei auch um den Spurenstoff mit der höchsten Konzentration. Im Fall des Antikorrosionsmittels Benzotriazol lag der Gehalt an drei Messstellen über $0,1 \mu\text{g/l}$ – dies bei einer gemessenen Höchstmenge von $0,14 \mu\text{g/l}$.

Benzotriazol kommt in erheblichen Mengen als Korrosionsschutz-, Enteisungs- und Beschichtungsmittel zum Einsatz und zwar in verschiedenen Produkten – wie beispielsweise Reinigungsmitteln. Wie Methyl-Benzotriazol ist es sehr persistent und in der aquatischen Umwelt äusserst mobil. Gemäss den Grundsätzen der GSchV sind solche künstlichen und langlebigen Substanzen im Grundwasser nicht erwünscht. Für die hier untersuchten Abwasserindikatoren fehlen spezifische gesetzliche Qualitätsanforderungen in Form von numerischen Anforderungen für Grundwasser oder Höchstwerte im Trinkwasser. Eine humantoxikologische Beurteilung der niedrigen Konzentrationsbereiche im Trinkwasser gestaltet sich äusserst schwierig. Die aufgrund ihrer Giftigkeit für den Menschen hergeleiteten Höchstwerte bei einer lebenslangen Einnahme solcher Mikroschadstoffe liegen für das Trinkwasser häufig über dem Wert von $1 \mu\text{g/l}$.

Einflüsse der Bodennutzung und Grundwasserleiter

Um die Analyse der organischen Mikroschadstoffe vertiefen zu können, fasste das AWA die Messstellen in Klassen mit dem gleichen Grundwasserleitertyp und der vorwiegenden Bodennutzung im Einzugsgebiet zusammen. Eine solche Einteilung war für 116 der 125 untersuchten Standorte möglich.

Je nach den hydrogeologischen Verhältnissen erfolgte dabei eine generelle Zuordnung zu den Kategorien Lockergesteins-, Karst- oder Kluft-Grundwasserleiter. Beim Grundwasser im Lockergestein unterscheidet man zusätzlich zwischen flusnahen und flussfernen Fassungen. Diese Differenzierung ist wichtig, weil gewässernahe Standorte Anteile von infiltrierendem Flusswasser enthalten – und damit unter Umständen auch Mikroverunreinigungen aus den Oberflächengewässern. Bei einer Mehrzahl der untersuchten Messstellen in Hanglagen ist keine eindeutige Zuordnung zu einem Leitertyp möglich. Denn bei solchen Quellen handelt es sich in vielen Fällen um die Mischform eines Kluft-Grundwasserleiters aus Festgestein, in dem das Wasser in Klüften und Poren zirkuliert, mit einem darüber liegenden Lockergesteins-Grundwasserleiter.

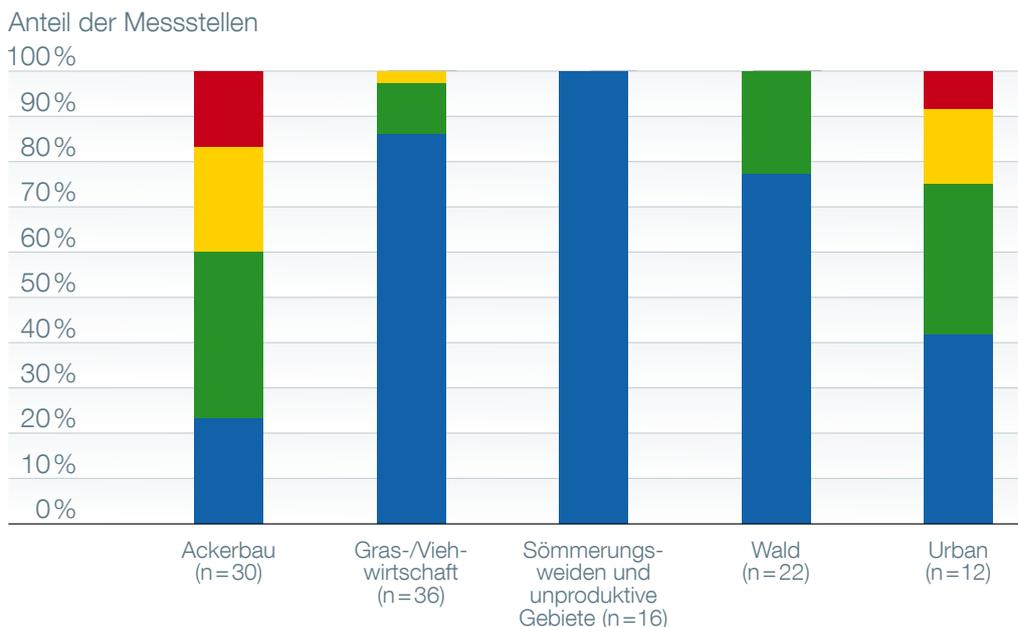
Die Probenahmen des GBL zur Überwachung der Wasserqualität erfolgen zum Teil auch in Grundwasserpumpwerken.



Summenkonzentrationen der PSM und deren Umwandlungsprodukte: Einfluss der Hauptbodennutzung im Zuströmbereich der Messstellen

Summenkonzentrationen der PSM und ihrer Umwandlungsprodukte in Abhängigkeit der Hauptbodennutzung im Einzugsgebiet der 116 klassierten Messstellen. n bezeichnet die Anzahl der ausgewerteten Standorte pro Nutzungsklasse.

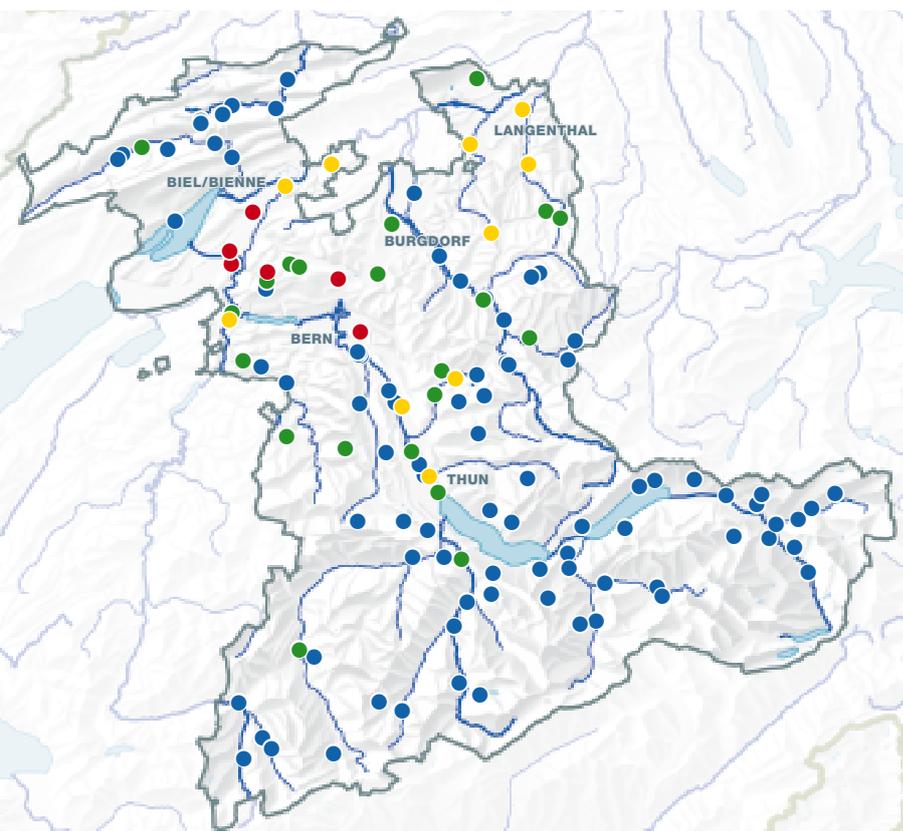
- < BG
- BG – 0.1 µg/l
- 0.1 – 0.5 µg/l
- > 0.5 µg/l



Bei den Hauptbodennutzungen definierte das AWA die fünf Klassen Ackerbau, Vieh- und Graswirtschaft, Sömmerungsweiden und unproduktive Gebiete, Wald sowie die urbanen Zonen.

Summenkonzentrationen der PSM und ihrer Umwandlungsprodukte: Verteilung der Messstellen.

- < BG
- BG – 0.1 µg/l
- 0.1 – 0.5 µg/l
- > 0.5 µg/l



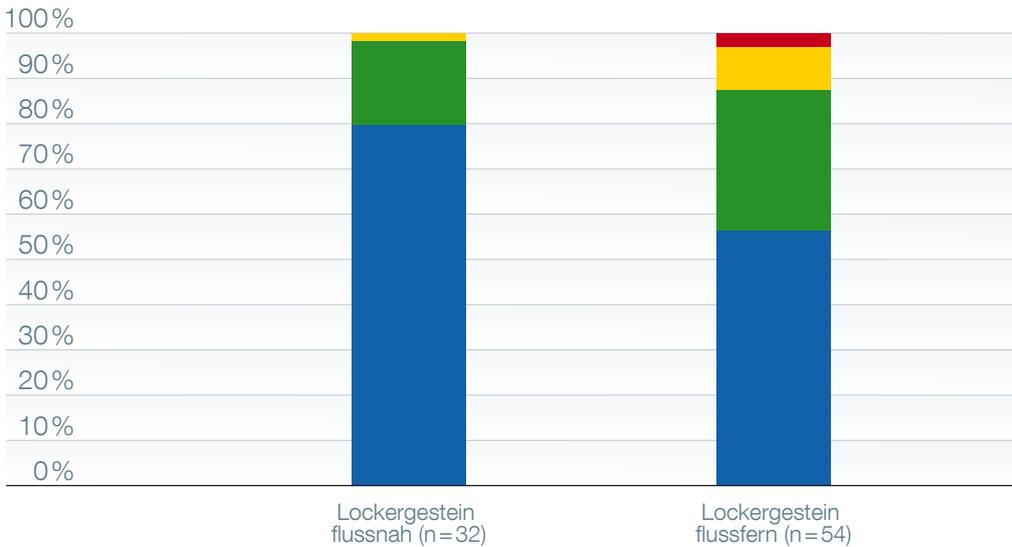
Vorkommen der PSM und ihrer Umwandlungsprodukte

Um den Einfluss der Hauptbodennutzung im Zuströmbereich der Messstellen untersuchen zu können, bildete das AWA für jeden erfassten Standort die Summenkonzentrationen der einzelnen Substanzklassen. Diese unterteilte man anschliessend in vier Bereiche mit Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG) bis zu Gehalten von mehr als 0,5 µg/l, wie die Grafik oben für PSM und ihre Umwandlungsprodukte zeigt.

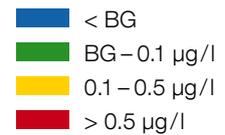
An den 30 Messstellen mit einer Dominanz des Ackerbaus im Einzugsgebiet gibt es prozentual am meisten Nachweise von PSM und ihren Umwandlungsprodukten. Gleichzeitig treten hier auch die höchsten Summenkonzentrationen auf. Anzeichen für Belastungen im Grundwasser finden sich ebenfalls in urbanen Gebieten, wenn auch weniger ausgeprägt. Dies hängt damit zusammen, dass im erweiterten Einzugsgebiet der Siedlungen vereinzelt auch Ackerbau betrieben wird. Die als urban klassierten Messstandorte mit besonders hohen Summenkonzentrationen an Pestiziden und ihren Umwandlungsprodukten sind im erweiterten Zuströmbereich denn auch stark ackerbaulich geprägt. Vergleichsweise selten sind die Nachweise bei Fassungen mit vorherrschender Gras- und Viehwirtschaft oder einer waldbaulichen Nutzung im Einzugsgebiet.

Summenkonzentrationen der PSM und deren Umwandlungsprodukte bei Fassungen im Lockergesteinsgrundwasser

Anteil der betroffenen Messstellen



Summenkonzentrationen von PSM und ihren Umwandlungsprodukten bei insgesamt 86 berücksichtigten Messstellen in flussnahen oder flussfernen Lockergesteins-Grundwasserleitern.



Die grössten Eintragspfade für PSM und ihre Umwandlungsprodukte finden sich in den Lockergesteins-Grundwasseraquiferen der Talböden. Auffallend sind dabei die höheren Summenkonzentrationen von flussfernen Fassungen – typischerweise ohne nennenswerte Beeinflussung durch infiltrierendes Flusswasser – im Vergleich zu den flussnahen Messstellen.

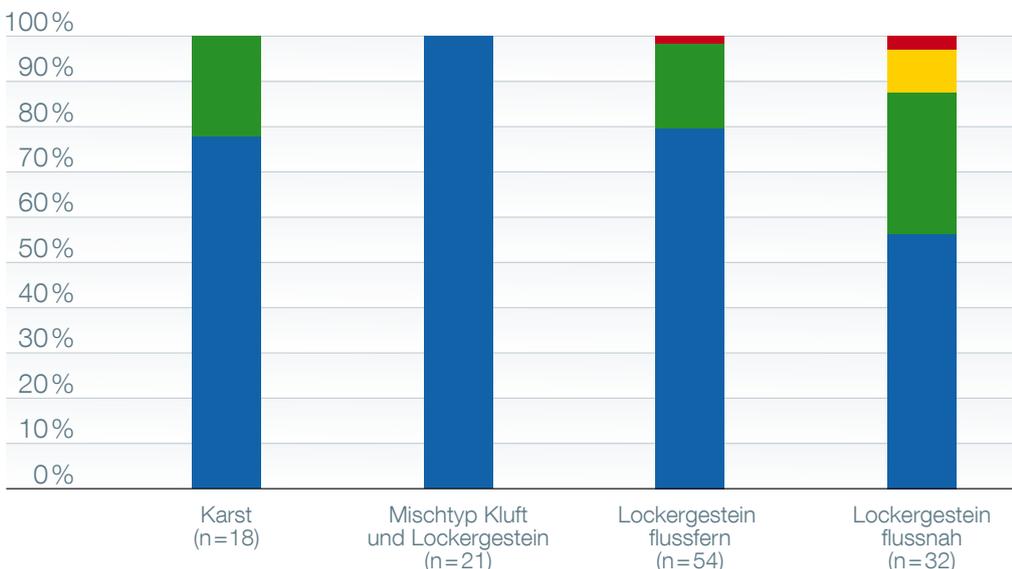
Zudem fallen die Werte bei Nachweisen dieser Mikroverunreinigungen generell tiefer aus als an flussfernen Messstellen, weil das Grundwasser vor allem entlang von Fliessgewässern mit grosser Wasserführung durch infiltrierendes und wenig belastetes Flusswasser verdünnt wird.

Bei drei Viertel aller Grundwasserfassungen im flussnahen Lockergestein liegen die Konzentrationen an PSM und ihren Umwandlungsprodukten unter der Bestimmungsgrenze.

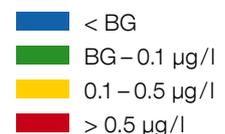
Aufgrund dieses fehlenden Verdünnungseffekts misst man an flussfernen Standorten im Lockergestein tendenziell deutlich mehr und höhere Belastungen. Dafür ist insbesondere der Ackerbau im direkten

Summenkonzentrationen der Abwasserindikatoren: Einfluss des Grundwasserleitertyps

Anteil der Messstellen



Summenkonzentrationen der Abwasserindikatoren als Funktion des Grundwasserleitertyps bei 125 Messstellen.





Wie die meisten grösseren Wasserversorgungen im bernischen Mittelland zapft auch der Wasserverbund Seeland Grundwasservorkommen an, die von der Aare gespeist werden. Der 31 Meter hohe Wasserturm Gimmez in der Ebene zwischen Walperswil und Aarberg dient seit 1974 als Hochbehälter zur Zwischenspeicherung von bis zu 600 Kubikmeter Trinkwasser.

Das GBL verfügt über modernste Analysengeräte, mit denen Fachleute auch geringste Spuren einer Vielzahl von Mikroverunreinigungen messen können.

Zuströmbereich oder im erweiterten Einzugsgebiet massgeblich, wie eine nähere Betrachtung der untersuchten Fälle nach der Hauptbodennutzung verdeutlicht.

Analyse der Abwasserindikatoren

Im Mischtyp Kluft- und Lockergesteins-Grundwasserleiter der 21 untersuchten Messstellen konnte das AWA keine Abwasserindikatoren nachweisen. Dagegen findet man diese Substanzen bei mehr als 40 Prozent der flussnahen Fassungen im Lockergestein, weil ihr Grundwasser im direkten Austausch mit den Oberflächengewässern steht. Ein wirkungsvoller Schutz des Grund-

wassers muss deshalb auch die Qualität der Fliessgewässer und Seen berücksichtigen, da sie ansonsten einen Eintragspfad von abwasserrelevanten Mikroschadstoffen darstellen. Flussferne Standorte im Lockergestein sind zwar weniger betroffen, doch können in Ausnahmefällen auch hier Summenkonzentrationen von mehr als 0,5 µg/l auftreten. Unter anderem aufgrund der oft unzureichenden Filterwirkung des Bodens kommen die Abwasserindikatoren auch bei fast jeder vierten Messstelle im Karst vor.

Weiterentwicklung der Analytik

Dank der raschen Fortschritte im Bereich der Schadstoffanalytik – und einer entsprechenden technischen Aufrüstung – verfügt das AWA inzwischen über neue Möglichkeiten, um mittels Screening ein immer breiteres Spektrum an Mikroverunreinigungen zu erfassen. Dadurch tauchen auch neu entdeckte Schadstoffe auf, die man bisher nicht messen konnte.

Ein Beispiel dafür ist die Chlorthalonilsulfonsäure, ein Haupt-Umwandlungsprodukt des Kontaktfungizids Chlorthalonil, das bereits seit Jahrzehnten zu den meist verwendeten PSM gehört. Es kommt in diversen Getreide-, Gemüse- und Obstkulturen gegen Pilzkrankungen zum Einsatz. Durch die chemische Umwandlung wird die eher



träge Substanz Chlorthalonil mobiler und erreicht den Grundwasseraquifer, wo sich das Umwandlungsprodukt Chlorthalonilsulfonsäure aufgrund des langsamen Abbaus über längere Zeit aufhalten kann.

2018 durchgeführte Messungen des GBL von kleinen Oberflächengewässern in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten ergaben ganzjährig Befunde bis in den Mikrogramm-Bereich pro Liter. Zudem zeigte eine qualitative Auswertung der Screening-Daten sämtlicher Grundwassermessstellen aus dem Jahr 2018, dass sich die Chlorthalonilsulfonsäure in vielen Grundwasserproben des Mittellands nachweisen lässt. Vor allem Messungen in Gebieten mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung – wie etwa im Seeland – deuten auf entsprechend hohe Konzentrationen hin.

Das AWA wird zwei typische Umwandlungsprodukte des Chlorthalonils deshalb ins gesamte Grundwasserprogramm für das Jahr 2019 aufnehmen und quantitativ auswerten, um so eine umfassende Datengrundlage für das ganze Kantonsgebiet zu schaffen. Zusätzlich will man das analytisch nur schwer messbare Fungizid mit Hilfe einer Spezialmethodik an ausgewählten Standorten in der Landwirtschaftszone messen.

Eigenverantwortung der Wasserversorger

Im Rahmen eines Pilotprojekts wird das AWA die Grundwasservorkommen im Kanton Bern an vorläufig sieben repräsentativen Messstellen mit einem umfassenden Screening untersuchen. Es geht darum, einen Überblick der Mikroschadstoffe zu gewinnen, die nicht Teil der gängigen Monitoringprogramme sind. Bedingt durch den zeit- und ressourcenintensiven Aufwand dieser analytischen Auswertung bleibt die Anzahl der untersuchten Standorte limitiert.

Das kantonale Programm zur Überwachung des Grundwassers sowie das neue Pilotprojekt befreien die Wasserversorger nicht von der Verantwortung, ihrerseits eine



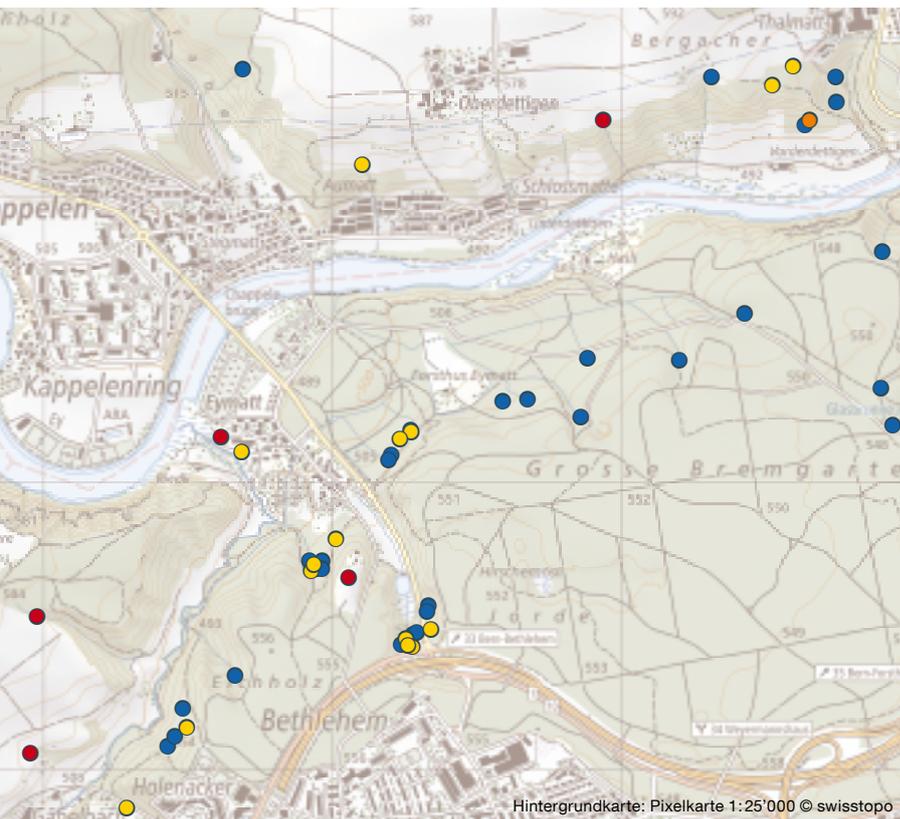
einwandfreie Trinkwasserqualität sicherzustellen. Für sie gilt das Prinzip der Selbstkontrolle, welche die Qualitätssicherung auf eine Gefahrenanalyse und die Festlegung von kritischen Kontrollpunkten abstützt. Bei ihrer Auswahl der zu untersuchenden Substanzen sind mögliche Gefahren und Risiken innerhalb der Schutzzonen sowie im weiteren Einzugsgebiet zu berücksichtigen. Die einmalige und grossflächige Untersuchung des AWA will die Wasserversorgungen nicht zuletzt für die Problematik von organischen Spurenstoffen – wie Pestiziden, Industriechemikalien oder Arzneimittelrückständen – sensibilisieren. Gefragt ist ein höheres Qualitätsbewusstsein für die Güte des genutzten Rohwassers. Dazu müssen die bestehenden Richtlinien konsequent umgesetzt und periodisch überprüft werden.

Auf der Suche nach den Quellen

Austritte von Grundwasser an der Erdoberfläche schaffen besondere Wasserlebensräume. Das sauerstoff- und nährstoffarme Quellwasser hat eine tiefe, gleichbleibende Temperatur, was eine spezialisierte Lebensgemeinschaft von Moosen, Kieselalgen, Insekten, Krebsen, Weichtieren und Strudelwürmern begünstigt. Allein die Zahl der tierischen Quellspezialisten wird in der Schweiz auf rund 100 Arten beziffert.

Doch diese Vielfalt ist bedroht, weil in der Vergangenheit zahlreiche Quelllebensräume durch menschliche Nutzungen zer-

Sensibilisierung der Bevölkerung für den Lebensraum Quellen auf einer Exkursion im Diemtigtal.
Foto: Paul Aebersold



Quelllebensräume im Nord-osten von Bern.

Zustand Quelllebensraum

- natürlich
- beeinträchtigt
- zerstört gefasst
- zerstört

Natürlicher Quellaustritt am Oberbärgli bei Kandersteg. Das Quellinventar des GBL umfasst inzwischen über 3100 Standorte.



stört oder stark beeinträchtigt worden sind. Um die verbliebenen Naturobjekte besser schützen zu können, hat das GBL in den letzten Jahren ein Quellinventar aufgebaut, das inzwischen über 3100 Standorte umfasst. Mehr als 1100 davon sind in jüngster Zeit dank Kartierungen durch die Naturschutzorganisation Pro Natura Bern neu dazugekommen. Vor allem rund um Bern und Grindelwald haben Freiwillige die Quelllebensräume systematisch erfasst. Ihre Arbeit bildet die Grundlage, um beeinträchtigte Quellen gezielt aufwerten zu können.

Im Geoportal des Kantons Bern stehen die gesammelten Daten inzwischen allen Interessierten zur Verfügung, wobei die Anga-

ben jeweils ein Quellenporträt mit Kartenausschnitt und Foto umfassen.

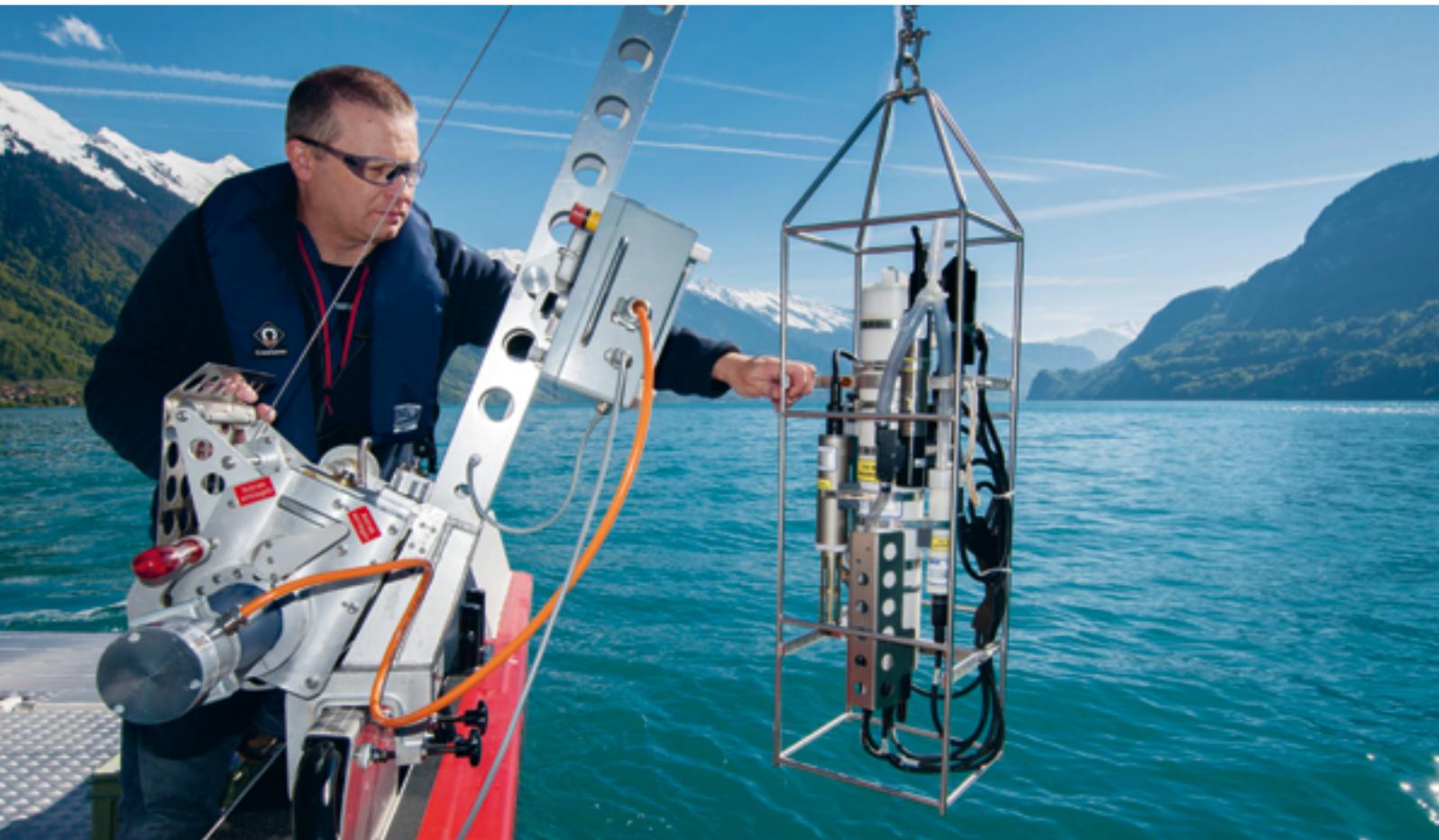
Vielfältige Einsatzmöglichkeiten

Mit Hilfe der Daten können Gemeinden und Regionen die wertvollen Quellen in ihrer Orts- und Landschaftsplanung als Naturobjekte ausweisen, diese besser schützen und damit auch die Bevölkerung sensibilisieren. Zudem steht den Planungsbüros und Behörden ein Instrument zur Beurteilung der Auswirkungen von Projekten auf einen bisher eher vernachlässigten Lebensraum zur Verfügung. In Kombination mit den Angaben zu den gefassten Quellen in der Gewässerschutzkarte lässt sich das Inventar auch für die Planung von Quell-Revitalisierungen nutzen. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Ausweisung von Quelllebensräumen durch Land- und Alpwirtschaftsbetriebe sowie die Forstwirtschaft zur Förderung der Biodiversität. Naturinteressierte können attraktive Quellen als Wanderziele anpeilen oder überprüfen, ob von ihnen beobachtete Grundwasser-Austritte bereits in der Datenbank registriert sind.

Das AWA, die kantonale Abteilung Naturförderung und Pro Natura planen in den kommenden sechs Jahren verschiedene Projekte zum Schutz von wertvollen Quellen. Es geht dabei etwa um die Erweiterung des Inventars, die Sensibilisierung der Bevölkerung und die Revitalisierung von aufgegebenen Wasserfassungen, sofern die Grundeigentümer damit einverstanden sind.

Weitere Informationen

Relevanz von Pflanzenschutzmittel-Metaboliten im Grund- und Trinkwasser (2019): www.blw.admin.ch > Nachhaltige Produktion > Pflanzenschutzmittel > Nachhaltige Anwendung und Risikoreduktion > Schutz des Grundwassers Geoportalkarte: www.map.apps.be.ch/pub > Gewässerqualität > Auswählen > Lebensraum Quellen



Die Seeufer müssen wieder natürlicher werden

Die Erfolge des technischen Gewässerschutzes wirken sich seit Jahren positiv auf die Wasserqualität in den drei grossen Berner Seen aus. Durch die deutliche Reduktion des Nährstoffeintrags nimmt tendenziell auch die Biomasse des pflanzlichen und tierischen Planktons ab. Ein grosser Nachholbedarf besteht hingegen bei der Revitalisierung der häufig verbauten Seeufer, wie eine Bestandsaufnahme zeigt.

Wer der Uferlinie des Bielersees folgen will, legt etwa 50 Kilometer (km) zurück. Die Formen eines noch weitgehend naturbelassenen Seeufers mit ausgedehnten Schilfbeständen lassen sich dabei am besten in der Umgebung des Heidewegs bei Erlach und rund um die St. Petersinsel erkunden. Heute befinden sich am Bielersee noch 27 Prozent der Gewässerabschnitte in einem solch natürlichen oder zumindest naturnahen Zustand und weitere 9 Prozent gelten als wenig beeinträchtigt. Doch 33 Prozent aller Uferstrecken sind künstlich verbaut, 22 Prozent naturfremd und 9 Prozent beeinträchtigt. Verglichen mit den beiden grossen Oberländer Seen steht der Bielersee damit allerdings noch relativ gut da. Denn am Brienersee gibt es nur noch 15 Prozent naturnahe Uferabschnitte und am Thunersee sind es lediglich 10 Prozent.

Diese Zahlen ergeben die 2018 durchgeführten Untersuchungen des GBL zur Struktur oder Ökomorphologie der bernischen Seeufer. Die Abklärungen basieren auf einem Auftrag des Bundes, der die Kantone mit dem 2011 revidierten Gewässerschutzrecht verpflichtet, in verschiedenen Bereichen strategische Planungen zu erstellen, Massnahmen zu treffen und Gewässerschutzvorhaben zu koordinieren. Als erster Kanton hat Bern diese Planungen – nach der Methode des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) – nun auch für stehende Gewässer erarbeitet.

Einsatz der Multiparameter-Sonde auf dem Brienersee. Mit diesem Messgerät werden die drei grossen Berner Seen jeweils einmal pro Monat an der tiefsten Stelle beprobt. Die Sonde erfasst in unterschiedlichen Wassertiefen kontinuierlich diverse Messgrößen wie Temperatur, Leitfähigkeit, Trübung, pH-Wert sowie den Sauerstoffgehalt des Seewassers.



Aufnahmen von Schrägluftbildern der Ufer am Thunersee aus dem Helikopter in der Region Spiez.

Kein Anspruch auf Vollständigkeit

Auf Vollständigkeit hat das AWA dabei bewusst verzichtet, denn im Bernbiet gibt es insgesamt 825 Seen und Tümpel, von denen allerdings 83 Prozent kleiner sind als eine halbe Hektare (ha). Nur 42 Oberflächengewässer verfügen über eine Fläche von mehr als 5 ha. Weil die Kriterien des BAFU Stauseen mit starken künstlichen Schwankungen des Wasserspiegels ausschliessen, beschränkte man sich bei der Kartierung der Ökomorphologie schliesslich auf 34 stehende Gewässer. Zusammen weisen sie eine Uferlinie mit einer Gesamtlänge von gut 200 km auf, wovon allein die drei grossen Berner Seen 134 km ausmachen.

Als Grundlage für die Erfassung dienten verzerrungsfreie Luftaufnahmen (Orthofotos) und Schrägluftbilder, die man jeweils im Frühling der letzten Jahre aufnahm. Danach erfolgte die Übertragung der Daten in ein geografisches Informationssystem

(GIS) für die vier Bereiche Flachwasserzone, Uferlinie, Uferbereich (bis 15 m) und Hinterland (bis 50 m von der Uferlinie). Diese Unterteilung ermöglicht eine detaillierte Betrachtung des Natürlichkeitsgrades.

Stark verbaute Ufer

Die Uferlinien der drei grossen Seen sind generell stark verbaut, und ihre Ufer- und Hinterlandstreifen werden vielerorts intensiv genutzt. Dabei weist der Thunersee den grössten Anteil an künstlichen Ufern auf. Erhaltene Flachufer mit einer vollständigen Abfolge der Ufervegetation gibt es hier eigentlich nur noch im Gwattlischenmoos und in der Weissenau. Ein Grund für die starke Nutzung ist die natürliche Steilheit des Geländes, so dass sich Siedlungen und Infrastrukturanlagen – wie Verkehrsbauten – oft auf den Uferstreifen konzentrieren. Dies ist auch am Brienersee und am Nordufer des Bielersees der Fall, wo die erste Jurakette steil ins Wasser abfällt, während die Nutzungen auf der gegenüberliegenden Seeseite mit ihren vielen Flachufnern eher im Hinterlandstreifen liegen. An den beiden Oberländer Seen beschränken sich die noch relativ natürlichen Abschnitte grösstenteils auf Felswände und steile Wälder.

Deutlich besser sieht es hingegen an den kartierten Kleinseen aus. Im Berggebiet sowie im Wald dominieren eher extensive Nutzungen – wie Weidehaltung und Holznutzung –, welche die natürlichen Strukturen der Uferlandschaften kaum beeinträchtigen. Und selbst im Mittelland sind die Flachwasserzonen und Uferlinien meistens

Natürlichkeitsgrade der Seeufer im Kanton Bern.

- naturnah/natürlich
- wenig beeinträchtigt
- beeinträchtigt
- naturfremd
- künstlich

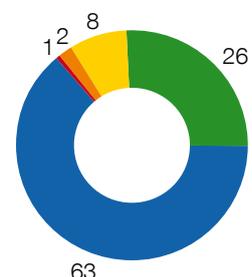
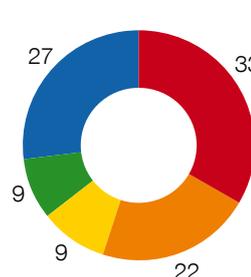
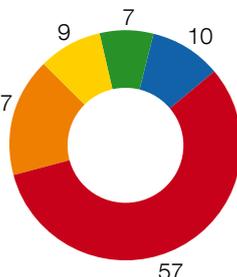
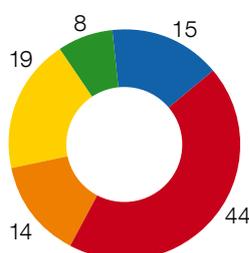
See Ökomorphologie

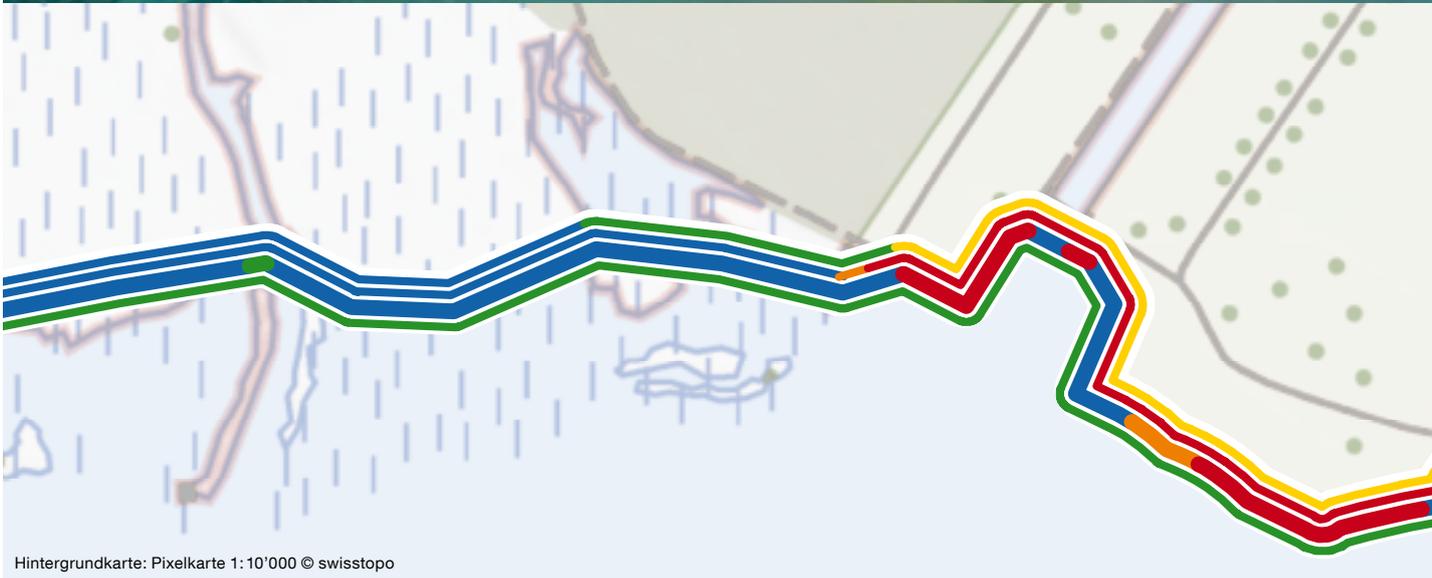
Brienersee Thunersee

Bielersee

Kleinseen

Werte in Prozentangaben





Hintergrundkarte: Pixelkarte 1:10'000 © swisstopo

weitgehend naturbelassen, zumal es sich bei diesen Kleinseen nicht selten um Naturschutzgebiete handelt. An den grösseren dieser Gewässer sind rund 90 Prozent der Uferlinie unverbaut. Dies gilt zum Beispiel für Inkwiler-, Burgäschi-, Lobsigen-, Gerzen-, Dittlig-, Übeschi-, Amsoldinger- und Moossee. Beeinträchtigungen treten hier weniger im Uferstreifen, sondern hauptsächlich im Hinterland auf, wo noch erhebliches Verbesserungspotenzial besteht.

Revitalisierungen als Ziel

Anhand der erhobenen Daten zur Struktur der Uferlandschaften, ihrer ökologischen Bedeutung und der bestehenden Anlagen im Uferbereich können Fachleute den Nutzen einer Revitalisierung für Natur und Landschaft im Verhältnis zum Aufwand abschätzen. Darauf basierend will der Kanton Bern zwischen 2019 und 2021 die Prioritäten für entsprechende Projekte festlegen

und dabei auch alle interessierten Behörden und Organisationen einbeziehen. Ab 2025 wird der Bund dann seine Beiträge für Revitalisierungsprojekte auf diese Planungen abstützen.

Sanierung des Inkwilersees

Unabhängig von den künftig geplanten Revitalisierungen der Seeufer haben die Anrainerkantone Bern und Solothurn am nordöstlich von Herzogenbuchsee gelegenen Inkwilersee bereits eingegriffen. Aufgrund der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung in seinem Einzugsgebiet – und im geringeren Mass auch durch Nährstoffeinträge aus der Siedlungsentwässerung – ist dieser gut 10 ha umfassende Kleinsee seit Jahrzehnten massiv überdüngt. Der Überfluss an Phosphor und Stickstoff begünstigt ein starkes Algenwachstum und führt während der Sommermonate zu einem Mangel an Sauerstoff im Tiefenwasser. Beim Über-

Abschnitt des Seeufers am Thunersee mit Gwattlischenmoos und Bonstettenpark.

Die Bewertung der vier Bereiche Flachwasserzone, Uferlinie (dicke Linie), Uferbereich und Hinterland erfolgt in der Karte von unten nach oben. Zuordnung der Farben vgl. Seite 40.



Das Einzugsgebiet des Inkwilensees ist primär landwirtschaftlich geprägt, was zu einer starken Überdüngung des Kleingewässers führt.

Zuerst entfernte ein Mähboot die Blätter und Stängel der Teichrosen. Danach saugte der Bagger das Sediment im Uferbereich bis in eine Tiefe von 1 Meter ab. Foto unten: Hansjörg Ryser, AfU Solothurn.

gang in die herbstliche Zirkulationsphase kommt es dadurch hin und wieder zu Fischsterben.

Die gegenüber dem natürlichen Prozess stark erhöhte Geschwindigkeit der Verlandung verkürzt die Lebensdauer des Kleingewässers. Bereits in den 1990er-Jahren haben die Behörden deshalb über ein Ausbaggern von Seesediment diskutiert, um die Verlandung zu verlangsamen und teilweise wieder rückgängig zu machen. 2011 stellten die Anrainerkantone dann ein umfassendes Sanierungskonzept vor und setzten in der Folge verschiedene seeexterne und see-

interne Massnahmen um. Die bereits 2014 in einem Pilotvorhaben getestete Sedimentbaggerung – als Kernprojekt der Sanierung – ist schliesslich im Herbst 2018 erfolgreich durchgeführt worden.

Dies bedingte umfangreiche Abklärungen und Vorarbeiten, weil es verschiedene Interessen – wie Archäologie, Natur- und Bodenschutz, Landwirtschaft oder Naherholung – zu berücksichtigen galt. Zuerst mähte man in einem rund 20 Meter breiten ufernahen Streifen den dichten Teichrosenbestand und entfernte dessen Wurzeln. Die abgetrockneten Pflanzenteile wurden als Gründüngung auf seenahen Feldern ausgebracht. Vor der eigentlichen Sedimententnahme kamen Taucher zum Einsatz und siedelten die im Arbeitsbereich vorkommenden Teichmuscheln um. Danach saugte ein Bagger auf dem Seegrund bis in 1 Meter Tiefe rund 14'000 Kubikmeter Sedimente ab. Das an Land in grossen durchlässigen Säcken abgetrocknete Material kam anschliessend einer landwirtschaftlichen Verwertung zugute.

Das erreichte Hauptziel der Sedimententnahme war eine, wenigstens vorübergehende, Erhöhung des Seevolumens im Uferbereich. Nun soll ein Monitoring in den nächsten Jahren zeigen, wie die verschiedenen Pflanzen und Tiere auf die Veränderungen ihres Lebensraums reagieren. Trotz des Eingriffs kann der Inkwilensee bei ungünstigen Wetterverhältnissen im Spätsommer weiterhin «kippen», weshalb Fischsterben auch künftig möglich sind.



Als ökologische Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen sind Vernässungsflächen und Amphibientümpel geplant. Das bisher nur auf Solothurner Seite bestehende Naturschutzgebiet soll neu auch auf Berner Kantonsgebiet und damit auf den ganzen See und seine Ufer ausgeweitet werden.

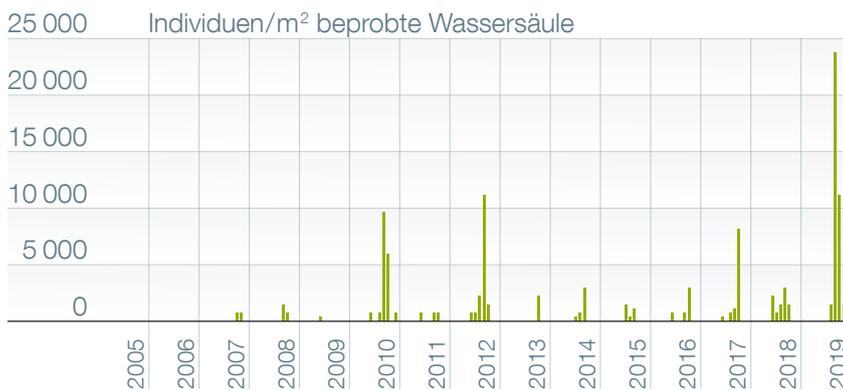
Hohe Wassertemperaturen im Hitzesommer 2018

Die intensive Sonneneinstrahlung im Sommer 2018 und die über lange Zeit herrschenden hohen Lufttemperaturen haben auch die Oberflächengewässer stark erwärmt. In den Kleinseen förderten das warme Wasser und die guten Lichtverhältnisse das Algenwachstum. Es ist davon auszugehen, dass Fische und andere Wasserlebewesen einen grossen Teil des Wasserkörpers deshalb über längere Zeit nicht mehr nutzen konnten, weil ihnen im Tiefenwasser der Sauerstoff fehlte. Das GBL hat dazu in der Berichtsperiode allerdings keine Messungen durchgeführt.

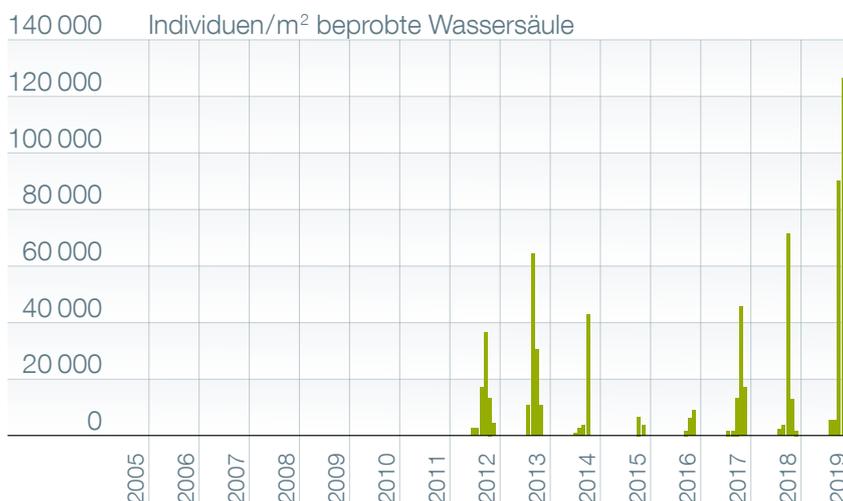
Erhärtete Daten liegen jedoch zu den drei grossen Berner Seen vor. Hier erreichten die Temperaturen in den oberflächlichen Wasserschichten über mehrere Wochen aussergewöhnlich hohe Werte. Das trockene Wetter führte allerdings auch zu unterdurchschnittlichen Nährstoffeinträgen, weil es weniger Abschwemmungen aus gedüngten Flächen gab. Zudem kam es aufgrund der Niederschlagsarmut auch seltener zu Entlastungen aus dem Kanalisationsnetz.

Im Bielersee zeigten die Planktonanalysen des GBL 2018 keine erhöhten Biomassen, und die Sauerstoffverhältnisse waren besser als in früheren Jahren. Im Gegensatz zu vielen Kleinseen konnten sich kälteliebende Fische in den grossen Seen der Sommerhitze durch einen Rückzug in tiefere Wasserschichten entziehen, ohne Gefahr zu laufen, dort wegen mangelndem Sauerstoff zu ersticken.

Entwicklung des *Thermocyclops crassus* im Bielersee



Entwicklung des *Thermocyclops crassus* im Murtensee



Vorteile für wärmeliebende Arten

Bei seinen Untersuchungen des tierischen Planktons hat das GBL im Bielersee 2006 erstmals den kleinen Hüpferling *Thermocyclops crassus* nachgewiesen, der dann ab 2009 in grösseren Beständen auftrat. Im Murtensee tauchte er 2011 mit noch höherer Häufigkeit auf und hat seither deutlich zugelegt. Im heissen Sommer 2018 beobachteten Fachleute die höchsten Besiedlungsdichten. Diese Entwicklung deutet darauf hin, dass die im Zuge des Klimawandels tendenziell steigenden Wassertemperaturen die Zuwanderung und Ausbreitung von wärmeliebenden Arten in unseren Gewässern begünstigen.

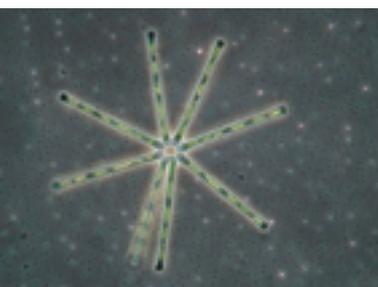
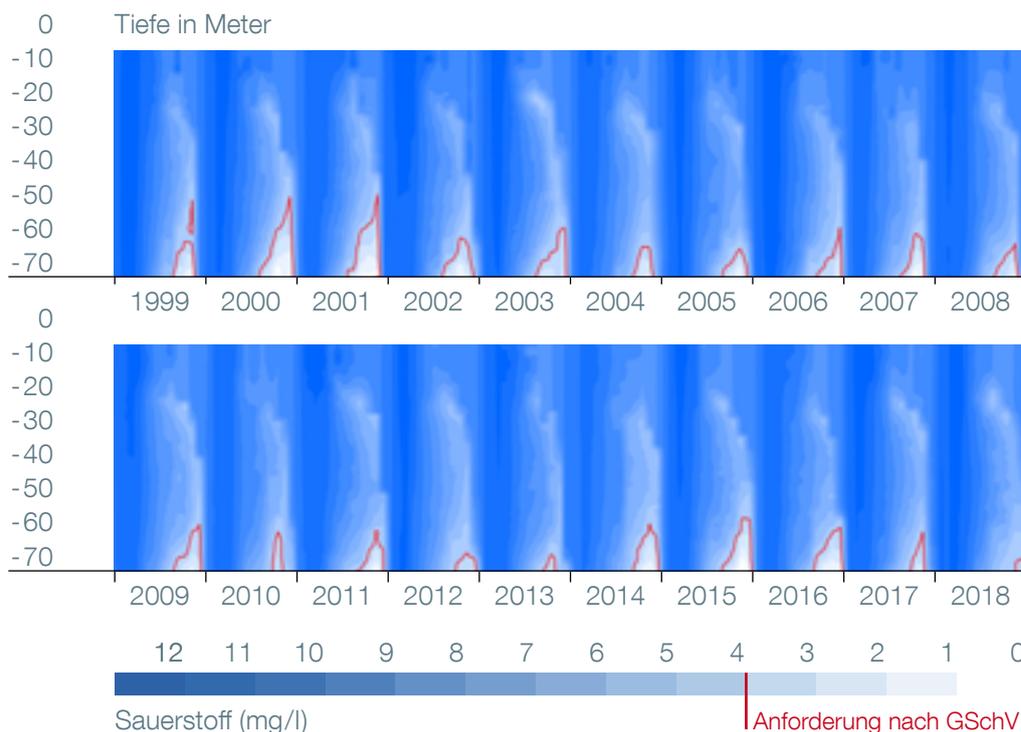
Gemäss der Fachliteratur liegen die bevorzugten Temperaturen des *Thermocyclops crassus* zwischen 25 und 30 Grad Celsius.

Steigende Wassertemperaturen begünstigen wärmeliebende Arten. Dies zeigt zum Beispiel die Entwicklung des kleinen Hüpferlings *Thermocyclops crassus* im Bieler- und Murtensee.



Sauerstoffentwicklung im Bielersee 1999 – 2018

2018 waren die Sauerstoffverhältnisse im Bielersee besser als je zuvor, seit das GBL entsprechende Messungen vornimmt. Ein Grund dafür dürfte der geringere Nährstoffeintrag als Folge der anhaltenden Sommertrockenheit sein.



Die Algenkolonie *Asterionella formosa* kommt in unterschiedlicher Häufigkeit in allen drei grossen Berner Seen vor.

Nährstoffsituation der drei grossen Seen

Die Nährstoffversorgung von Briener-, Thuner- und Bielersee widerspiegelt die zunehmende Nutzung entlang der Aare mit ihrem flussabwärts wachsenden Einzugsgebiet. Zuoberst ist der als ultra-oligotroph eingestufte Brienersee durch sein alpines Einzugsgebiet mit kargen Nährstoffverhältnissen und einer bloss geringen Planktonproduktion geprägt.

Im Thunersee misst das GBL zwar ähnlich tiefe Phosphorkonzentrationen, doch ermöglichen verschiedene Faktoren – wie Temperatur, Trübung und Verfügbarkeit der Nährstoffe – hier eine etwas höhere Pflanzenproduktion als im Brienersee. Dies schlägt sich auch in der Zusammensetzung und Häufigkeit des tierischen Planktons nieder. Sowohl Thuner- als auch Briener-

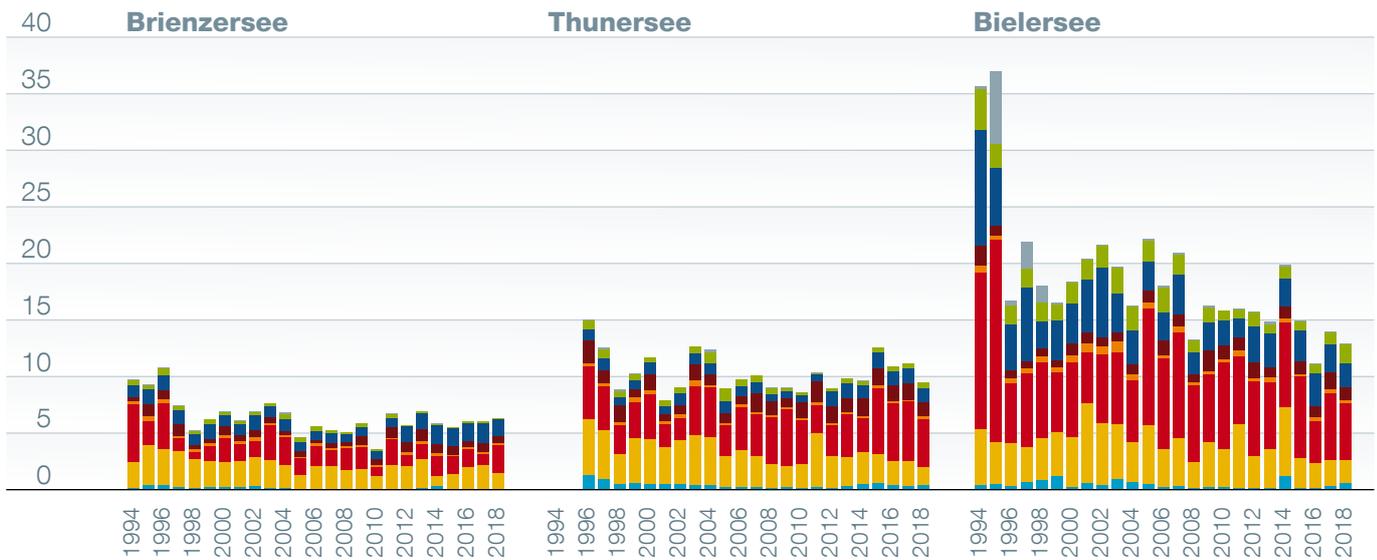
see entsprechen den Vorgaben der Gewässerschutzgesetzgebung und gelten als nährstoffarme und sehr saubere Gewässer. Der Bielersee ist das letzte grosse Gewässer in der Aarekette. Je nach Jahreszeit beträgt seine Wasseraufenthaltszeit nur wenige Wochen. Die Dynamik und der Nachschub von Nähr- und Schadstoffen via den Hagneckkanal sind entsprechend hoch. Deshalb weist der Bielersee – mit einem Zirkulationswert von 16 Mikrogramm Phosphor pro Liter im Februar 2018 – auch die höchsten Gesamtphosphor-Konzentrationen unter den drei bedeutenden Berner Seen auf. Damit einher geht ebenfalls eine deutlich höhere Biomasse des Phytoplanktons als im Briener- und Thunersee.

Die Erweiterung der grossen Kläranlagen mit einer vierten Reinigungsstufe zur Elimination der Mikroverunreinigungen verringert in Zukunft auch die Phosphorfracht, was sich entlastend auf den Bielersee auswirken wird. Die Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser entsprechen nämlich nach wie vor nicht den gesetzlichen Vorgaben. Ob die höheren Sauerstoffwerte der letzten beiden Jahre auf einen Trend zur generellen Verbesserung hinweisen, wird die nähere Zukunft zeigen.

Nutzungen im Einzugsgebiet der drei Seen

	Brienersee	Thunersee	Bielersee
Einzugsgebiet	1137 km ²	2252 km ²	8236 km ²
Siedlungen	1,9%	2,7%	6%
Landwirtschaft	21,5%	31,2%	45%
Übrige	76,6%	66,1%	49%

Jahresmittelwert der Algenbiomasse (g/m² beprobte Wassersäule)



Entwicklung des Phytoplanktons

Am Anfang der Nahrungskette im See steht das pflanzliche Plankton, welches seine Biomasse aus den im Wasser gelösten Nährstoffen und dem Sonnenlicht aufbaut. Die Zusammensetzung und Produktion der Algen wirkt sich denn auch entscheidend auf tierische Organismen wie das Zooplankton und die Fische aus.

Seit Mitte der 1990er-Jahre verfolgt das GBL die Entwicklung des Phytoplanktons, indem es den drei grossen Seen an den tiefsten Stellen jeweils einmal pro Monat Mischproben aus der oberen, lichtdurchfluteten Wasserschicht entnimmt. Je nach Gewässer variiert die Tiefenausdehnung dieser Schicht zwischen 15 und 40 Meter.

Das Algenwachstum wird hauptsächlich durch den Nährstoff Phosphor beeinflusst, der entweder über die Seezuflüsse oder indirekt über diffuse Einträge in die Gewässer gelangt. In allen drei Seen ist eine leicht bis deutlich abnehmende Tendenz der mittleren Jahresbiomasse zu beobachten. Diese Veränderungen widerspiegeln grösstenteils die Fortschritte im Bereich der Siedlungsentwässerung und sind Ausdruck der verschiedenen Massnahmen zur Verringerung der Nährstoffeinträge. Je höher die Flächenanteile der Nutzungen in den Einzugsgebieten, desto grösser sind jeweils auch die mittleren Jahresbiomassen der drei Seen und zwar unabhängig von der Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung oder der Einwohnerzahl pro Siedlungs-

fläche. In den drei Gewässern überwiegen die Gruppen der Kieselalgen und Goldalgen, welche eher wenig bis mässig nährstoffreiches Wasser bevorzugen.

Verbesserung des ökologischen Zustands

Ziel der Gewässerschutzverordnung ist ein guter bis sehr guter ökologischer Zustand der ober- und unterirdischen Wasserressourcen. Es gibt verschiedene Methoden, um den natürlichen Zustand von Seen zu beurteilen. Eine davon ist der in Deutschland entwickelte Phyto-See-Index (PSI), der unter anderem auf einer Auswertung von diversen Algendaten und Chlorophyll-a-Gehalten basiert. Der gemäss den Vorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie erarbeitete PSI ordnet den jeweiligen Algenarten – mit Hilfe eines Vergleichs zahlreicher Seen in Mitteleuropa – einen Zeiger-

- Blaualgen
- Goldalgen
- Kieselalgen
- Kalkalgen
- Panzerflagellaten
- Schlundalgen
- Grünalgen
- Diverse

Jahresmittelwerte der Algenbiomasse im oberflächennahen Wasser der drei grossen Berner Seen in Gramm pro Quadratmeter. Flussabwärts nimmt mit dem wachsenden Einzugsgebiet der Aare und dem höheren Nährstoffeintrag auch die Produktion von pflanzlichem Plankton zu.

Arbeit im GBL am Mikroskop zur Bestimmung des pflanzlichen Planktons.



Phyto-Seen-Index PSI

Der Phyto-See-Index (PSI) für Briener- und Thunersee sowie für die drei Jurarandseen dokumentiert anhand der Algenvorkommen die Erfolge des technischen Gewässerschutzes.



Die Untersuchung der Kleinkrebschen erfolgt im Briener- und Thunersee mit monatlichen Netzzügen von der Wasseroberfläche bis in 100 Meter Tiefe, respektive bis in 70 Meter im Bielersee.



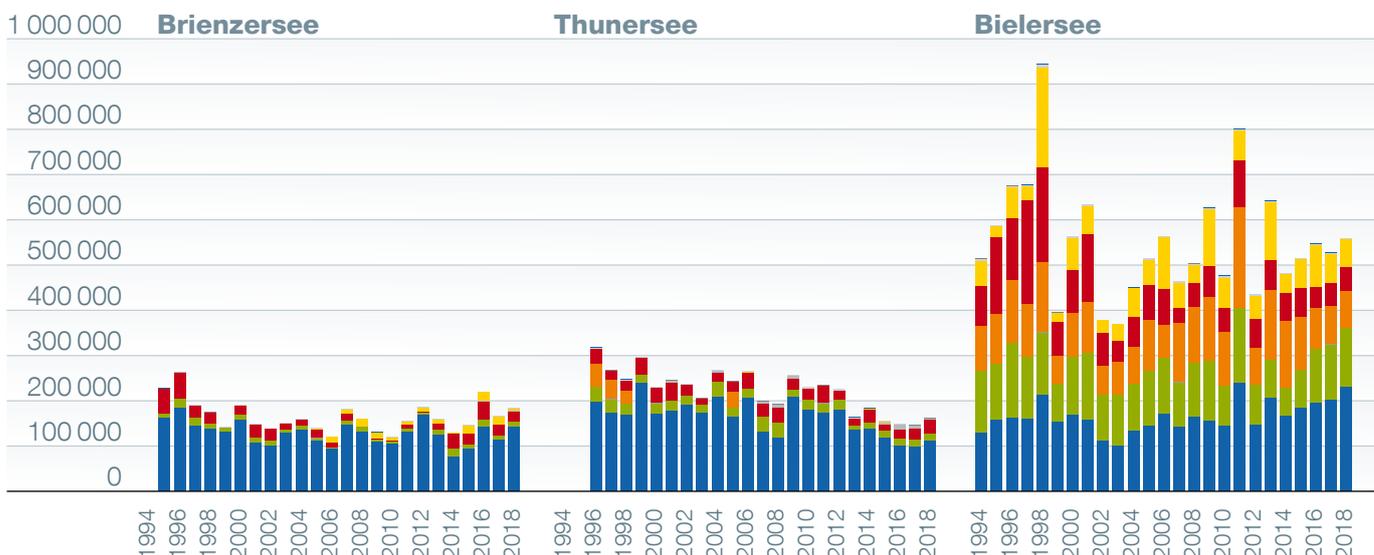
wert für unterschiedliche ökologische Zustände zu. Ein Beispiel für eine der über 200 Zeigerarten für die Alpen- und Voralpenregion ist die in allen drei grossen Berner Seen vorkommende Kieselalgenkolonie *Asterionella formosa*. Sie bevorzugt einen guten bis sehr guten ökologischen Zustand des Gewässers.

Gemäss dem Algenindex erfüllen der Briener- und Thunersee das oberste Gewässerschutzziel bereits seit rund 10 Jahren. Die drei Jurarandseen zeigen ebenfalls positive Tendenzen, weist der PSI doch aktuell auf einen guten Zustand hin.

Entwicklung des Zooplanktons

Das Zooplankton ist Teil des komplexen Nahrungsnetzes im See. So spielen zum Beispiel einige Arten von Kleinkrebschen eine wichtige Rolle als Futtergrundlage für planktonfressende Fische wie etwa die Felchen. Diese Crustaceen haben sich denn auch als Zeigerorganismen für die Beschreibung des Seezustands etabliert und werden bereits seit Jahrzehnten untersucht. In der Regel sind die dabei dokumentierten Veränderungen eher unauffällig und betreffen oft einzelne Arten und weniger die Gesamtvorkommen und die Verteilung der Hauptgruppen.

Entwicklung des Zooplanktons Jahresmittelwert (Individuen/m² beprobte Wassersäule)



Im Briener- und Thunersee bilden Ruderfusskrebse mit Schwebekrebschen und Hüpferlingen die wichtigsten Gruppen des Crustaceen-Planktons und dominieren zahlenmässig klar. Im Sommer und Herbst erreichen aber auch die Wasserflöhe recht hohe Anteile. Die zeitliche Entwicklung zeigt generell wenig deutliche Veränderungen. Im Brienersee ging die Gesamthäufigkeit bis 2006 leicht zurück und steigt seither tendenziell wieder an. Der Thunersee zeigt insgesamt eine leicht abnehmende Tendenz und nach 2013 kaum mehr stärkere Massenentwicklungen einzelner Gruppen im Sommer.

Auffallend ist vor allem die Entwicklung der Wasserflöhe im Brienersee. Nach einem fast totalen Ausfall der Daphnien im Jahr 1999, das vom Lawinenwinter und den Mai-Hochwassern geprägt war, fehlte in den Folgejahren die Sommergeneration. Ab 2008 waren diese Wasserflöhe dann fast völlig verschwunden. Erst ab Herbst 2013 zeigte sich eine bis heute anhaltende Erholung der Bestände – mit Ausnahme eines Aussetzers im Sommer 2015 nach der Spülung des Stausees Räterichsboden im Grimselgebiet. Fachleute gehen allerdings davon aus, dass die Erholung der Daphnien nicht von Dauer ist, weil der von Natur aus sehr geringe Nährstoffgehalt eine stabile Lebensgemeinschaft erschwert. Damit

dürften die Lebensbedingungen für Wasserorganismen – und damit auch für die Fische – im kargen Brienersee auch in Zukunft labil bleiben.

Im Bielersee zeigt das Crustaceenplankton eine ganz andere Zusammensetzung. Neben den im Oberland bekannten Arten kommen viele weitere dazu. Zwar sind die Schwebekrebschen mit den gleichen Arten vertreten und kommen auch in ähnlichen Mengen vor, doch haben die Hüpferlinge im Bielersee eine viel wichtigere Bedeutung. Innerhalb dieser Gruppe finden seit den 1970er-Jahren die grössten Verschiebungen hin zu Arten aus weniger stark gedüngten Gewässern statt. Ähnlich verläuft die Entwicklung auch bei den Blattfusskrebse, wo die Bestände der Wasserflöhe und Rüsselkrebse ebenfalls eine abnehmende Belastung des Sees mit Nährstoffen signalisieren.



Die wichtigsten Gruppen des Crustaceenplanktons von links nach rechts und von oben nach unten: Schwebekrebschen, Hüpferlinge, Wasserflöhe, Springwasserflöhe, Rüsselkrebse und Glaskrebs.

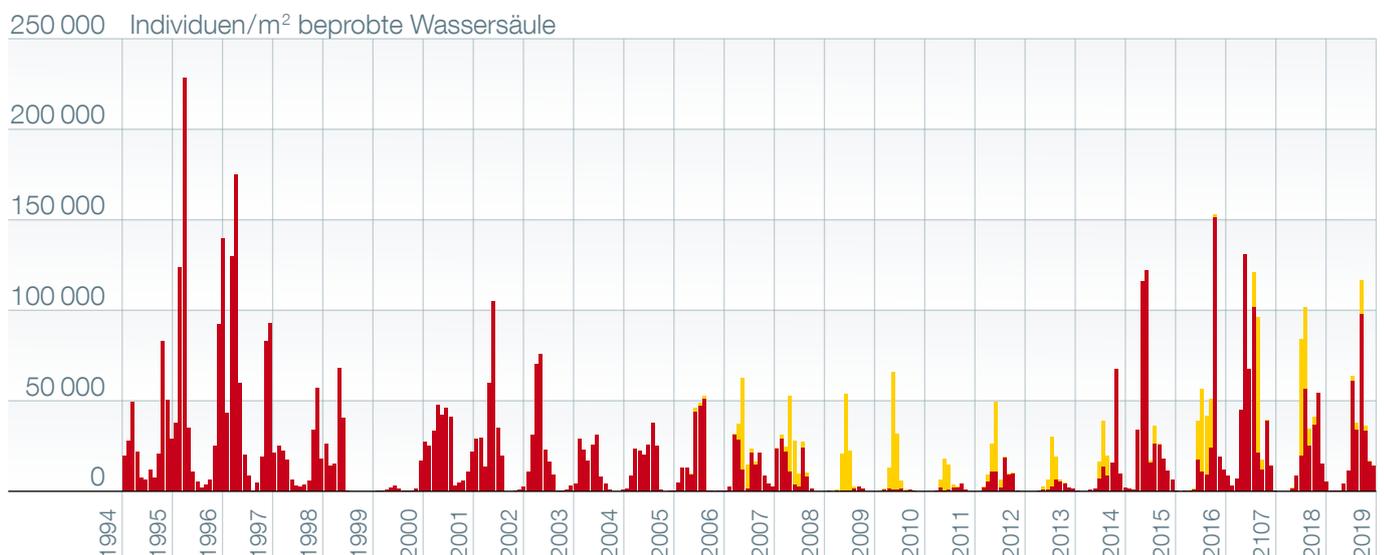
Weitere Informationen

Ökomorphologie der Seeufer:
www.be.ch/awa > Gewässerqualität
 > awa fakten
 Geoportal des Kantons Bern:
www.be.ch/geoportal > Karten
 > Ökomorphologie

Im Brienersee füllen die deutlich kleineren Springwasserflöhe die Lücken im Bestand der früher viel häufigeren Wasserflöhe.

■ Springwasserflöhe
 ■ Wasserflöhe

Springwasserflöhe und Wasserflöhe im Brienersee





Impressum

Herausgeber

AWA Amt für Wasser und Abfall
Gewässer- und Bodenschutzlabor
Reiterstrasse 11, 3011 Bern
Telefon +41 31 633 38 11
info.awa@bve.be.ch / www.be.ch/awa

September 2019

Autoren

Paul Borer, Katrin Guthruf, Vinzenz Maurer, Claudia Minkowski,
Matthias Ruff, Rico Ryser, Rolf Tschumper, Markus Zeh (alle AWA)
Beat Jordi, Journalist, Biel

GIS-Karten

Esther Schönthal

Bilder

Markus Bracher, Vinzenz Maurer, Daniel Schlüssel,
Rolf Tschumper, Markus Zeh

Produktion

Grafik & Gestaltung: Designstudios GmbH, Bern
Druck: Vögeli AG, Langnau i. E.

Papier

Pureprint ungestrichen, FSC zertifiziert, EU Ecolabel