

Jahresbericht 2010





Die Eawag ist das Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs. Zu diesem gehören neben den beiden Hochschulen ETH Zürich und ETH Lausanne (EPFL) die vier selbstständigen Forschungsinstitutionen Empa, PSI, WSL und Eawag. Die Eawag befasst sich – national verankert und international vernetzt – mit Konzepten und Technologien für einen nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser und den Gewässern. In Zusammenarbeit mit Hochschulen, weiteren Forschungsinstitutionen, öffentlichen Stellen, der Wirtschaft und mit Nichtregierungsorganisationen trägt die Eawag dazu bei, ökologische, wirtschaftliche und soziale Interessen an den Gewässern in Einklang zu bringen. Sie nimmt damit eine Brückenfunktion wahr zwischen Wissenschaft und Praxis. An den Standorten Dübendorf (Zürich) und Kastanienbaum (Luzern) sind insgesamt 450 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Forschung, Lehre und Beratung tätig.

Umschlagsbild

Cornelia Kienle und Tamas Mengesha vom Oekotoxzentrum der Eawag und ETH Lausanne diskutieren über die Kultivierung von Grünalgen; im Vordergrund sieht man eine Anlage zur Festphasenextraktion chemischer Substanzen aus Wasserproben. Das Oekotoxzentrum untersucht und beurteilt die Wirkung von Chemikalien auf die Umwelt und engagiert sich in der Beratung und Weiterbildung (siehe auch Seite 44).

Foto: Peter Schönenberger, Winterthur

Inhalt

- 2 Wort der Direktorin
- 4 Höhepunkte 2010

6 Forschen

- 8 Flüsse weltweit in der Krise
- 10 Was tun mit dem Spitalabwasser?
- 12 Hahnenwasser ist beliebt
- 13 Viele Fliegen auf einen Streich
- 14 Ein Leben ohne Arsen
- 16 Stauseen stossen Treibhausgase aus
- 18 Gutes Wasser aus dem Bodensee
- 19 Risikobehaftete Abbauprodukte
- 20 Überleben im Chemikalienscocktail
- 22 Anpassungsfähige Frösche
- 23 Schweres Erbe aus dem Gletscher
- 24 Umweltgeschichte aus einem türkischen See



26 Lehren

- 28 Komplementäre Zusammenarbeit
- 29 Analysieren und kommunizieren
- 30 Sich praxisorientiert weiterbilden
- 32 Den Horizont erweitern
- 34 Im Wald für Beruf und Leben lernen



36 Beraten

- 38 Mehr sauberes Wasser für diese Welt
- 39 Fische und Fischer in Bedrängnis
- 40 Geld und Energie sparen in der Abwasserreinigung
- 42 Künstlich beatmet
- 44 Viel versprechende Biotests
- 46 Das Grundwasser lebt



48 Die Eawag 2010

- 49 Eawag im Dialog
- 50 Auszeichnungen
- 50 Infrastruktur
- 51 Umweltmanagement
- 52 Chancengleichheit
- 52 Personelles
- 54 Organisation
- 55 Personen
- 55 Aktivitäten
- 56 Finanzen



Die Probleme von heute lösen, die Probleme von morgen erkennen



Eine der grossen Herausforderungen unserer Zeit ist es, dem Bedarf des Menschen nach Wasser gerecht zu werden und gleichzeitig die aquatische Umwelt und ihre Ökosystemdienstleistungen zu bewahren. Die Eawag trägt mit fundierter Fachberatung und angewandter Wissenschaft zur Lösung dieser Probleme bei. Um zukünftige Problemfelder voraussehen und benennen zu können, braucht es die Forschung als Innovationsquelle und die Lehre, um die Experten von morgen auszubilden.

Treue Leserinnen und Leser des Eawag-Jahresberichts werden in dieser Ausgabe gewisse Veränderungen der Struktur feststellen. Unter der Rubrik «Höhepunkte» zu Beginn wollen wir in Zukunft herausragende Leistungen der Eawag würdigen. Zudem orientiert sich der Jahresbericht nicht mehr an den drei sogenannten Handlungsfeldern (aquatische Ökosysteme, urbane Wassersysteme, Chemikalien und Effekte), sondern am gesetzlichen Auftrag der Eawag: im Bereich Wasserwissenschaft und -technologie zu forschen, zu lehren und zu beraten.

Obwohl Forschung, Lehre und Beratung drei eigenständige Bereiche darstellen, sind sie doch integral miteinander verbunden. Beratung benötigt Forschung als Quelle für Innovationen und neue Lösungen, stellt diese auf der anderen Seite aber auch immer wieder vor neue Herausforderungen. Die Lehre ist nicht nur eine Investition in die Zukunft, sondern trägt überdies neue Perspektiven und Fragen in die Forschung und stellt eine Plattform für die Integration und Synthese neuen Wissens dar.

Der Schutz der Umwelt sichert unsere Zukunft

Eine zentrale Lektion des internationalen Jahres der Biodiversität 2010 ist die Erkenntnis, dass nur eine intakte biologische Vielfalt die für uns Menschen überlebenswichtigen Ökosystemdienstleistungen wie sauberes Wasser oder Nahrung sicherstellt. Besonders die Bedrohung und der Verlust der Biodiversität in Süsswasserökosystemen (Seite 8) bedingen dringend ein besseres Verständnis dafür, wie der Mensch in aquatische Lebensräume eingreift. Die Eawag hat dazu im vergangenen Jahr verschiedene Beiträge geleistet: Eawag-Wissenschaftler wiesen unter anderem unerwartete anthropogene Veränderungen der Bio-Geochemie von Ökosystemen nach, zum Beispiel, dass Stauseen das Klimagas Methan produzieren und ausstossen (Seite 16); untersuchten das Vorkommen von Mikroschadstoffen in Gewässern (Seiten 18 und 19) einschliesslich heute verbotener Substanzen, die durch das Abschmelzen der Gletscher wieder in die Umwelt gelangen (Seite 23); analysierten, am Beispiel von Fröschen, die sich evolutiv an unterschiedlich saure Milieus anpassen, wie Ökosysteme oder ihre Organismen mit Umweltveränderungen umgehen können (Seite 22). Vor dem Hintergrund der Wichtigkeit öko-toxikologischen Wissens für Gesellschaft und Fachleute freut sich die Eawag auch über die praxisorientierten Aktivitäten des Schweizerischen Zentrums für angewandte Ökotoxikologie der Eawag und ETH Lausanne und die Ernennung von Inge Werner zu dessen neuer Leiterin besonders (Seite 44).

Wie sich die negativen Auswirkungen des Menschen auf die aquatische Umwelt verringern lassen, ist ein weiterer Forschungsschwerpunkt der Eawag. Um die Belastung der Gewässer durch Medikamente zu reduzieren, evaluierten Wissenschaftler beispielsweise, wie mit Spitalabwässern am besten zu verfahren ist (Seite 10). Zudem entwickelte die Eawag für die Schweiz und Entwicklungsländer innovative Technologien, mit denen sich bei der Abwasserreinigung Energie und Nährstoffe zurückgewinnen lassen (Seite 40) oder welche die negativen Auswirkungen von zu nährstoffreichen Seen dämpfen (Seite 42).

Technische Lösungen alleine garantieren die Umsetzung von Umweltmassnahmen nicht. Vielmehr entscheiden oft sozioökonomische und sozialpsychologische Faktoren über deren Erfolg oder Misserfolg. Die Bedeutung solcher Faktoren untersuchten Eawag-Forschende in zwei völlig unterschiedlichen Fällen: bei Menschen in Bangladesch und ihrem Umgang mit arsenverseuchtem Trinkwasser (Seite 14) sowie bei Menschen in der Schweiz und ihrer Vorliebe, Wasser ab Hahn oder aus der Flasche zu trinken (Seite 12).

Ein Ausblick auf 2011

2011 feiert die Eawag ihren 75. Geburtstag. Dies ist nicht nur eine Gelegenheit, um vergangene Errungenschaften zu zelebrieren, sondern auch um sich kritische Gedanken zur zukünftigen Ausrichtung zu machen. Während ihrer ganzen Geschichte lag der Fokus der Eawag auf der Lösung wasserspezifischer Probleme, mit denen die Gesellschaft in der Schweiz und weltweit konfrontiert war. Die Eawag realisierte schon früh die Notwendigkeit eines soliden wissenschaftlichen Fundaments, um diese Probleme anzugehen. Später erkannte sie, dass auch die Entscheidungsprozesse in der Gesellschaft wissenschaftlich fundierte Unterstützung brauchen und damit die Notwendigkeit, Sozialwissenschaften in die Natur- und Ingenieurwissenschaften zu integrieren.

Vor diesem Erfahrungshintergrund entsteht zurzeit die Strategieplanung 2012 bis 2016 der Eawag, die 2011 abgeschlossen sein wird. Eine der grossen Herausforderungen unserer Zeit ist es, dem Bedarf des Menschen nach Wasser gerecht zu werden und gleichzeitig die aquatische Umwelt und ihre essenziellen Dienstleistungen zu erhalten. Die Eawag wird auch in Zukunft mit richtungsweisender Wissenschaft dazu beitragen, die Bereitstellung von Wasser für die Gesundheit der Menschen und der Schutz des Wassers für die Gesundheit der Ökosysteme zu sichern und die gegensätzlichen Ansprüche in Balance zu halten.

Ich freue mich, nicht nur zusammen mit meinen Kolleginnen und Kollegen an der Eawag die vergangenen Errungenschaften und Beiträge zu Wissenschaft und Gesellschaft zu feiern, sondern die Tradition der Eawag fortzuführen. Es ist ein grosses Privileg, ein solch bedeutendes Werk mitzugestalten, und ich bin überzeugt, dass die Eawag ihre Verantwortung gegenüber der Gesellschaft auch in Zukunft genauso erfolgreich wahrnehmen wird wie während der letzten 75 Jahre.

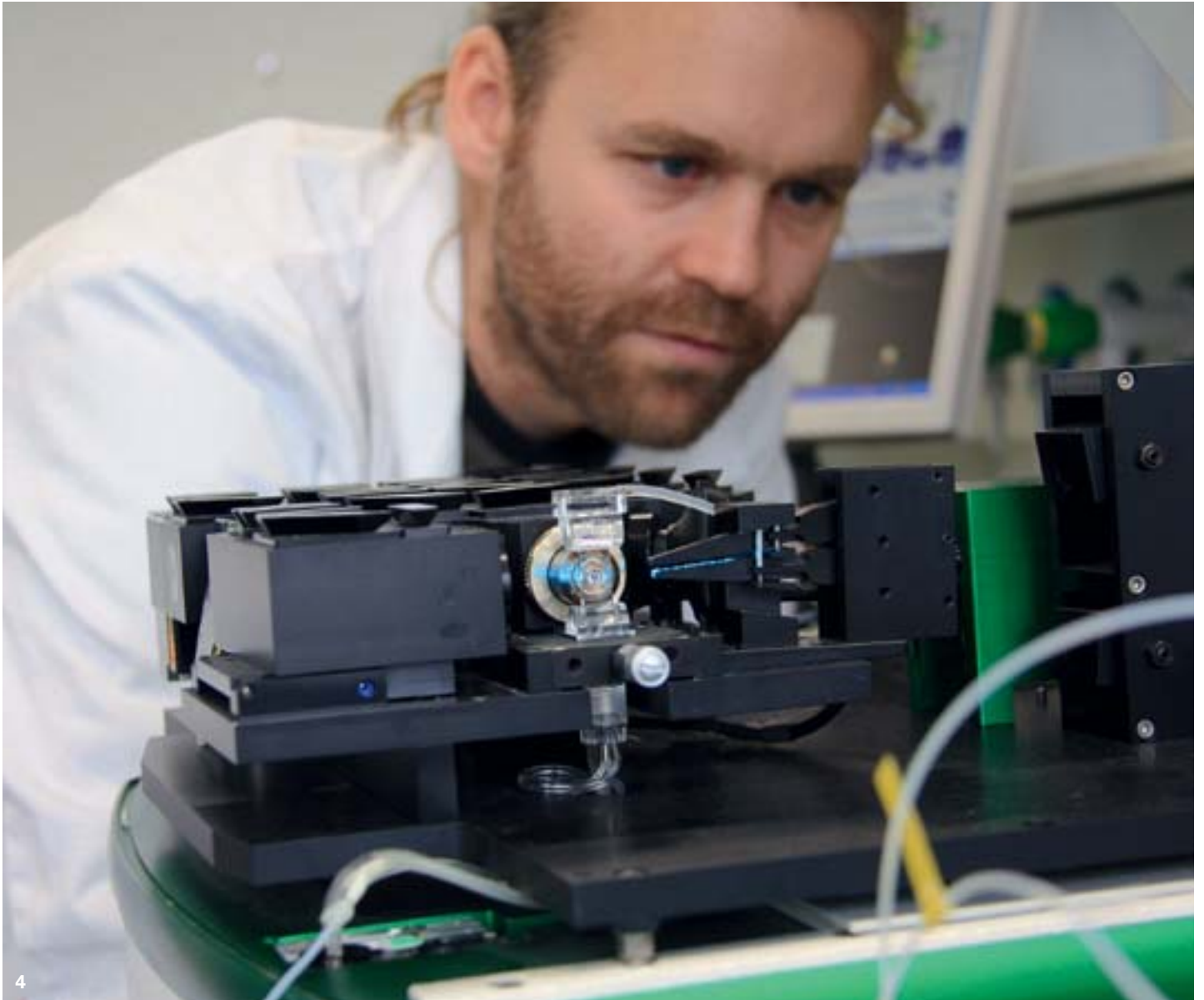


Janet Hering, Direktorin



Höhepunkte 2010

- 1** Die Bill-und-Melinda-Gates-Stiftung unterstützt ein Projekt der Eawag und der Wasserversorgung eThekweni in Durban, Südafrika, mit drei Millionen Franken (im Bild Projektleiter Kai Udert und Obed Mlaba, Bürgermeister von Durban). Dabei will man innovative Lösungen zur Verbesserung der Siedlungshygiene erarbeiten und Methoden zum Recycling von Stickstoff, Phosphor und Kalium aus Urin weiterentwickeln. Das Projekt schliesst an das Eawag-Engagement in Nepal an, wo Forschende die Produktion des Düngers Struvit aus Urin wissenschaftlich begleiteten.
- 2** Über 200 Fachleute aus Wissenschaft, Wasserwirtschaft, Verwaltung und Politik liessen sich am jährlichen Infotag der Eawag über neue Forschungsergebnisse aus dem Bereich Biodiversität im Süsswasser informieren.
- 3** Der ETH-Rat hat vier Forschende der Eawag zu Professoren gewählt. Er wählte Janet Hering (Dritte von links) und Urs von Gunten zu ordentlichen Professoren der ETH Lausanne und ernannte die Umwelttoxikologin Kristin Schirmer (Zweite von links) und die Umweltchemikerin Juliane Hollender zu Titularprofessorinnen der ETH Lausanne beziehungsweise der ETH Zürich.
- 4** Ein Forschungsteam um Fredrik Hammes und Thomas Egli von der Eawag erhielt 2010 den Muelheim Water Award. Es hat zusammen mit zwei Kollegen der Wasserversorgung Zürich auf Basis der Durchflusszytometrie eine neue praxistaugliche Methode zur Bewertung von Trinkwasser entwickelt (siehe Artikel Seite 46).
- 5** Der Wissenschaftsbeobachtungsdienst von Thomson Reuters zeichnete in der Rubrik «Umwelt und Ökologie» zwei wissenschaftliche Publikationen der Eawag als herausragend aus. Renata Behra untersuchte in ihrer im Fachmagazin «Environmental Science and Technology» veröffentlichten Arbeit die Toxizität von Nanosilber; die Studie von Ole Seehausen im Wissenschaftsmagazin «Nature» beleuchtet die Artbildung bei Buntbarschen.
- 6** Eine Studie unter Mitarbeit von Eawag-Forscher Mark Gessner in der Zeitschrift «Nature» zeigt erstmals im globalen Massstab, wie stark Flüsse unter Druck sind. Bedroht ist nicht nur die wichtigste Ressource der Menschheit, das Süsswasser, sondern auch die Biodiversität der Flusssysteme (siehe Artikel Seite 8).



4



5

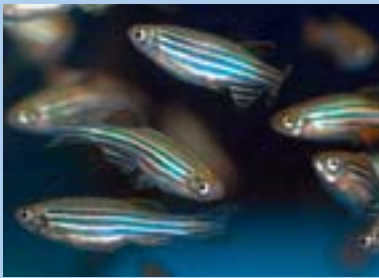


6

Forschen

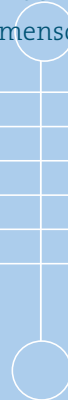
Lehren

Beraten



Die Eawag bestätigte 2010 mit verständnis- und lösungsorientierter Forschung ihre weltweit führende Position im Bereich der aquatischen Wissenschaften und Technologie. Gesundheit durch gute Wasserversorgung und Hygiene sowie das Funktionieren der Ökosysteme und ihre Nutzung standen dabei im Vordergrund. Als Weiterentwicklung des Abwasserprojektes Novaquatis zur Urinseparierung wurden 2010 verschiedene Projekte im Bereich der dezentralen Aufbereitung der Abwasserströme zusammen mit industriellen Partnern und Nutzerinnen und Nutzern umgesetzt.

Ausserdem wurde im Frühjahr 2010 das Nationale Forschungsprogramm NFP 61 «Nachhaltige Wassernutzung» gestartet, an dem die Eawag wesentlich beteiligt ist. Sie kann hier vor allem ihre Stärke in der interdisziplinären und transdisziplinären Forschung nutzen. Auch im NFP 64 «Chancen und Risiken von Nanomaterialien» überzeugte die Eawag mit ihrer Expertise. Das Projekt bietet den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern die Möglichkeit, die Wirkung von Nanomaterialien in der Umwelt zu prüfen und Empfehlungen für die Schweiz auszuarbeiten. Mit der Einrichtung ihres Kompetenzzentrums Ökologie, Evolution und Biogeochemie (CEEB) setzt die Eawag in Kastanienbaum zudem einen Schwerpunkt in der Forschung über die Funktionsweise der aquatischen Ökosysteme. Auf der Basis dieser Erkenntnisse kann sie in Zukunft die Wirkung von menschlichen Eingriffen in die Umwelt genauer beurteilen.



Michael Berg

Detektivarbeit am Tatort Boden

«An schätzungsweise 3000 Standorten in der Schweiz ist der Boden mit Altlasten verunreinigt», sagt der Umweltchemiker Michael Berg. Vor allem in Metall verarbeitenden Betrieben und chemischen Reinigungen sei man früher unachtsam mit chlorierten Lösungsmitteln



umgegangen. «Es muss verhindert werden, dass diese Chemikalien heute via Grundwasser ins Trinkwasser gelangen», sagt Berg. Das heisst, der Boden muss abgetragen, ausgespült oder mit Hilfsstoffen

und Mikroorganismen gereinigt werden. Das ist meistens aufwändig und teuer. Eine günstigere Alternative ist «natural attenuation», auf Deutsch «Verminderung durch die Natur». Berg: «Der Mensch unternimmt für einmal nichts und überlässt es der Natur, die Schadstoffe abzubauen.» Jedoch kann der Prozess je nach Bodenbeschaffenheit Jahrzehnte bis Jahrhunderte dauern. Der Forscher entwickelt daher Methoden, um das Potenzial des Bodens, sich quasi selbst zu reinigen, bestimmen zu können. Mit der sogenannten Isotopenanalyse kann Berg sogar vergangene Prozesse rekonstruieren und künftige voraussagen. «Der Boden ist für mich wie ein Tatort – ich will herausfinden, welche Vorgänge sich dort abgespielt haben.»

Kathrin Fenner

Risikoanalyse vom Computer

Wie verhalten sich chemische Stoffe in der Umwelt? Und was wäre ein nachhaltiger Umgang mit ihnen? Diesen Fragen geht die Umweltchemikerin Kathrin Fenner seit über zehn Jahren nach. Zurzeit kämen weltweit mehr als 100 000 Chemikalien zum Einsatz, sagt sie. «Viele davon stellen ein Risiko für unsere Gewässer dar.» Mit ihrer



Forschung trägt Fenner dazu bei, die Sicherheit von Trinkwasser und Oberflächengewässern zu verbessern. Dazu arbeitet sie aber nur selten am Gewässer selbst – sondern vor allem am Computer.

Die Forscherin entwickelt mathematische Modelle, um das Risiko neuer Chemikalien abzuschätzen, bevor diese gesetzlich zugelassen werden. «Früher wurden in solchen Modellen oft nur die Ausgangsstoffe berücksichtigt», sagt Fenner.

Allerdings werden die Chemikalien im Wasser chemisch umgewandelt, vor allem von Mikroorganismen. «Dabei entstehen Zwischenprodukte, die es im Modell ebenso zu beachten gilt.» Dank der Zusammenarbeit mit Analytikern der Eawag kann Fenner die Modelle laufend mit empirischen Daten abgleichen und entsprechend verbessern. Die Forscherin arbeitet zudem in Expertengremien in der Schweiz und in Europa mit, um die neusten wissenschaftlichen Erkenntnisse direkt in die behördlichen Richtlinien einfließen zu lassen.

Katja Räsänen

Veränderungen auf der Spur

Die Umwelt verändert sich laufend – und mit ihr verändern sich auch ihre Bewohner. «Doch nicht alle Arten und Individuen können das gleich gut», sagt die Biologin Katja Räsänen. Warum diese Unterschiede? In einem See auf Island untersucht Räsänen die Fresswerkzeuge



des Dreistachligen Stichlings. Deren Form hat sich zwischen 1998 und heute deutlich verändert. Da in dieser Zeit auch die Zahl der Zuckmückenlarven, Hauptnahrung der Stichlinge, stark schwankte, vermutet Räsänen, dass die Fische ihre Fresswerkzeuge mit der Zeit an anderen Beutetieren anpassten: «Da sehen wir wohl einen ganz kurzen Abschnitt aus der Evolution.» Doch die Gene bestimmen

nicht alles. Wie stark sich die Stichling-Männchen um ihren Nachwuchs kümmern würden, sei zum Beispiel hauptsächlich durch die Umwelt bestimmt. «Noch einen anderen Mechanismus finden wir bei den Moorfröschen», sagt Räsänen. Wenn die Mutter aus einer sauren Umwelt stamme, könne sie ihrem Nachwuchs einen Vorteil mit auf den Weg geben. Dazu verändert sie die Gallerthülle um ihre Eier, was die Überlebenschancen der Embryos in saurem Wasser erhöht. Für ihre Forschung kombiniert Räsänen unterschiedliche Methoden: von der Untersuchung der Tiere im Feld über Laborexperimente bis hin zu molekulargenetischen Untersuchungen. «Nur so kann ich zuverlässige Schlüsse ziehen – sonst sieht man immer nur einen Teil des Ganzen.»

Flüsse weltweit in der Krise

Erstmals zeigt eine Studie, wie stark Flüsse weltweit unter Druck sind. Bedroht ist nicht nur das Süsswasser, sondern auch die Biodiversität der Flusssysteme. Die Arbeit macht deutlich, wie stark die gute Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in Mitteleuropa und Nordamerika die Bevölkerung über den schlechten Zustand der Gewässerbiodiversität hinwegtäuschen.

Von der Gewässerverschmutzung, der Landnutzung über den Verlust von Feuchtgebieten, den Bau von Dämmen und Stauseen bis zur Verbreitung von invasiven Tierarten: Daten von insgesamt 23 Faktoren hat ein internationales Forscherteam zusammengetragen, um den Zustand der Flüsse weltweit zu beurteilen. Mit einem komplexen digitalen Gewässermodell erstellten die Wissenschaftler daraus anschliessend globale Karten der Gesamtbelastung für die grossen Flusssysteme der Erde.

Die im September 2010 in der Fachzeitschrift Nature publizierte Arbeit macht deutlich, dass rund 80 Prozent der Weltbevölkerung von überdurchschnittlich stark belasteten Flüssen abhängig sind. Vielfach gefährden dieselben Faktoren gleichzeitig sowohl die menschliche Nutzung sauberen Wassers in ausreichenden Mengen als auch die Biodiversität. So schmälert zum Beispiel die Abkopplung der Auen von einem Fluss den Hochwasserrückhalt und die Grundwasseranreicherung und entzieht gleichzeitig selten gewordenen Arten den Lebensraum.

Die Schweiz ein Entwicklungsland

«Wir dürfen die Fragen rund um das Wasser für den Menschen und um die Biodiversität nicht länger getrennt voneinander betrachten», sagt Mark Gessner, der an den Untersuchungen mitbeteiligt war und bis Ende 2010 an der Abteilung Aquatische Ökologie der Eawag forschte. Der Gewässerökologe ist einer der Initiatoren des interdisziplinären Projekts, das aus einer Zusammenarbeit zwischen dem Internationalen Wissenschaftsforum für Biodiversität

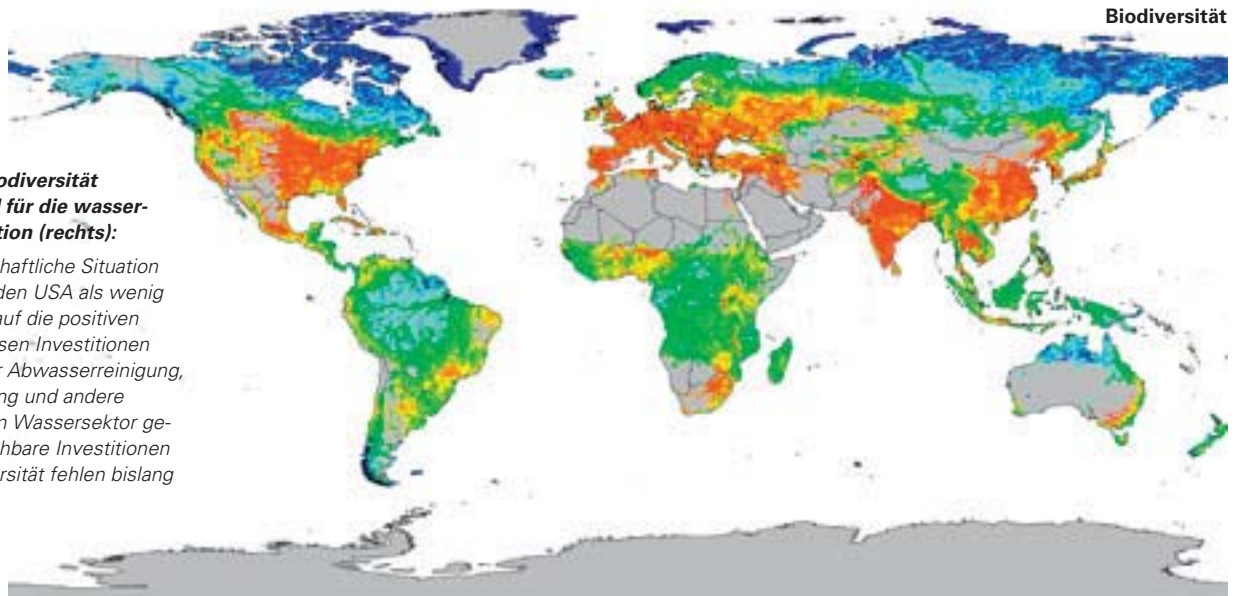
(Diversitas) mit Sitz in Paris und dem Global Water System Project (GWSP) mit Sitz in Bonn hervorgegangen ist.

«Obwohl wir uns in den industrialisierten Ländern seit Jahrzehnten um sauberes Wasser bemühen und uns für den Gewässerschutz engagieren, zeigt die Synthese, dass die Flüsse auch in Ländern wie den USA und im westlichen Europa unter massivem Druck stehen», so Gessner. Grosse Investitionen in die Wasserreinigung, die Wasseraufbereitung und den Hochwasserschutz hätten verhindern können, dass die Situation für die Bevölkerung problematisch geworden sei. «Aber vergleichbare Massnahmen zum Erhalt der Biodiversität gibt es nicht», sagt der Wissenschaftler. Die Bedrohung der Biodiversität unterscheide sich darum hierzulande kaum von der prekären Situation in vielen Entwicklungsländern.

Aus den Fehlern der anderen lernen

Es sei wie in der Medizin, sagt der Erstautor des Artikels, Charles Vörösmarty von der City University New York: «Letztlich zeigt unsere Studie, dass es viel günstiger und vernünftiger ist, Gefahren frühzeitig zu erkennen und zu begrenzen, als Schäden später zu heilen.»

Die weltweite Analyse, so hoffen die Autoren, könnte Regierungen und Planern in vielen Teilen der Welt helfen, im Wassermanagement nicht die Fehler der reichen Länder zu wiederholen, sondern aus den gemachten Erfahrungen zu lernen. Statt Milliarden ausschliesslich für punktuelle Wiederherstellungsmassnahmen und für Technologien aufzuwenden, gelte es, grundlegend neue



Bedrohung für die Biodiversität der Flüsse (links) und für die wasserwirtschaftliche Situation (rechts):

Dass die wasserwirtschaftliche Situation in Westeuropa und in den USA als wenig bedroht erscheint, ist auf die positiven Wirkungen der immensen Investitionen zurückzuführen, die für Abwasserreinigung, Trinkwasseraufbereitung und andere technische Bereiche im Wassersektor getätigt wurden. Vergleichbare Investitionen im Bereich der Biodiversität fehlen bislang weitgehend.



Uferverbauungen, Begradigungen und Stauhaltungen – das typische Bild der Flüsse in den Industrieländern. Am meisten leidet darunter die Biodiversität. Im Bild die Aare.

Konzepte und Strategien zu entwickeln. Diese müssten die Biodiversität neben der Sicherung aller wasserwirtschaftlichen Aspekte zugunsten des Menschen gleichwertig berücksichtigen. «Mit der Wasserrahmenrichtlinie hat die EU einen wichtigen Schritt in die richtige Richtung getan», sagt Gessner, «nationale und regionale Aktivitäten sowie internationale Abkommen zum grenzübergreifenden Schutz und Management von Wasser- und Gewässersystemen können dank unserer Resultate jetzt noch besser begründet werden.»

Basisdaten fehlen oft

Trotz der klaren Resultate sind die Autoren der Studie vorsichtig mit ihren Schlussfolgerungen – dies, weil in vielen Fällen die Datengrundlage unzureichend ist. «Es fehlen vor allem Informationen, die international vergleichbar sind», sagt der Zoologe Peter McIntyre von der Universität Wisconsin. Er fordert deshalb, dass die Verwaltungen den vielerorts vorherrschenden Abbau im

23 Schlüsselgrößen

Hinter den erstellten Weltkarten steht eine enorme Datenmenge. In die Modellierung einbezogen wurden 23 Schlüsselgrößen unterteilt, in die folgenden vier Gruppen:

- ▶ Informationen zur Landnutzung im Einzugsgebiet: zum Beispiel Anteil Ackerland, Viehbestand, Bodenversiegelung.
- ▶ Verschmutzung: zum Beispiel Stickstoff- und Phosphoreinträge, Bodenversalzung und Pestizideinsatz.
- ▶ Flussbauliche Massnahmen und Eingriffe in die Hydrologie: zum Beispiel Anzahl Stauhaltungen, Fragmentierung der Flusssysteme, Wasserentnahmen.
- ▶ Biotische Faktoren: zum Beispiel Anteil und Anzahl der nicht einheimischen Fischarten, Belastung durch Aquakultur.

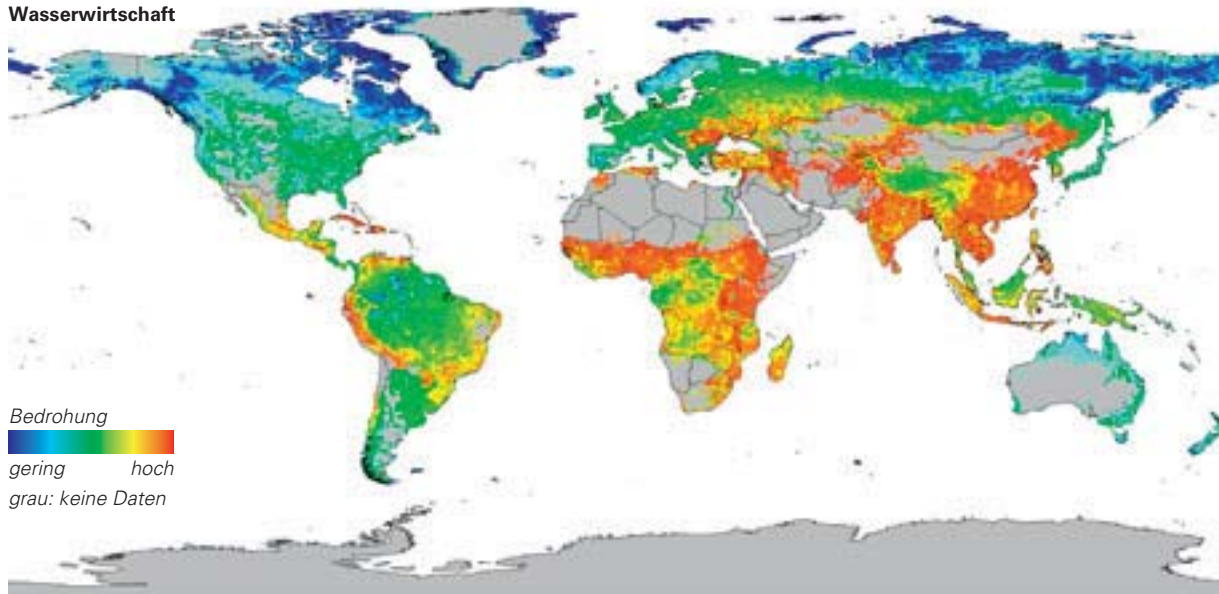
Um die Bedrohung für die wasserwirtschaftliche Situation und für die Biodiversität getrennt zu ermitteln, gewichteten die Forschenden dieselben Schlüsselgrößen für die beiden Betrachtungen jeweils unterschiedlich. Trotzdem zeigen die globalen Muster zur Wasserwirtschaft und zur Biodiversität eine überraschend hohe Übereinstimmung. Grosse Verschiebungen resultieren erst, wenn für die Qualität der Wasserwirtschaft die positiven Folgen der Investitionen in Wassertechnologien berücksichtigt werden. So lässt sich zum Beispiel in Westeuropa und Ostaustralien die geringe effektive wasserwirtschaftliche Bedrohung erklären, während sie in Osteuropa, Indien und China hoch bleibt.

Umweltmonitoring stoppen und mehr in die Erhebung von Basisinformationen zur Wasserqualität und -quantität investieren sollen. «Patienten in der Notaufnahme werden auch nicht behandelt, ohne ihre lebenswichtigen Funktionen mit Geräten zu überwachen. Doch genau das tun wir weltweit mit den Flüssen», zieht McIntyre den Vergleich. Die Datengrundlage in der Schweiz bezeichnet Gessner in den Bereichen Hydrologie und Wasserqualität hingegen als gut, vor allem dank der Messnetze von Bund und Kantonen. Im Bereich Biodiversität, so Gessner, bestünden jedoch sehr grosse Lücken. ○ ○ ○

www.riverthreat.net

Kontakt:
Prof. Mark Gessner, seit 2011 am Leibniz-Institut für Gewässerkunde und Binnenfischerei und an der Technischen Universität Berlin, gessner@igb-berlin.de

Wasserwirtschaft



Was tun mit dem Spitalabwasser?

Spitalabwasser enthält wie kommunales Abwasser Medikamentenrückstände, die von Kläranlagen nur unzureichend entfernt werden. Für Spitäler mit einer hohen Belastung kann daher eine separate Abwasserbehandlung sinnvoll sein. Sozialwissenschaftliche Entscheidungsanalysen helfen, im einzelnen Fall eine Lösung zu finden, die bei den beteiligten Akteuren breit abgestützt ist.

Medikamentenrückstände gelangen via Toilette und Kanalisation auch in Flüsse und Seen, denn viele werden von den Kläranlagen nicht aus dem Abwasser entfernt. Ob und wie sich die pharmazeutische Fracht auf Wasserlebewesen auswirkt, ist weitgehend unbekannt. Von hormonaktiven Stoffen weiss man immerhin, dass sie unter anderem bei Fischen zu Fruchtbarkeitsstörungen führen können. Eawag-Forschende versuchten im Rahmen nationaler und internationaler Projekte (für Projektpartner siehe Webseiten unten) herauszufinden, welche Bedeutung Spitäler für den Eintrag von Arzneimitteln haben und welche Technologien sich eignen, um Spitalabwässer vor Ort aufzubereiten.

Grosse Unterschiede zwischen den Spitälern

Christa McArdell von der Abteilung Umweltchemie und ihre Mitarbeitenden evaluierten den Spitalverbrauch der 100 in der Schweiz am häufigsten eingenommenen Medikamente. Dazu untersuchten sie die Abwässer des Kantonsspitals Baden (KSB) und der Integrierten Psychiatrie Winterthur (IPW). «Kliniken verabreichen hierzulande rund 20 Prozent der Arzneimittel», sagt McArdell.

Je nach Ausrichtung eines Spitals variiert die Menge allerdings sehr. So verbrauchte das KSB im Jahr 2007 zum Beispiel rund 1200 Kilogramm, die IPW nur 50. Dementsprechend trugen die beiden Institutionen unterschied-

lich stark zur Abwasserbelastung bei. Im Fall von Baden stammten rund 40 Prozent der Medikamentenrückstände in der lokalen Kläranlage vom KSB, während die IPW in Winterthur lediglich 5 Prozent beitrug. «Das zeigt, dass einzelne Krankenhäuser wichtige Quellen für Arzneimittel im Abwasser sind», erläutert die Umweltchemikerin.

Die beiden Kliniken unterschieden sich aber auch hinsichtlich der verwendeten Pharmazeutika deutlich. Im KSB machten alleine Röntgenkontrastmittel fast 60 Prozent der Substanzen aus; in der IPW dominierten Abführmittel sowie schmerz- und entzündungshemmende Arzneien. Obwohl die Patienten die Medikamente in den Kliniken zu sich nahmen, schieden sie nur einen Teil davon auch vor Ort wieder aus. So konnten die Forschenden nur 50 bis 80 Prozent der verabreichten Röntgenkontrastmittel im Spitalabwasser nachweisen, der Rest gelangte ins Siedlungsabwasser.

Reales Gefahrenpotenzial

Wie ökotoxikologische Untersuchungen von Beate Escher zeigen, kamen die meisten der analysierten Wirkstoffe in den Spitalabwässern in Konzentrationen vor, von denen keine akute Gefahr für die Umwelt ausgeht. «Allerdings liegen die Substanzen im Abwasser nicht einzeln, sondern als Gemische vor, sodass sich ihre Wirkungen summieren», erklärt sie. Betrachtet man die Ökotoxizität der Wirkstoffgemische, bergen die Spitalabwässer durchaus ein reales Gefährdungspotenzial für die aquatische Umwelt.

Für eine Risikoabschätzung sei es zudem wichtig, nicht wie üblich nur die Pharmazeutika zu evaluieren, die in grossen Mengen verbraucht würden, betont sie, sondern auch jene, die besonders toxisch seien. So waren im Abwasser des KSB für über 99 Prozent des gesamten Gefährdungspotenzials lediglich 14 Prozent der Wirkstoffe verantwortlich.

Für Spitäler mit einer hohen Medikamentenbelastung wäre eine separate Behandlung des Abwassers laut McArdell vorteilhaft, um die Kläranlagen zu entlasten. Obwohl von den dominierenden Röntgenkontrastmitteln keine direkte Gefahr für die Umwelt ausgeht, sie sich aber nur sehr langsam abbauen, sei es im Sinne der Vorsorge wünschenswert, wenn sie nicht in grossen Mengen in die Gewässer gelangen.

Zusätzliche Reinigungsstufen nötig

Um herauszufinden, mit welchen Verfahren sich die Medizinalstoffe am effektivsten aus dem Spitalabwasser eliminieren lassen, installierten McArdell und Lubomira Kovalova zusammen mit Hansruedi Siegrist und Jakob



Lubomira Kovalova steigt in den Schacht des Kantonsspitals Baden, wo das Abwasser für die Pilotanlage entnommen wird.

Eugster von der Abteilung Verfahrenstechnik im Kantonsspital Baden eine Pilotanlage. Sie besteht aus einer mechanischen und biologischen Reinigungsstufe, wobei ein Membranbioreaktor mit einem Membranfilter verwendet wird. «Der Membranbioreaktor dient als wichtige Reinigungsstufe und kann Krankheitserreger, zum Beispiel antibiotikaresistente Bakterien, zurückhalten, Arzneimittel aber nur unvollständig aus dem Abwasser entfernen», sagt McArdell. Viele Substanzen liessen sich damit um weniger als 20 Prozent vermindern.

Deshalb behandelten die Forschenden das vorgereinigte Wasser zusätzlich entweder mit pulverförmiger Aktivkohle oder mit Ozon. Beim ersten Verfahren lagern sich die Mikroverunreinigungen an die Kohlepartikel, die anschliessend mittels Sedimentation oder Filtration aus dem Wasser entfernt und verbrannt werden. Im zweiten Fall oxidiert dem Abwasser zugeführtes Ozon-Gas die unerwünschten Wirkstoffe und baut sie dadurch ab.

Mit beiden Methoden konnten sie einen Grossteil der Pharmazeutika mehr oder weniger vollständig aus dem Abwasser entfernen. Vor allem die Röntgenkontrastmittel liessen sich damit jedoch nur ungenügend reduzieren. «Da die Kontrastmittel hauptsächlich über den Urin ins Wasser gelangen, wäre in diesem Fall eine Separatsammlung eine probate Lösung», meint McArdell. Man könne den Patientinnen und Patienten beispielsweise Urinbehälter abgeben. Damit liessen sich zudem auch die Kontrastmittel-Einträge ausserhalb der Spitäler erfassen.

Eine vollumfängliche Elimination der Pharmazeutika aus dem Spitalabwasser böte die Umkehrosmose, wie sie auch bei Anlagen zur Meerwasserentsalzung zum Einsatz kommt. Hierbei wird das Wasser unter Druck durch einen feinporigen Filter gepresst, welcher die Verunreinigungen zurückhält. Das Verfahren steckt für die Abwasserreinigung aber noch in den Kinderschuhen und ist relativ teuer.

Alle relevanten Akteure einbeziehen

Wie die Gesellschaft mit dem Problem Spitalabwasser letztlich umgeht, liegt nicht allein im Entscheidungsbereich der Wissenschaft. Doch bietet diese – neben natur- und ingenieurwissenschaftlichen Methoden – auch sozialwissenschaftliche Werkzeuge, um komplexe Entscheidungsprozesse mit vielen Akteuren und unterschiedlichen Interessen systematisch zu erfassen, transparent und dadurch besser abgestützt zu gestalten.

Im Fall des Spitalabwassers wendeten Judit Lienert und Nele Schuwirth der Abteilung Systemanalyse und Modellierung für das KSB und für die IPW ein solches Verfahren an: die multikriterielle Entscheidungsanalyse. Bei dieser Methode geht es darum, eine Art Auslegeordnung der zur Verfügung stehenden technischen Lösungen eines Problems und den Vorlieben der relevanten Akteure zu erstellen sowie die Akzeptanz der einzelnen Ansätze zu bewerten. «Allfällige Interessenkonflikte lassen sich damit rasch erkennen», sagt Lienert.

Ausgehend von den Erkenntnissen ihrer Kolleginnen stellten Lienert und Schuwirth für beide Kliniken ein breites Spektrum möglicher Massnahmen zur Abwasser-



Im Labor werden die Abwasserproben mit aufwändigen chemischen Analysen untersucht.

behandlung zusammen und identifizierten vier Hauptziele: geringe Kosten, gute Abwasserqualität, geringer Aufwand für Angestellte und Patienten sowie eine positive öffentliche Wahrnehmung. Um die Prioritäten der involvierten Akteure bezüglich Ziele und Auswirkungen der Massnahmen zu ermitteln und bewerten, führten sie bei Ökotoxikologie-Fachleuten, Ingenieuren, Gewässerschutzfachstellen, Gesundheitsbehörden, Spitalleitung und -personal strukturierte Befragungen durch.

«Im Fall des Kantonsspitals mit seiner relativ hohen Arzneimittelbelastung zeigte die Entscheidungsanalyse, dass eine umfassende Behandlung des Abwassers die beste Lösung wäre», kommentiert Lienert die Ergebnisse. Die Kosten spielten dabei keine prioritäre Rolle. Die Umkehrosmose, das gründlichste, aber auch teuerste Verfahren, erfüllte die persönlich gewichteten Ziele der Befragten dabei am besten, gefolgt von Vakuumtoiletten mit anschliessender Verbrennung der Ausscheidungen. Bei der Psychiatrischen Klinik, die nur einen geringen Anteil zur Pharmazeutika-Fracht der Kläranlage beiträgt, waren die Kosten eher ein kritischer Faktor.

«Gerade bei komplexen Problemstellungen ist eine solche Entscheidungsanalyse sinnvoll, geht es doch darum, möglichst breit abgestützte Massnahmen zu realisieren», sagt Lienert. «Nur so ergeben sich Lösungen, die auch wirklich greifen.»



<http://tinyurl.com/eawag-spitalabwasser>
<http://tinyurl.com/eawag-entscheidungsanalyse>

Kontakt:
 Dr. Christa McArdell, christa.mcardell@eawag.ch
 Dr. Judit Lienert, judit.lienert@eawag.ch

Hahnenwasser ist beliebt

Leitungswasser ab dem Hahn oder Mineralwasser aus dem Laden? Wie sich Schweizerinnen und Schweizer bei dieser Frage entscheiden, hat viel mit ihren sozialen Gewohnheiten zu tun – insbesondere mit der Familie.

Hahnenwasser ist billiger und umweltfreundlicher als Mineralwasser aus der Flasche und steht in der Schweiz als Getränk hoch im Kurs. So ergaben Umfragen des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfachs (SVGW) 2001 und 2006, dass Schweizerinnen und Schweizer ihr «Hahnenburger» sehr schätzen und häufig trinken. Auf der anderen Seite zeigen aktuelle Verkaufszahlen, dass der Umsatz von Flaschenwasser in der Schweiz steigt.

Bequem und leicht verfügbar

Psychologen unter der Leitung von Hans-Joachim Mosler von der Forschungsabteilung Systemanalyse und Modellierung der Eawag gingen deshalb der Frage nach, warum Schweizerinnen und Schweizer zum Flaschenwasser greifen, obwohl das Leitungswasser so gute Noten bekommt. Die Sozialwissenschaftler wollten dabei die psychologischen Faktoren ergründen, die für den Konsum von Flaschen- beziehungsweise Leitungswasser massgeblich sind.

Um dies zu erfahren, befragten sie 731 deutschsprachige Schweizerinnen und Schweizer im Alter zwischen 14 und 90 Jahren mit einem Fragebogen. Dieser enthielt Fragen zum Trinkverbrauch, zum demografischen und sozialen Hintergrund sowie zu den Beweggründen und

emotionalen Faktoren des Konsums, wie zum Beispiel die wahrgenommene Wasserqualität, die Bequemlichkeit, Gesundheitsaspekte oder das Preisempfinden.

Die Ergebnisse unterstreichen die hohe Wertschätzung für Hahnenwasser. Etwa 50 Prozent der Befragten trinken demnach zu Hause ausschliesslich Hahnenwasser, bloss 10 Prozent trinken nur Flaschenwasser, der Rest gehört zu den Gemischttrinkern. Am Arbeitsplatz trinken immer noch über 40 Prozent ausschliesslich Hahnenwasser, während der Anteil der reinen Flaschentrinker nun aber bei über 30 Prozent liegt.

Letztere geben an, dass ihnen am Arbeitsplatz Umweltaspekte weniger wichtig, kohlenstoffhaltiges Wasser dagegen wichtiger seien als zu Hause. Ausserdem beobachten sie im Arbeitsumfeld häufiger Personen, die Flaschenwasser trinken, was die Vorliebe zu beeinflussen scheint.

Der Kauf von Flaschenwasser hält sich ebenfalls in einem überschaubaren Rahmen. Nur etwas mehr als die Hälfte der befragten Personen kauft überhaupt Flaschenwasser, und dann in einer Menge von durchschnittlich rund 9 Litern pro Woche (ein übliches Sechserpack). Demgegenüber kaufen reine Flaschentrinker pro Woche rund 12,5 Liter Wasser.

Analog zu den Untersuchungen des SVGW konnten die Forschenden auch die hohe Zufriedenheit mit dem Schweizer Leitungswasser bestätigen. Demnach sind 82 Prozent der Befragten damit zufrieden oder sehr zufrieden – und das Ausmass der Zufriedenheit spielt letztlich auch eine Rolle bei der Konsumententscheidung: Wer mit Leitungswasser zufrieden oder mit Flaschenwasser unzufrieden ist, entscheidet sich sowohl zu Hause als auch am Arbeitsplatz mehrheitlich für Leitungswasser. Einen ebenso positiven Einfluss zugunsten des Hahnenwasserkon-

sums zu Hause haben Aspekte wie Bequemlichkeit und Verfügbarkeit. Wichtig sind zudem die Reinheit des Wassers und das Vertrauen in dessen Qualität.

Familienbände

Ein besonders wichtiger Grund für den Konsum von Mineralwasser aus der Flasche ist die Vorliebe für Kohlensäure. Wer Kohlensäure mag, sprudelt das Wasser nicht selbst auf, sondern kauft es in der Flasche. Aber auch die Gewohnheit scheint Konsumenten zu eingefleischten Flaschenwassertrinkern zu machen.

Interessanterweise ist Wasserkonsum nicht nur eine individuelle Entscheidung. Vielmehr lenkt das soziale Umfeld die Vorliebe. Zwar beeinflusst die gefühlte Pflicht, im Restaurant Flaschenwasser zu bestellen, den Konsum zu Hause und am Arbeitsplatz nicht, wohl aber trinken Schweizerinnen und Schweizer mehrheitlich jenes Wasser, das auch ihre Verwandten, Freunde und Bekannten trinken. Obendrein fühlen sie sich zu Hause eher verpflichtet, Gäste mit Flaschenwasser zu bewirten als mit Hahnenwasser.

Nach wie vor scheint das Wasser vom Hahn also bei Herr und Frau Schweizer sehr beliebt zu sein. Sollte sich dies dereinst ändern und will