

EAWAG Jahresbericht 2012

Report

Author(s):

Eawag – Aquatic Research

Publication date:

2013

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000299042>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Originally published in:

EAWAG Jahresbericht

Jahresbericht 2012



Die Eawag ist das Wasserforschungsinstitut 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 455 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Forschung, Lehre und Beratung tätig.

Umschlagsbild

Die Umweltnaturwissenschaftlerin Caroline Baumgartner (Mitte) von der Forschungsabteilung Aquatische Ökologie leitet Studierende bei der Arbeit am Binokular an.

Die Eawag leistet in der akademischen und praxisorientierten Aus- und Weiterbildung von Wasserfachleuten einen wichtigen Beitrag. (Foto: Aldo Todaro)

Inhalt

Wort der Direktorin	2
Höhepunkte 2012	4
<hr/>	
Forschen	6
Keine Experimente im Brienersee	8
Vernetzung bestimmt Biodiversität	10
Angepasste Forellen	12
Schadstoffarchive im Seegrund	13
Antibiotikaresistente Keime im See	14
Wirksames Wirbelbett	16
Was darf sauberes Wasser kosten?	18
Klimaprognosen fürs All?	20
Wenn das Trinkwasser rostet	22
Nanopartikel im Wasser	24
Geld verdienen mit Fäkalien	25
Die Toilette neu erfinden	26
Belastung aus dem Untergrund	28
Verschmutzte Flüsse in China	30
Forschung im Bild	32
<hr/>	
Lehren	34
Bildungslandschaft der Eawag	36
Bachelor- und Masterarbeiten	38
Ehemalige im Porträt	40
<hr/>	
Beraten	42
Bakterien aus dem Wasserhahn	44
Den Seen den Puls fühlen	46
Die Mischung macht die Toxizität	48
Klärung in der Monte-Rosa-Hütte	50
Heute für morgen planen	51
Wie man Hygiene fördert	52
<hr/>	
Eawag 2012	54
Die Eawag im Dialog	56
Auszeichnungen	57
Infrastruktur	58
Umweltmanagement	58
Chancengleichheit	58
Institution & Personen	59
ETH-Bereich	60
Organisation	61
Personen	62
Aktivitäten	63
Finanzen	64

Brücken bauen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft

Ein Hauptziel der Eawag ist es, Brücken zu bauen zwischen Theorie und Praxis. Das verlangt nach wissenschaftlicher Kompetenz, dem Willen, langfristig zu investieren, und der Integration der Sozialwissenschaften in die Natur- und Ingenieurwissenschaften. Der Fokus der Eawag liegt dabei auf der Gesundheit und dem Wohlergehen des Menschen, funktionsfähigen Ökosystemen sowie wissenschaftlich fundierten Strategien bei Nutzungskonflikten.

Für die Eawag war 2012 ein Brückenjahr zwischen zwei Planungsperioden. Während unsere Forschungsarbeit noch der Strategie 2008–2011 verpflichtet war, wies die Ausarbeitung der Schwerpunkte für die Phase 2013–2016 bereits in die Zukunft. Ein guter Zeitpunkt, um sowohl zurück als auch nach vorne zu schauen.

Früchte vergangener Investitionen

Es braucht eine hohe Forschungskompetenz gepaart mit Ausdauer, um neue Technologien erfolgreich in die Praxis zu bringen oder um wissenschaftliche Erkenntnisse in die Politik zu tragen und in Entscheidungsfindungsprozesse einzuspeisen.

2012 zeichnete die Gates-Stiftung die Eawag für ihr innovatives Projekt zur Entwicklung einer neuartigen Toilette aus (S. 26). Dieser Erfolg basiert auf Kompetenzen, die sich die Beteiligten über Jahre erarbeitet haben: Fachwissen zur Trennung von Ausscheidungen an der Quelle, zur dezentralen Aufbereitung und dazu, wie sich neue Technologien in Entwicklungsländern erfolgreich implementieren lassen. Mit dem Brandenberger-Preis wurde das über zwei Dekaden währende Engagement der Eawag für die solare Wasserdesinfektion honoriert (S. 57). Neben seiner humanitären Bedeutung ermöglichte das Projekt, besser zu verstehen, wie die Entkeimung mit Sonnenlicht funktioniert und was Menschen motiviert, ihr Verhalten hin zu einer sicheren Trinkwassernutzung zu verändern.

Forschungswissen in Politik und Praxis bringen

Anfang 2012 debattierten die Schweizer Politikerinnen und Politiker darüber, ob zugunsten des Fischfangs wieder mehr Phosphor in den Brienzersee geleitet werden soll. Die Eawag konnte mit ihrer Forschung über die Auswirkungen von Nährstoffen auf die Biodiversität die Entscheidungsfindung massgeblich unterstützen (S. 8). Dass Eutrophierung ein relevantes Thema bleibt, zeigen auch Untersuchungen in China (S. 30). Basierend auf der Erforschung der Durchflussszytometrie konnte die Eawag eine neue Standardmethode zur Analyse von Trinkwasser etablieren (S. 45). Ein neues Verfahren zur Beurteilung von Kunststoffleitungen beruht ebenfalls auf der Durchflussszytometrie (S. 44). Neu ist auch die Technik, um aus Sedimenten vergangene Schadstoffbelastungen zu rekonstruieren (S. 13). Wie sich menschliche Aktivitäten auf die Umwelt auswirken, wiesen Forschende anhand antibiotikaresistenter Bakterien in den Sedimenten des Genfersees nach (S. 14).

Forschung über das Verhalten von Nanopartikeln in der Umwelt (S. 24) braucht es als wissenschaftliche Grundlage für gesetzliche Regulierungen. Die Aufarbeitung des gegenwärtigen Wissensstands, die Identifikation von Wissenslücken und der Umgang damit sind die Basis



Peter Penicka

für Planung, Priorisierung und künftige Forschungsaktivitäten, wie Beispiele aus der Abwasserentsorgung (S. 51), Ökotoxikologie (S. 48) oder dem Gewässerschutz (S. 46) illustrieren. Um die Herausforderungen der Zukunft im Wassermanagement identifizieren zu können, ist Forschung im Bereich Klimawandel nötig (S. 20 und 22). Forschungserkenntnisse der Eawag stehen schliesslich auch hinter der Optimierung der Kläranlage der Monte-Rosa-Hütte (S. 50).

Doch technische Ansätze sind meist nur ein Teil der Lösung. Die andere, oft entscheidendere Rolle spielt der Mensch, wie psychologische Studien über die Förderung von Hygienemassnahmen in Haiti zeigen (S. 52). Die neue Forschungsabteilung Umweltsozialwissenschaften soll dem Rechnung tragen, insbesondere dort, wo sich die Nutzungsbedürfnisse des Menschen und der Schutz der aquatischen Lebensräume gegenüberstehen.

Die Zukunft hat schon begonnen

Dank der Vorarbeit im Brückenjahr 2012 konnte die Eawag mit der Umsetzung der Forschungsstrategie 2013–2016 schon beginnen. Während der nächsten vier Jahre liegt der Fokus auf folgenden drei Themenbereichen: Wasser für die Gesundheit und das Wohlergehen des Menschen, Wasser für das Funktionieren der Ökosysteme, Entwickeln wissenschaftlich fundierter Strategien bei Nutzungskonflikten. Wir werden uns mit Fragen der Energieeffizienz (im Rahmen des von der Empa geleiteten Projekts Nest) und mit erneuerbaren Energien (speziell Wasserkraft) auseinandersetzen. Im Bereich Flussrevitalisierung wollen wir mit dem Programm Fließgewässer Schweiz die Kollaboration mit der Praxis vertiefen. Gleichzeitig soll die Grundlagenforschung, etwa zum Zusammenhang zwischen der Artenvielfalt und der Vernetzung von Flüssen (S. 10 und 12), weitergeführt werden. Die vom Bund beschlossene Aufrüstung der Kläranlagen zur Elimination von Mikroverunreinigungen wird die Eawag mit dem interdisziplinären Projekt Eco Impact begleiten (S. 17). Diese Forschungsvorhaben werden von den geplanten neuen Versuchsanlagen profitieren.

Mit diesen Aktivitäten baut die Eawag ihre wissenschaftliche Kompetenz weiter aus. Mit zwei neuen Professuren, Max Maurer an der ETH Zürich und Alfred Wüest an der ETH Lausanne, trägt unser Institut ihr Know-how auch über die Ausbildung junger Fachkräfte in die Gesellschaft.



Janet Hering, Direktorin

Höhepunkte 2012

Juni



Am ETH-Wassergespräch stellte sich Eawag-Direktorin Janet Hering der Frage «Welchen Wert hat das Wasser?». → Seite 56

ETH-Zürich

Januar

Eawag



Die Eawag ist neu «WHO Collaborating Centre for Sanitation and Water in Developing Countries» der Weltgesundheitsorganisation. → Seite 57

Dezember



Das Bundesamt für Gesundheit hat die Durchflusszytometrie zur Analyse von Trinkwasser ins Schweizerische Lebensmittelbuch aufgenommen. → Seite 49 und 56

Gesa Lüchinger



August

Ein Team rund um Ingenieurin Tove Larsen erhielt im Wettbewerb Reinvent the Toilet Challenge der Gates-Stiftung für ihr Toilettenmodell den Anerkennungspreis. → **Seite 26 und 57**

Keystone

Peter Penicka



Die ETH Zürich wählte Max Maurer zum ordentlichen Professor für Systeme in der Siedlungswasserwirtschaft. → **Seite 59**

September



Die Brandenberger-Stiftung zeichnete Martin Wegelin für sein Lebenswerk im Bereich solare Wasserdesinfektion aus. → **Seite 57**

Andri Bryner

November



Alfred Wüest (links) ist Inhaber eines neuen Lehrstuhls für die Erforschung des Lebensraums See der ETH Lausanne. → **Seite 59**

Alain Herzog

Dezember



Forschen

Im Projekt Reinvent the Toilet zeigte sich die Kompetenz der Eawag im Bereich Hygiene und Abwasserbehandlung sehr anschaulich. Die fruchtbare interdisziplinäre Zusammenarbeit innerhalb der Eawag, aber auch mit externen Fachleuten und die jahrzehntelange Forschung bildeten die Basis für den Erfolg. In diesem Fall war das Querprojekt Novaquatis ausschlaggebend dafür, dass hoch qualifizierte Forschende, Forschungseinrichtungen und methodisches Know-how vorhanden waren, um eine tragfähige Lösung zu finden. Langfristige grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung zu realisieren und umsetzbare Lösungen für Probleme im Wassersektor zu liefern, ist eines der Ziele der Eawag.

Ivana Logar: **Verbindet Umwelt und Wirtschaft**

Ivana Logar interessierte sich schon immer für Wirtschaft, aber auch für die Umwelt. Also studierte sie zuerst Ökonomie und spezialisierte sich danach in Umweltökonomie. Seit 2011 untersucht die Forscherin an der neuen Abteilung Umweltsozialwissenschaften, wie Umwelt und wirtschaftliche Aktivitäten miteinander zusammenhängen. «Ich schätze es, meine sozialwissenschaftliche Arbeit mit Kenntnissen aus den Naturwissenschaften zu ergänzen», sagt Logar. Ein Schwerpunkt ihrer Forschung ist es, den wirtschaftlichen Wert von Ökosystemleistungen zu ermitteln. «Das heisst, was sind wir beispielsweise bereit dafür zu bezahlen, dass wir sauberes Trinkwasser haben?», erklärt sie. Diese Informationen fliessen zum Beispiel in Kosten-Nutzen-Analysen. So fand sie kürzlich heraus, dass Deutschschweizer Haushalte bereit wären, im Durchschnitt 100 Franken pro Jahr zu bezahlen, damit die Kläranlagen so aufgerüstet werden könnten, dass sie Mikroverunreinigungen aus dem Abwasser entfernen (siehe Seite 18). Noch ist Ivana Logar in Dübendorf das einzige Mitglied der Gruppe Umweltwirtschaftswissenschaften, die Professor Roy Brouwer von Amsterdam aus leitet. Doch sie plant, bald mehrere Doktorierende anzustellen und eine Reihe weiterer Projekte aufzugleisen. Als Nächstes wird sie einen Postdoktoranden als Kollegen erhalten. «Dann sind wir endlich eine richtige kleine Forschungsgruppe», freut sie sich.

Keine Experimente im Brienersee

Um die Fangerträge zu steigern, wünschen sich einige Fischer wieder mehr Phosphor im Brienersee. Untersuchungen der Eawag an Wasserflöhen und Felchen zeigen aber, dass nährstoffreicheres Wasser die Artengemeinschaft eines Sees unwiederbringlich verändert.

Das Wasser im Brienersee ist wieder nährstoffarm. Denn die Kläranlagen lassen nur noch einen Bruchteil der früheren Phosphormengen in den See. Während ein Liter Wasser Anfang der 1980er-Jahre rund 20 Mikrogramm Phosphor enthielt, sind es heutzutage weniger als 1 Mikrogramm. Ein Erfolg des Gewässerschutzes, der einigen Fischern zu weit geht. Sie machen einen Mangel an Nährstoffen dafür verantwortlich, dass ihre Fangerträge gesunken sind. Pro Hektare Seefläche und Jahr ziehen sie heute – ähnlich wie in den 1950er-Jahren – 2 Kilogramm Fisch an Bord, während es zu Zeiten des erhöhten Phosphoreintrags 15 Kilogramm waren. Darum sollen die Kläranlagen weniger Phosphor aus dem Abwasser ausscheiden. Die höhere Nährstoffzufuhr würde das Algenwachstum begünstigen und dies wiederum die Vermehrung der Wasserflöhe, einer Nahrungsgrundlage für Fische.

Eine Drosselung der Klärleistung verstösst allerdings gegen die Gewässerschutzbestimmungen. Der Bund soll deshalb einen Pilotversuch bewilligen, verlangten Motionäre im National- und Ständerat. Ähnliche Diskussionen laufen am Vierwaldstättersee. Wissenschaftler der Eawag beurteilen solche Experimente sehr kritisch. Im Vordergrund stehen aktuelle Untersuchungen, die zeigen, wie stark und unwiederbringlich sich Arten und Artengemeinschaften infolge Überdüngung verändern.



Ole Seehausen

Im Proje Lac erfassten Eawag-Wissenschaftler die Artenvielfalt im Brienersee. Sie fanden eine Vielfalt endemischer Felchenarten.

Eine Daphnienart verdrängt die andere

Eine Studie von Piet Spaak und seinen Mitarbeitenden von der Abteilung Aquatische Ökologie betraf die zum Zooplankton zählenden Wasserflöhe (Daphnien). Als die Zivilisation die Seen noch kaum belastete, war *Daphnia longispina* in allen untersuchten Schweizer Gewässern die vorherrschende Wasserflohart. Das konnten die Forschenden mithilfe genetischer Analysen an Dauerstadien von Daphnien nachweisen, die sie aus den Seesedimenten gewannen.

Während der Phase grosser Eutrophierung breitete sich in stark belasteten Seen die invasive *Daphnia galeata* auf Kosten der einheimischen Art aus. Teilweise kreuzten sich die beiden Arten. Wo *Daphnia longispina* gänzlich verdrängt wurde, etwa im Boden- und Greifensee, ist die Veränderung unumkehrbar. «Auch heute leben dort und in weiteren Seen grösstenteils noch die standortfremde Daphnie und ihre Hybriden, selbst wenn die Nährstoffverhältnisse sich wieder normalisiert haben», erläutert Spaak. In nährstoffarmen Seen wie dem Brienersee, der nie so belastet war wie die Mittellandseen, konnte sich der heimische Wasserfloh besser behaupten. Zwar hat er sich teilweise mit *Daphnia galeata* gekreuzt und Hybriden gebildet. Doch als das Wasser sauberer wurde, setzte er sich wieder durch.

Mit Fütterungsversuchen an Klonen beider Daphnienarten konnten die Wissenschaftler im Labor nachweisen, dass die Entwicklung tatsächlich vom unterschiedlichen Nährstoffangebot abhing. Denn im nährstoffarmen Wasser gedieh *Daphnia longispina* besser, bei eutrophen Verhältnissen hingegen *Daphnia galeata*. In den Sedimenten kaum gedüngter Seen fanden sich denn auch nur wenige oder keine Dauerstadien von *Daphnia galeata*. Der in früheren Zeiten äusserst nährstoffarme Brienersee bot sogar dem heimischen Wasserfloh zu wenig Futter. «Vor 1950 gab es in diesem See nachweislich keine ständige Daphnienpopulation», sagt Spaak.

Spezialisierte Felchen verschwanden

In überdüngten Seen verändert sich nicht nur die Artengemeinschaft der Wasserflöhe. Ein Team der Eawag und der Universität Bern wies auch einen stark negativen Effekt auf Felchen nach. Dank einer vor 60 Jahren durchgeführten Erhebung konnten die Wissenschaftler den Felchenbestand von damals und heute in 17 Seen vergleichen. Ergebnis: Die Zahl der Felchenarten ist seit 1950 um 38 Prozent gesunken. «Je höher die Phosphorkonzentrationen in einem See einst lag,

desto mehr Arten gingen dort verloren», sagt Studienleiter Ole Seehausen von der Abteilung Fischökologie und Evolution. In sieben Seen starben die ursprünglichen Spezies ganz aus. In diesen Gewässern leben nur noch Felchen, die durch Besatz eingeführt wurden.

Die meisten Felchenarten der Schweiz sind Endemiten, kommen also nur in den hiesigen Seen vor. «Etwa ein Drittel ist aber aufgrund der Eutrophierung bereits ausgestorben», sagt Seehausen. Aus den stark überdüngten Seen sind alle Felchenarten verschwunden. Aus den leicht bis mässig verschmutzten Gewässern sind es jene Arten, die an ein Leben in den tieferen Schichten und am Seegrund angepasst waren. Weil dort mit dem Phosphoreintrag und dem verstärkten Aufkommen von abgestorbenem Algenmaterial der Sauerstoff ausging, kam den Spezialisten ihre ökologische Nische abhanden. Sie starben aus oder mussten in höhere Schichten ausweichen. Dort kreuzten sich mit anderen Felchenarten und verloren dadurch innert weniger Generationen ihre genetische und funktionale Einzigartigkeit. In allen einst belasteten Seen sind deshalb die genetischen Unterschiede auch zwischen den noch verbliebenen Arten geringer geworden – mit Auswirkungen auf das ökologische Verhalten. So unterscheiden sie sich heutzutage viel weniger stark in Aussehen, Ernährungsweise und Laichzeit. «Diese Nivellierung kommt einer Umkehrung der Artentstehung gleich», kommentiert der Evolutionsbiologe.

Kleiner Fang, aber grosse Vielfalt

Auch im Brienzersee hybridisierten die Felchen vermutlich, anscheinend verschwand aber keine der ursprünglichen Arten komplett. Weitere Erkenntnisse wird das Projekt Lac bringen, das die Fischgesellschaften in den Voralpenseen systematisch erforscht. Dieses Projekt, das die Eawag zusammen mit Partnern 2011 startete, erfasst die Fische in allen Seetiefen und Lebensräumen. Im Brienzersee fand man bis in die grössten Tiefen endemische Arten – und vitale naturverlächende Felchenpopulationen. Zudem gingen viele Felchen ins Netz. Das zeige, so die Wissenschaftler, dass der See nicht zu wenig Fische aufweise. Diese seien aber kleiner als in anderen Seen, was die geringen Fangerträge der Berufsfischer erkläre.

Wenn heute im Brienzersee kleinere Felchen schwimmen und weniger Wasserflöhe leben, entspricht das einer Rückkehr zu einem natürlicheren Zustand. «Nährstoffreichere Gewässer mit grösserer Produktivität gibt es in der Schweiz

Phosphorelimination macht Sinn

Die Fachleute der Eawag beurteilen eine Drosselung des Phosphorabbaus in Kläranlagen kritisch:

- ▶ Der Brienzersee ist von Natur aus nährstoffarm. Dieser Zustand ist nach Jahren überhöhter Phosphorfrachten wieder erreicht. Es ist ein Erfolg, der den schweizerischen Umweltzielen entspricht und nicht gefährdet werden soll.
- ▶ In der Schweiz gibt es nur wenige grosse nährstoffarme Seen. Sie beherbergen eine vielfältige und einzigartige Gemeinschaft von Arten, die teilweise nur in einem See vorkommen. Diese besonderen Arten und Ökosysteme gilt es zu bewahren.
- ▶ Schon eine geringfügige Nährstoffhöhung beeinflusst die Artenvielfalt.
- ▶ Die Datenlage lässt wenig Zweifel zu, dass sich die Artengemeinschaft unwiederbringlich verändert, wenn mehr Phosphor zugeführt wird: Endemische Arten, angepasst an nährstoffarme Gewässer, gehen für immer verloren.

www.eawag.ch/fb-brienzersee

viele», sagt Seehausen, «die wenigen nährstoffarmen Seen mit ihren einzigartigen endemischen Arten gilt es daher zu erhalten.» Die Schweiz habe hier auch eine grosse Verantwortung gegenüber der internationalen Gemeinschaft, da diese Arten auf der Roten Liste stünden. Und er hat auch die Zukunft im Auge: «Ein nährstoffarmes Gewässer wie der Brienzersee stellt ein einzigartiges Reservoir an genetischer Vielfalt dar, wo sich durch Spezialisierungen auch neue Arten entwickeln können.»

www.eawag.ch/projetlac
 Kontakt: piet.spaak@eawag.ch,
ole.seehausen@eawag.ch

Vernetzung bestimmt Biodiversität

Die Artenvielfalt entlang von Bächen und Flüssen ist nicht nur vom lokalen Lebensraum abhängig, sondern wird stark geprägt durch die Vernetzung im Gewässersystem. Das konnte erstmals nicht nur mit Monitoringdaten, sondern mit Laborexperimenten und einem Modell nachgewiesen werden.

Fliessgewässer gehören zu den artenreichsten Lebensräumen weltweit. Die Verluste an Biodiversität sind jedoch innerhalb und entlang dieser aquatischen Lebensräume überproportional hoch. Die Trockenlegung von Feuchtgebieten, die Verbauung und Fragmentierung von Flüssen mit Längs- und Querdämmen, die Invasion gebietsfremder Arten oder die Gewässerbelastung mit chemischen Stoffen sind einige der Ursachen dafür.

Struktur bestimmt den Reiseweg

Für den Schutz der Biodiversität in Flussnetzen müssen die Faktoren verstanden werden, welche diese Vielfalt beeinflussen. Damit ist sowohl diejenige Vielfalt gemeint, die an jedem einzelnen Ort besteht – zum Beispiel an einer Flussmündung – als auch die unter Umständen sehr unterschied-

liche Artenzusammensetzung zwischen zwei ähnlichen, aber räumlich getrennten Lebensräumen – zum Beispiel zwei Oberläufen im gleichen System. Fische und Wirbellose, aber auch Pflanzen der Auenvegetation benutzen den Wasserweg, um sich auszubreiten. Die Struktur des Flussnetzes bestimmt, wohin sie gelangen können.

In der Vergangenheit erklärten die Biologinnen und Biologen das Vorkommen von Arten vor allem mit lokalen Umweltbedingungen. Man ging davon aus, dass gewisse Arten zum Beispiel auf das kalte Wasser im Oberlauf oder auf einen speziellen pH-Bereich angewiesen sind und daher nur dort leben, wo diese Bedingungen vorherrschen. Dieser Ansatz vernachlässigt jedoch, dass sich Organismen ausbreiten, und er geht davon aus, dass jeder geeignete Lebensraum besetzt ist.



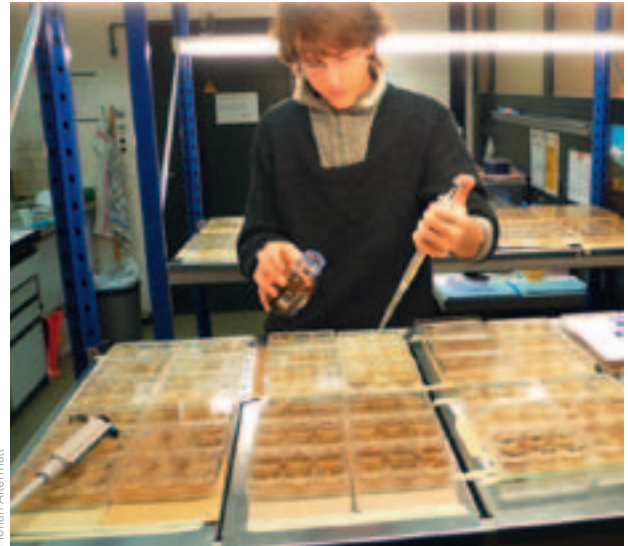
Die Vernetzung eines Flusssystemes bestimmt mit, wie sich Arten ausbreiten, und kann Biodiversitätsmuster erklären.

Neue theoretische Modellrechnungen zeigen, dass charakteristische Biodiversitätsmuster auch allein durch die eng beschränkte Ausbreitung entlang von Flüssen und Bächen entstehen können. Will man das Vorkommen von Arten verstehen, setzt dies deshalb voraus, dass man Fließgewässer nicht einfach als lineare Systeme ansieht, sondern als teilweise komplizierte Netze.

Monotonie im Gitternetz

Zusammen mit dem Labor für Ökohydrologie an der ETH Lausanne haben Forschende der Eawag zum ersten Mal eine experimentelle Bestätigung für diese Idee gefunden. In einem Laborsystem manipulierten Florian Altermatt von der Abteilung Aquatische Ökologie und seine Mitarbeitenden die Ausbreitung von Mikroorganismen in miniaturisierten Lebensräumen entlang eines flussähnlich verzweigten sowie eines gleichförmigen Netzes. Ausgehend von einem realistischen Landschaftsmodell haben die Wissenschaftler dazu die räumliche Struktur eines Flusses mit seinen Seitenbächen im Labor mit Zellkulturplatten stark vereinfacht nachgebildet. Jeder dieser Mikrokosmen entsprach quasi einem Lebensraum an einer bestimmten Stelle im Flussnetz. Die Forschenden beschickten anfänglich alle Kulturen mit neun Arten von Einzellern und Rädertierchen. Dann simulierten sie deren Ausbreitung, indem sie entlang des Labor-Flussnetzes mit einer Pipette immer gleiche Mengen vom Nährmedium zwischen den Gemeinschaften austauschten. Dasselbe machten sie zum Vergleich auch in einem monotonen Gitternetz. So konnten sie Umweltfaktoren ausschalten oder vereinheitlichen: Nicht die Art der «Lebensräume» war unterschiedlich, sondern lediglich ihre Vernetzung. Da das Experiment über Dutzende von Organismengenerationen lief, liessen sich auch Langzeiteffekte untersuchen.

Das Team fand bei «Zusammenflüssen» der flussähnlichen Netze eine deutlich höhere lokale Artenvielfalt als in den stärker isolierten «Oberläufen». Verschiedene «Oberläufe» zeigten ihrerseits sehr unterschiedliche Artengemeinschaften. In der monotonen Gitterstruktur ergaben sich dagegen eintönige Muster. Zwar nahm in beiden Versuchsanordnungen die Ähnlichkeit der Artengemeinschaft mit zunehmender Distanz zwischen den Lebensräumen ab, in den flussähnlichen Systemen aber deutlich stärker. Diese Muster bestätigte auch ein mathematisches Modell, das die Forschenden parallel zu den Beobachtungen entwickelten. Es erlaubt nun eine gewisse Verallgemeinerung der Resultate.



Florian Altermatt

Die Forschenden simulierten die Ausbreitung von Arten, indem sie in einem Labor-Flussnetz Mikroorganismen zwischen Schalen mit Nährmedium austauschten.

Bei Revitalisierungen beachten

Das Experiment weist nach, dass Vernetzung und Durchgängigkeit von Gewässern einen direkten Einfluss haben auf die Artenvielfalt und -verteilung. Vor allem die unterschiedliche Vielfalt zwischen den lokalen Artengemeinschaften ist entscheidend für den Erhalt einer hohen regionalen Biodiversität. Veränderungen im Netz eines Flusses – zum Beispiel durch den Bau von Dämmen oder durch das Verbinden von Flüssen mit Kanälen – beeinflussen die Ausbreitung von Arten und ziehen Veränderungen der Biodiversität nach sich. Das gelte es zum Beispiel bei der Renaturierung eines Gewässerabschnitts zu beachten, sagt Altermatt. «Nicht nur Art und Qualität des einzelnen Lebensraums sind wichtig. Ebenso entscheidend ist dessen Position innerhalb des Flussnetzes.»

Angepasste Forellen

Intensiver Besatz führte im Schweizer Alpenraum zu einer Vermischung der Forellenarten. Trotzdem unterscheiden sich die Populationen verschiedener Einzugsgebiete noch immer genetisch. Es existieren sogar Formen, die lokal an verschiedene Höhen angepasst sind.

In den alpinen Einzugsgebieten der grossen europäischen Flüsse Rhein, Rhone, Po und Donau lebten ursprünglich fünf Forellenarten. Sie stellten verschiedene evolutive Linien dar und waren gut an ihre jeweiligen Lebensräume angepasst. Doch der isolierende Effekt der geografischen Barrieren wurde durch Fischereipraktiken teilweise zunichtegemacht: Um Fangerträge zu steigern, wurden im letzten Jahrhundert Forellen aus dem Atlantik und dem Rhein in hoher Zahl in fremde Einzugsgebiete überführt. Der Besatz hat zu einer starken genetischen Durchmischung der verschiedenen Herkunftspopulationen geführt. «Kreuzen sich lokale Bestände mit Individuen aus fremden Gewässern, können genetische Anpassungen verloren gehen und Arten miteinander verschmelzen», sagt Irene Keller, Biologin an der Forschungsabteilung Fischökologie und Evolution.

Unterschiede blieben erhalten

Im Rahmen eines dreijährigen Projektes hat Keller zusammen mit der Masterstudentin Jolanda Schuler und weiteren Kollegen die genetische Vielfalt bei alpinen Forellen studiert. Von speziellem Interesse war dabei die Frage, ob es genetische Unterschiede gibt, die auf evolutive Anpassungen von Populationen zwischen den Flüssen und innerhalb der Flusssysteme hinweisen. Zu diesem Zweck haben Keller und Schuler in den Einzugsgebieten von Rhone, Rhein und Po an

16 Standorten rund 400 Forellen gefangen. Für die genetischen Analysen haben sie an den Flossen der Fische Gewebeproben entnommen.

Die Untersuchungen bestätigten, dass der intensive Besatz in der Vergangenheit zu einem grossflächigen Verlust der ursprünglichen genetischen Diversität geführt hat. Dennoch fanden die Forscherinnen an einigen Orten in den verschiedenen Einzugsgebieten noch Forellenpopulationen, die sich genetisch deutlich voneinander unterscheiden. «Erfreulicherweise haben sich die ursprünglichen Genotypen der verschiedenen Forellenformen nicht vollständig durchgemischt», erklärt Keller. Das deutet darauf hin, dass die ansässigen Fische zumindest in einigen Lebensräumen Standortvorteile gegenüber den eingeführten Individuen hatten. Das deckt sich mit einem weiteren Resultat: Die Forscherinnen fanden nämlich Anhaltspunkte dafür, dass die Forellen in verschiedenen Flusssystemen unterschiedlichen Selektionsdrücken ausgesetzt waren und sich an die entsprechenden Umweltbedingungen angepasst hatten. «Das war zu erwarten, weil die geografische Isolation den genetischen Austausch zwischen den Populationen verhinderte, sodass sie sich unterschiedlich entwickeln konnten», sagt Keller.

An die Höhe angepasst

Nicht zwingend zu erwarten war jedoch, dass die Forellen auch innerhalb der drei untersuchten Einzugsgebiete lokale Formen bilden, die an verschiedene geografische Höhenlagen angepasst sind. «Innerhalb der Flusssysteme können sich die Fische paaren und ihre Gene austauschen», erläutert Keller. «Dennoch haben wir eindeutige Hinweise dafür gefunden, dass sich die Forellen entlang von Höhengradienten genetisch unterscheiden.» Die Forscherinnen schliessen daraus, dass starke Selektionsdrücke herrschen: Mit steigender Höhe ändern Faktoren wie Temperatur, Nahrungsangebot und Parasiten oft drastisch. Das führt zu Unterschieden zwischen den Lebensräumen, die eine Anpassung an verschiedene Höhenlagen trotz Genfluss begünstigen.

Die Resultate zeigen nicht nur, wie reichhaltig die genetische Vielfalt bei den Forellen ist – sie liefern auch wichtige Erkenntnisse für den Naturschutz. «Besatzmassnahmen sollten stets in eng begrenzten Gebieten erfolgen, damit lokal angepasste Formen erhalten bleiben», rät Keller.



Irene Keller, Jolanda Schuler, Ole Seehausen

Gewisse Forellenpopulationen unterscheiden sich auch heute noch genetisch – und auch in ihrem Aussehen.

Kontakt: irene.keller@eawag.ch

Schadstoffarchive im Seegrund

Mit welchen Chemikalien die Gewässer in der Vergangenheit belastet waren, ist nur lückenhaft bekannt. Forschende der Eawag haben eine Technik entwickelt, mit der sich Mikroverunreinigungen in Sedimenten bestimmen und vergangene Belastungen rekonstruieren lassen.

Dank moderner Analysemethoden weiss man heute im Detail, wie stark Gewässer durch Chemikalien aus Haushalten, Industrie und Landwirtschaft belastet sind. Nur sehr unvollständig waren bisher jedoch die Daten zur Gewässerbelastung in der Vergangenheit – unter anderem, weil früher nicht nach denselben Stoffen gesucht wurde wie heute. Juliane Hollender von der Abteilung Umweltchemie und ihr Team haben nun eine Methode entwickelt, mit der sie Sedimente analysieren und so die Geschichte der Mikroverunreinigungen von Gewässern rekonstruieren können.

Unbekannte Stoffe identifizieren

Die Forschenden wandten dazu die hochauflösende Massenspektrometrie an. Mit dieser Technik lassen sich Molekülmassen äusserst präzise bestimmen, sodass man daraus Rückschlüsse ziehen kann, um welche Substanzen es sich handelt. «Mit älteren Geräten konnte man Moleküle bestimmen, wenn man wusste, wonach man suchte. Mit den hochauflösenden Massenspektrometern können wir nun Substanzen viel besser voneinander unterscheiden und auch unbekannte Verbindungen identifizieren», erklärt Hollender. Mit dieser Technik lassen sich Moleküle differenzieren, deren Massen um nur 0,001 atomare Masseinheiten, das entspricht $1,66 \times 10^{-30}$ Kilogramm, auseinanderliegen.

Die Eawag-Forschenden haben die Methode so weit optimiert, dass sie zur Analyse einer ganzen Reihe schlecht abbaubarer Stoffe aus Medikamenten, Körperpflegeprodukten, Parfümen und Schädlingsbekämpfungsmitteln taugt. Vor der Untersuchung im Massenspektrometer müssen sie das Substanzgemisch aber zunächst aus der Sedimentprobe extrahieren und in die einzelnen Substanzen auftrennen. Die Extraktion erfolgt nach einer Gefriertrocknung des Sediments mit einem organischen Lösungsmittel unter erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur. Mittels Flüssigchromatografie lassen sich aus den Extrakten schliesslich die Einzelsubstanzen gewinnen.

Zeitreihe für den Greifensee

Im Greifensee haben die Umweltchemiker das neue Verfahren bereits ausprobiert. Am tiefsten Punkt des Sees gewannen sie rund eineinhalb Meter lange Sedimentkerne. Für einen Zeitraum von 1920 bis zur Gegenwart haben sie die darin enthaltenen Chemikalien – Schicht für Schicht, Jahrzehnt für Jahrzehnt – extrahiert und massenspektrometrisch analysiert.

So konnten sie Zeitreihen für über 180 synthetische Stoffe erstellen, unter anderem für Tonalid, einen synthetischen, in Parfümen verwendeten Moschus-Duftstoff, oder für die drei Biozide Triclosan, Terbutryn und Prometryn. Die zeitliche Abfolge offenbarte, dass die Belastung des Greifensees mit diesen und weiteren Stoffen von den 1950er-Jahren bis Mitte der 1970er-Jahre stetig anstieg. Danach nahmen die Konzentrationen der meisten Verbindungen wieder ab. «Die Abnahme hat einerseits mit dem Ausbau von Kläranlagen zu tun, denn viele Umweltgifte aus dem Siedlungsabwasser werden dort erfolgreich entfernt», sagt Hollender. «Andererseits wurden gewisse Substanzen etwa wegen Massnahmen in der Landwirtschaft weniger oft verwendet.» Erstaunt habe sie allerdings, dass das Algenbekämpfungsmittel Irgarol im Greifensee bis in die Gegenwart stetig zugenommen habe. Möglicherweise werde dieser Stoff heute häufiger verwendet als Ersatz für mittlerweile verbotene, auf Zinn basierende Algenbekämpfungsmittel.

«Sedimente sind exzellente Archive für Mikroverunreinigungen, die sich mit der neuen Technik erschliessen lassen», sagt Hollender. Damit könne man nicht nur den Einsatz von Chemikalien für die vergangenen Jahrzehnte rekonstruieren, sondern beispielsweise auch im Nachhinein überprüfen, ob bestimmte Umweltschutzmassnahmen wirksam seien.

Kontakt: juliane.hollender@eawag.ch



Aus den Schichten von Sedimentkernen des Greifensees konnten die Forschenden die Chemikalien extrahieren und die Belastung rekonstruieren.

Antibiotikaresistente Keime im See

Das Siedlungsabwasser enthält Bakterien, die gegen Antibiotika resistent sind. Kläranlagen reduzieren zwar die Anzahl der Keime. Dennoch überleben resistente Bakterien, darunter solche mit gefährlichen Mehrfachresistenzen, und gelangen mit dem gereinigten Abwasser in die Umwelt.



Die Umweltmikrobiologin Nadine Czekalski nimmt Abwasserproben in der Kläranlage in Lausanne und im Abwasserkanal eines Lausanner Spitals, um sie auf antibiotikaresistente Bakterien zu untersuchen.

Fotos: Eawag

In der Bucht von Vidy, in 30 Metern Tiefe und 700 Meter vom Ufer entfernt, wird das gereinigte Abwasser von ganz Lausanne (rund 90 000 Kubikmeter pro Tag) in den Genfersee geleitet. Zwar hat die Stadt weder eine pharmazeutische Industrie noch Nutztierhaltungen im grossen Stil. Doch neben den 214 000 Einwohnern der Region und mehreren kleineren Gesundheitseinrichtungen ist auch ein grosses Krankenhaus an der Lausanner Kläranlage angeschlossen. Aus Studien im Spitalbereich, aber auch aus der Tiermedizin weiss man, dass Antibiotikaresistenzen zunehmen. Deshalb haben Forschende der Eawag zusammen mit Kollegen untersucht, ob solche Resistenzen via Kläranlage auch in die Umwelt gelangen, in diesem Fall in den Genfersee. Die Wissenschaftler führten mit klassischen Wachstumsversuchen und parallel dazu auch mit aufwändigen genetischen Analysen Resistenztests durch.

Kläranlage als Brutstätte?

Die in der Schweiz erstmals in diesem Umfang erhobenen Daten aus dem Siedlungsabwasser, dem Seewasser und dem Seesediment zeigen einerseits erwartete Muster, zum Beispiel eine besonders hohe Zahl von hochgradig multiresistenten Keimen im Abwasser des Universitätsspitals. Andererseits kam auch Erstaunliches zu Tage: So entfernt die Kläranlage zwar insgesamt über 75 Prozent aller Bakterien. Doch ist im gereinigten Abwasser der Anteil an besonders resistenten Stämmen erhöht.

Mikrobiologe Helmut Bürgmann von der Abteilung Oberflächengewässer vermutet, dass ausgerechnet die Kläranlage besonders gute Bedingungen bietet für den Austausch von Gensequenzen für Antibiotikaresistenz. Denn hier treffen Bakterien, die sonst im menschlichen Körper leben, auf solche, die schon an die freie Umwelt angepasst sind, und mobile Gensequenzen können aufgrund der hohen Zelldichten leicht ausgetauscht werden.

Gleichzeitig könnten Antibiotikarückstände und andere Schadstoffe im Wasser die Anreicherung von Resistenzen begünstigen. «Dass Bakterien Resistenzgene einbauen, ist nichts Besonderes und auch nicht von vornherein gefährlich», sagt Bürgmann. «Nicht bekannt war bisher, dass die Häufigkeit von Multiresistenzen im See, vor allem auch im Sediment, in der Nähe der Einleitung des gereinigten Abwassers erhöht ist.» Damit erhöhe sich das Risiko, so der Forscher weiter, dass Resistenzgene über kurz oder lang auch von Krankheitserregern eingebaut werden. Das kann bereits im See erfolgen

oder im menschlichen Körper, wenn beispielsweise mobile Gensequenzen für Antibiotikaresistenz ins Trinkwasser gelangen würden.

Trinkwasser im Auge behalten

Drei Kilometer neben der Einleitung des Kläranlagenablaufs in den See liegt eine grössere Trinkwasserfassung. Gelangen also tatsächlich solche Resistenzgene ins Trinkwasser? Nadine Czekalski, die im Rahmen ihrer Dissertation den Hauptteil der Untersuchungen durchgeführt hat, schätzt dieses Risiko zurzeit als gering ein. Je weiter man sich von der Stelle entferne, wo das gereinigte Abwasser eingeleitet werde, desto geringer falle die Dichte an Resistenzgenen aus. In Sedimentproben aus der Nähe dieser Fassung haben die Forschenden zwar Multiresistenzen nachweisen können, jedoch nicht im dortigen Seewasser. Deutlich erhöhte Konzentrationen von Resistenzgenen finden sich vor allem im Sediment in der unmittelbaren Umgebung des Kläranlagenablaufs. Ausserdem wird das Seewasser aufbereitet, bevor es ins Leitungsnetz von Lausanne eingespeist wird. Czekalski und Bürgmann sind sich jedoch einig, dass Vorsorge angebracht ist. Immerhin werden rund 15 Prozent der Schweizer Abwässer nach ihrer Reinigung direkt in Seen eingeleitet. Die Bucht von Vidy ist also ein Modell für Situationen, wie sie andernorts auch auftreten.

Tatsächlich hat ein zweites Projekt in 20 Schweizer Seen nachgewiesen, dass bestimmte Resistenzgene praktisch überall im Wasser vorhanden sind. Verbreitet ist vor allem die Resistenz gegen Sulfonamide, eine Gruppe synthetischer Verbindungen, die bereits ab 1910 in Antibiotika zum Einsatz kamen. Heute werden in der Humanmedizin nur noch einige wenige Sulfonamid-Verbindungen verwendet; die Stoffgruppe ist aber in der Tiermedizin für die Behandlung von Parasitenbefall noch weit verbreitet. An deutlich weniger Stellen fanden die Forschenden auch Resistenzen gegen die ab etwa 1960 eingesetzten Tetracykline. Ein vermehrtes Auftreten von Resistenzgenen in einigen Seen deutet nach Ansicht der beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf lokale Belastungsquellen hin.

Ausbau der Kläranlagen sinnvoll

Die vom Bund für ausgewählte Kläranlagen vorgesehene zusätzliche Reinigungsstufe gegen Mikroverunreinigungen sei daher ein Schritt in die richtige Richtung, sagen die Forschenden, da sie nicht nur Mikroverunreinigungen, sondern – so erwarten sie zumindest – auch resistente Keime weitgehend

Multiresistenz

Als multiresistent bezeichnen die Mikrobiologen Bakterien, die nicht nur gegen einzelne, sondern gegen zahlreiche Antibiotika unempfindlich geworden sind, weil sie entsprechende Resistenzgene in ihr Erbgut eingebaut haben. Häufig schützen diese die Bakterien auch vor anderen Substanzen wie Schwermetallen oder Desinfektionsmitteln. Gelangen multiresistente Bakterien in die Umwelt, beurteilen das die Fachleute als besonders heikel. Denn längerfristig werden dadurch Menge und Vielfalt solcher Gensequenzen in der Umwelt erhöht. Damit wächst das Risiko, dass auch Krankheitserreger sie über kurz oder lang in ihr Erbgut einbauen und mit den gängigen Antibiotika nicht mehr bekämpft werden können.

unschädlich mache. Weil die besonders hartnäckigen Resistenzen aus Spitälern stammen, empfehlen die Wissenschaftler in ihrer Studie aber, auch die bisher nicht vorgesehene separate Behandlung von Spitalabwasser zu prüfen. So ist eine chemische Desinfektion von Abwässern zum Beispiel in den USA bereits vielerorts üblich.

In Folgeprojekten erforscht die Eawag nun – unter anderem zusammen mit den Betreibern der Kläranlage und des Trinkwasserwerks in Lausanne –, wie effektiv die verschiedenen Verfahren zur Reinigung von Abwasser und zur Aufbereitung von Trinkwasser allfällige Antibiotikaresistenzen entfernen können. Untersucht werden vor allem eine Ultrafiltration (Filtration durch Membranen mit einer Porengrösse von weniger als 0,1 Mikrometern) und eine Ozonierung des Wassers. Ganz einfach ist das Unterfangen nicht: «Das blosse Abtöten der Bakterien dürfte nicht genügen», sagt Czekalski, «denn die Resistenzgene können auch nach dem Abtöten über DNA-Abschnitte in die Gewässer gelangen und dort von lebenden Organismen eingebaut werden.»

www.eawag.ch/antibiotic

www.leman21.ch

Kontakt: helmut.buergmann@eawag.ch

Wirksames Wirbelbett

Die Schweizer Kläranlagen können Mikroverunreinigungen nur ungenügend aus dem Abwasser entfernen. Deshalb sollen vor allem die grossen Abwasserreinigungsanlagen technisch aufgerüstet werden. Doch auch kleine ARA lassen sich optimieren.



Peter Penicka

Wirbelbett: Kunststoffteilchen im Abwasser verbessern den Abbau gewisser Mikroverunreinigungen.

Dass die Schweizer Flüsse und Seen heute so sauber sind, haben wir dem Bau einer flächendeckenden Abwasserreinigung in den letzten 50 Jahren zu verdanken. Zusammen mit dem 1985 verhängten Verbot von Phosphat in Waschmitteln sorgt die Phosphatfällung in den Kläranlagen dafür, dass weniger Nährstoffe in die Gewässer gelangen und die Überdüngung stark zurückgegangen ist. Gegen Mikroverunreinigungen sind die heutigen Abwasserreinigungsanlagen hingegen noch schlecht gerüstet. Diese organischen Spurenstoffe stammen etwa aus Medikamenten, Pflegeprodukten, Reinigungsmitteln oder Bioziden und können schon in sehr tiefen Konzentrationen von einigen Nanogramm pro Liter Wasserlebewesen beeinträchtigen und das Trinkwasser belasten.

Viele dieser Substanzen lassen sich mit den herkömmlichen Verfahren nicht eliminieren. Deshalb will die Schweiz in den kommenden 20 Jahren für 1,2 Milliarden Franken rund 100 grosse und mittelgrosse ihrer 700 Kläranlagen technisch auf-

rüsten. Eine zusätzliche Behandlung des Abwassers mit Ozon oder Pulveraktivkohle soll die Belastung reduzieren. Forschungsarbeiten unter anderem der Eawag belegen die Wirksamkeit dieser Massnahmen. «Für kleine Kläranlagen könnte auch das Wirbelbettverfahren eine gewisse Verbesserung bringen», sagt Adriano Joss von der Abteilung Verfahrenstechnik.

Besserer Abbau im Biofilm

Wie die Reinigungsleistung der Wirbelbetttechnik bezüglich Mikroverunreinigungen gegenüber dem herkömmlichen Belebtschlammverfahren ist, hat Joss zusammen mit anderen Wissenschaftlern im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts Athene verglichen. Ziel dieses von der deutschen Bundesanstalt für Gewässerkunde und von der Eawag geleiteten Vorhabens ist es, die mikrobiellen Prozesse beim Abbau von organischen Schadstoffen in der Abwasserreinigung besser zu verstehen. Mit den gewonnenen Erkenntnissen will man wirksame technologische Konzepte ausarbeiten und praktisch

erproben. Das mit einem Budget von rund 3,5 Millionen Euro ausgestattete Projekt startete im Oktober 2011 und läuft über fünf Jahre.

Das Wirbelbettverfahren ist eine Variante der biologischen Reinigungsstufe, die mehr und mehr in Kläranlagen zum Einsatz kommt. Kernstück der biologischen Stufe ist das Belebtschlammbecken. Das Abwasser kommt dort mit Mikroorganismen in Kontakt, welche den organischen Schmutz abbauen. Im Normalfall sind die Mikroorganismen zu Flocken, dem so genannten Belebtschlamm, aggregiert. Beim Wirbelbettverfahren versetzt man das Belebtschlammbecken zusätzlich mit zentimetergrossen Kunststoffteilchen. Die Mikroorganismen bilden in diesem Fall nicht nur Flocken, sondern zusätzlich einen Bewuchs auf dem Trägermaterial (Biofilm). Dadurch lässt sich die Menge an Mikroorganismen erhöhen. Dieser Zuwachs und die anders ablaufenden biochemische Prozesse im Biofilm verbessern die Reinigungsleistung.

Joss und seine Forscherkollegen haben herausgefunden, dass die Wirbelbetttechnik auch beim Abbau bestimmter Mikroverunreinigungen wirkungsvoller ist als das herkömmliche Belebtschlammverfahren. Als Studienobjekt diente ihnen die ARA Bad Ragaz, deren biologische Stufe aus einem hybriden Wirbelbett besteht: einer Kombination von Belebtschlamm- und Wirbelbettverfahren. Anhand von Untersuchungen in der Kläranlage, Laborexperimenten mit Bad Ragazer Abwasser und Modellrechnungen verglichen die Wissenschaftler das Abbauvermögen beider Technologien für 20 Substanzen. «Unsere Analysen zeigen, dass das Wirbelbettverfahren bei einigen Mikroverunreinigungen besser funktioniert», sagt Joss. Dies trifft zum Beispiel bei Diclofenac zu, einem weit verbreiteten schmerz- und entzündungshemmenden Wirkstoff, der unter anderem in Voltaren-Präparaten vorkommt. Hier konnten die Forschenden beim Wirbelbettverfahren im Experiment nach 12 Stunden nur noch 10 Prozent der Ausgangskonzentration nachweisen, während die Substanz im Belebtschlamm praktisch nicht abgebaut wurde. «Für einzelne Stoffe war das Belebtschlammverfahren hingegen dem Wirbelbett überlegen», ergänzt Joss.

Komplementäre Behandlung bringt Vorteile

Laut dem Verfahrenstechniker könnte es in Kläranlagen, in denen keine Behandlung mit Ozon oder Pulveraktivkohle vorgesehen ist, demnach sinnvoll sein, die konventionelle Belebtschlammbehandlung mit der Wirbelbetttechnik zu ergänzen,

Was bringt die Reduktion von Mikroverunreinigungen?

Einhergehend mit der Aufrüstung der Kläranlagen, mit der die Schweiz die Belastung der Gewässer mit Mikroverunreinigungen in den kommenden Jahren deutlich reduzieren will, hat die Eawag eine gross angelegte Forschungsinitiative angestossen. Mit dem interdisziplinären Projekt Eco Impact wollen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchen, wie sich eine Reduktion von Mikroverunreinigungen in den Kläranlagen auf die Qualität und die Ökosystemfunktionen der Gewässer auswirkt. In einer ersten Phase befasst sich Eco Impact damit, wie sich solche Schadstoffe auf die aquatische Umwelt auswirken. Mithilfe von Laborexperimenten und Feldstudien wollen die Forschenden dies auf den verschiedenen biologischen Organisationsstufen – von der Zelle bis zum Ökosystem – untersuchen. In einer zweiten Projektphase soll ermittelt werden, wie sich die Verbesserungsmaßnahmen in den Kläranlagen auf den Zustand der aquatischen Lebensräume auswirken.

www.ecoimpact.ch

um die Belastung mit Mikroverunreinigungen zu reduzieren. «Allerdings lassen sich damit nicht alle Substanzen eliminieren», meint er einschränkend. «So wurde bei unseren Untersuchungen etwa ein Drittel der Stoffe weder auf dem einen noch auf dem anderen Weg abgebaut.» Auch sei die Wirbelbetttechnik weniger wirkungsvoll als die Ozonierung oder die Aktivkohlebehandlung, so Joss. «Mit diesen Verfahren erwartet man eine Elimination um mehr als 80 Prozent, während die Reduktion beim Wirbelbettverfahren schätzungsweise etwa die Hälfte beträgt.»

Was darf sauberes Wasser kosten?

Die Schweiz rüstet ausgewählte Kläranlagen auf, um die Belastung der Gewässer mit Mikroverunreinigungen zu reduzieren. Das bedingt Investitionen in Milliardenhöhe. Die Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung rechtfertigt das Unterfangen auch ökonomisch.

Um die Belastung der Gewässer mit organischen Spurenstoffen aus Medikamenten, Reinigungsmitteln, Pflegeprodukten oder Pestiziden zu vermindern, will die Schweiz in den nächsten 20 Jahren rund 100 ihrer über 700 Kläranlagen technisch aufrüsten. Zum Einsatz kommen soll eine zusätzliche Behandlung des Abwassers mit Ozongas oder Pulveraktivkohle. Kostenpunkt dieser Investition: geschätzte 1,2 Milliarden Franken. Doch rechtfertigen sich solche Massnahmen auch aus ökonomischer Sicht? Oder anders gefragt: Sind die Schweizerinnen und Schweizer überhaupt bereit, für eine Reduktion der Mikroverunreinigungen in ihren Flüssen und Seen so viel zu bezahlen? Ivana Logar und Roy Brouwer von der Abteilung Umweltsozialwissenschaften haben dies für die Deutschschweiz untersucht.

Schweizer sind gut informiert

In einer repräsentativen Umfrage erhoben die Umweltökonominnen dazu die Zahlungsbereitschaft von 1000 Haushalten. Mithilfe von Kosten-Nutzen-Analysen verglichen sie diese mit den geschätzten Investitionen. Als Erstes wollten sie allerdings herausfinden, welche Bedeutung die Wasserqualität von Flüssen und Seen für die Deutschschweizer generell hat. «63 Prozent der Befragten ist sauberes Wasser ein grosses Anliegen», sagt Logar. Die Mehrheit davon stufte das Thema als ebenso wichtig ein wie die Gesundheit, die Arbeitsplatzsituation und den Klimawandel und dringlicher als beispielsweise Zuwanderungsfragen. Ausserdem beurteilen 65 Prozent der Befragten die Qualität der Schweizer Gewässer als gut, wobei die meisten sie als weiter verbesserungsfähig einschätzen.



Aldo Tosiario

Schweizerinnen und Schweizern ist der Sprung ins saubere Wasser etwas wert.

Die Studie zeigt auch, dass die Deutschschweizerinnen und Deutschschweizer relativ gut darüber Bescheid wissen, was Mikroverunreinigungen sind und worin deren Gefahren bestehen. 54 Prozent erachten die Substanzen als substanzielles oder sogar grosses Risiko für die Umwelt und den Menschen. «Trotzdem waren sich rund drei Viertel der befragten Personen der Belastung mit Mikroverunreinigungen an ihrem Wohnort nicht bewusst gewesen, bevor sie an der Umfrage teilnahmen», sagt Logar.

Unterschiedliche Zahlungsbereitschaft

Deutschschweizerinnen und Deutschschweizer sind bereit, für die Entfernung der Mikroverunreinigungen durchschnittlich 100 Franken pro Haushalt und Jahr zusätzlich zu ihrer aktuellen Wasserrechnung zu bezahlen. In Kantonen wie Schwyz oder St. Gallen, die von Mikroverunreinigungen weniger stark betroffen sind, liegt die Zahlungsbereitschaft durchschnittlich tiefer als in Kantonen wie Zürich oder Basel-Stadt, die ein höheres Belastungsrisiko aufweisen.

Wie viel die Umfrageteilnehmenden für die Reduktion von Mikroverunreinigungen und für die Erforschung der gesundheitlichen Auswirkungen dieser Stoffe zu zahlen bereit wären, hängt von verschiedenen Faktoren ab. So ist die allgemeine Zahlungsbereitschaft höher, wenn sich mit den Reduktionsmassnahmen das Risiko für die Umwelt auf ein tiefes Niveau senken lässt und wenn davon das ganze Land profitiert. Hingegen sind die Probanden desto weniger gewillt, Geld für die Forschung auszugeben, je länger es dauert, bis die Erkenntnisse vorliegen. Auf die Zahlungsmoral drückt ebenfalls, wenn die persönliche Wasserrechnung wegen solcher Massnahmen steigt.

Positive Bilanz

Die Forschenden rechneten die potenziellen Beträge der einzelnen Kantone für die ganze Schweiz und für einen Planungshorizont von 33 Jahren hoch. Das entspricht der Lebensdauer, die sie für die Infrastruktur erwarten. Über diesen Zeitraum stünden dieser Abschätzung zufolge 4,3 Milliarden Franken zur Verfügung, um die wichtigsten Abwasserreinigungsanlagen technisch aufzurüsten und die Anlagen zu betreiben. «Das entspricht einer konservativen Abschätzung», sagt Logar.

Dem stehen entsprechende Investitions-, Betriebs- und Abschreibungskosten gegenüber. Diese belaufen sich laut den Umweltökonominnen auf insgesamt 2,5 Milliarden Franken. Für

Finanzierung über Abwasserabgabe

Die Investitionskosten, die beim Ausbau der 100 ausgewählten Kläranlagen zur Elimination von Mikroverunreinigungen anfallen, will der Bundesrat über eine Spezialfinanzierung decken. Von sämtlichen Kläranlagen soll abhängig von der Anzahl angeschlossener Einwohner eine Abgabe erhoben werden. Ein Betrag von höchstens 9 Franken pro Person und Jahr soll die Finanzierung von drei Vierteln der jährlich schätzungsweise benötigten 60 Millionen Franken sicherstellen. Mit einer Änderung des Gewässerschutzgesetzes soll die juristische Grundlage für diese Spezialfinanzierung geschaffen werden.

die Kosten-Nutzen-Rechnung bleibt schliesslich, noch eine einfache Subtraktion dieser Kosten von der totalen Zahlungsbereitschaft durchzuführen. Es resultiert ein Überschuss von fast 2 Milliarden Franken. Unter dem Strich heisst das also: Die vom Bund beschlossene und bereits angestossene Ausrüstung der Kläranlagen ist somit auch aus ökonomischer Sicht gerechtfertigt.

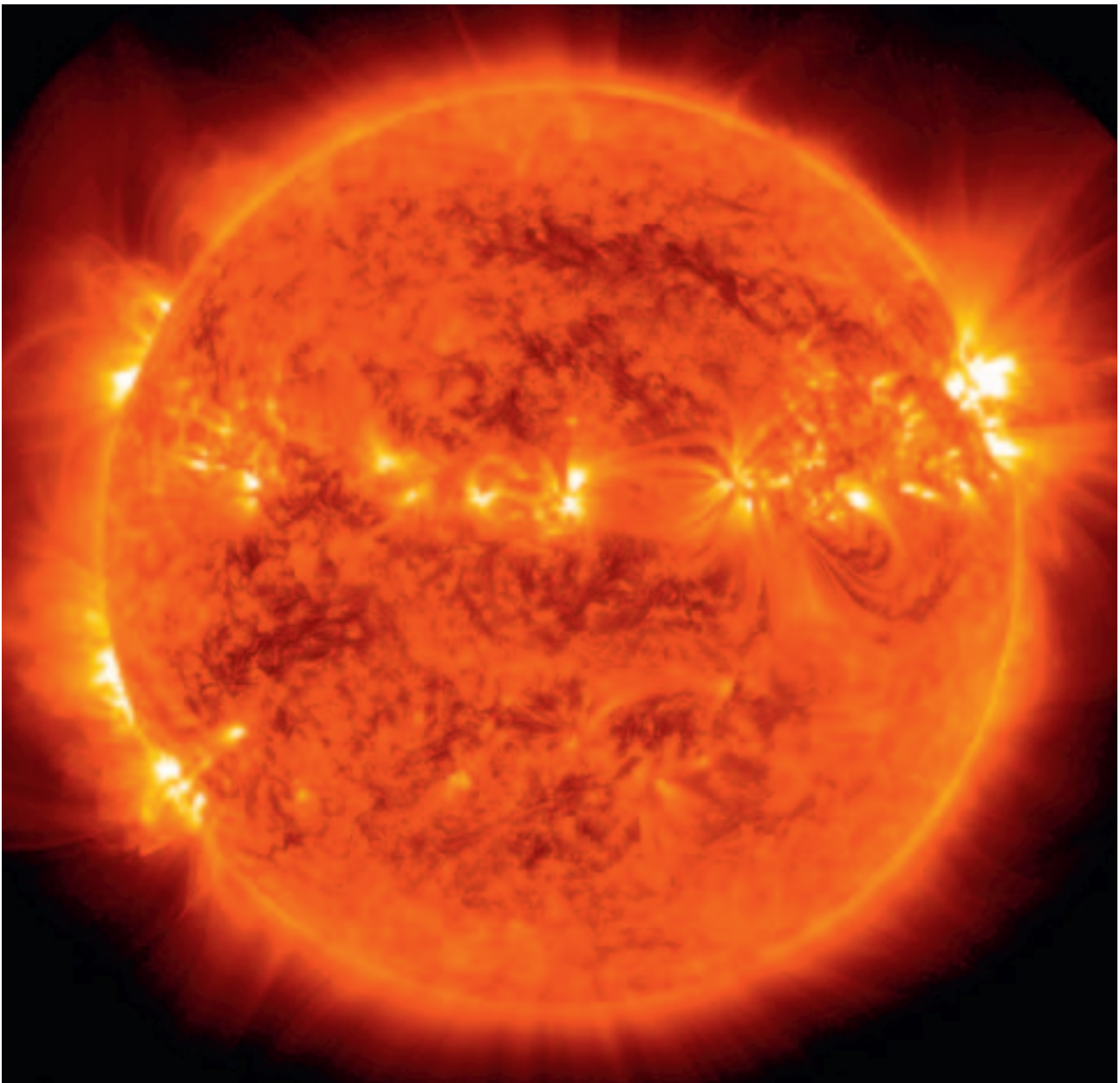
Kontakt: ivana.logar@eawag.ch

Klimaprognosen fürs All?

Die Planeten haben wohl mehr Einfluss auf die Sonne als bisher angenommen. Die langfristigen Zyklen erhöhter Sonnenaktivität – rekonstruiert aus Eisbohrkernen – stimmen jedenfalls gut überein mit den Änderungen des Drehmoments, das die Planeten auf die Sonne ausüben.

Die Sonne vereinigt mehr als 99 Prozent der Gesamtmasse unseres Sonnensystems auf sich und hält mit ihrem Gravitationsfeld die Planeten auf den Umlaufbahnen. Eine umgekehrte Wirkung der Planeten auf die Sonne wurde bisher als vernachlässigbar erachtet. Doch nun hat ein internationales Team um die Eawag-Forscher José Abreu und Jürg Beer aufgedeckt, dass Änderungen des verhältnismässig geringen

Drehmoments, das die Planeten gemeinsam auf die Sonne ausüben, die Ursache sein könnte für die langfristigen Zyklen der Sonnenaktivität. Die beobachteten und bereits bekannten Perioden von 88, 104, 150, 208 und 506 Jahren stimmen während der letzten 10 000 Jahre nämlich überraschend genau mit den periodischen Änderungen des Drehmoments der Planeten überein. Die Forschenden behaupten nicht, dass



Sonnenaktivität: Durch gewaltige Plasma-Explosionen werden Milliarden von Tonnen Gas in die Atmosphäre geschleudert.

die Planeten die Ursache der Sonnenaktivität sind. Doch sie halten es für möglich, dass die Planetenkonstellation Einfluss hat auf magento-hydrodynamische Prozesse im Innern der Sonne, insbesondere im Bereich der Tachoklyne. Diese relativ dünne Schicht (der Übergang von der radiativen zur konvektiven Zone in der Sonne) spielt nach heutiger Erkenntnis eine fundamentale Rolle. Sie wird allgemein als Sitz des Dynamos betrachtet, der für das Entstehen des solaren Magnetfeldes verantwortlich ist.

Archiv im ewigen Eis

Dass die fünf deutlichsten Zyklen der Sonnenaktivität über die letzten 10 000 Jahre sehr genau übereinstimmen mit den Zyklen im aufsummierten Drehmoment der Planeten ist das eine. Dass die Hochs und Tiefs auch dann exakt im gleichen Rhythmus wieder auftauchen, wenn sie zwischenzeitlich einmal schwach geworden oder für einige Zeit ganz verschwunden sind, ist ein weiteres starkes Indiz. Frequenz und Phase decken sich also. «Das macht es sehr unwahrscheinlich, dass die Sonne all diese Zyklen als isoliertes System aus sich selbst heraus generiert», sagt Beer und folgert: «Alles deutet auf einen externen Taktgeber hin, und dafür kommen eigentlich nur die Planeten in Frage.»

Direkte Angaben über die Zahl der Sonnenflecken als Mass für die Aktivität der Sonne existieren erst seit rund 400 Jahren, seitdem die Sonne mit Teleskopen beobachtet wird. Will man die Geschichte der Sonnenaktivität weiter zurück über die letzten 10 000 Jahre verfolgen, ist man auf indirekte Informationen angewiesen. Die Forschenden haben sie aus Eisbohrkernen von der Antarktis und Grönland gewonnen, in denen durch die kosmische Strahlung produzierte Radionuklide eingelagert sind. Ist die Sonne relativ ruhig, gelangt mehr kosmische Strahlung in die Atmosphäre und damit werden mehr Radionuklide produziert, weil das abschirmende solare Magnetfeld schwächer ist. Für die Studie wurden neben Beryllium-Daten (^{10}Be) aus dem Eis zusätzlich Kohlenstoff-Daten (^{14}C) aus den Jahrringen fossiler Hölzer berücksichtigt. Beide Zeitreihen stimmen sehr gut überein.

Trotzdem stellt sich die Frage, ob die gute Übereinstimmung zwischen diesen Messreihen und den Planetendaten nicht ein Zufall sein könnte. Die Forscher haben daher ihre Entdeckung überprüft, indem sie am Computer eine Million zufälliger Zeitreihen generiert und analysiert haben. Einzelne der oben erwähnten Perioden haben sie tatsächlich auch in zufälligen

Anfällige Elektronik

Super-Flares sind gewaltige Plasma-Explosionen auf der Sonne, die Milliarden von Tonnen Gas in die Atmosphäre schleudern und damit im All und auf der Erde zu magnetischen Stürmen und Polarlichtern führen. Satelliten, die Bordelektronik von Flugzeugen, Stromnetze, Funksignale und vieles mehr können von einem solchen Ereignis beeinträchtigt oder zerstört werden. 1859 führte der vom britischen Astronomen Richard Carrington beobachtete Flare nur zu Störungen in den eben erst erstellten Telegrafennetzen in Europa und Nordamerika. Heute beziffern Studien die unmittelbaren ökonomischen Schäden eines ähnlich grossen Sonnensturms allein für die USA auf bis zu zwei Billionen Dollar. «Von einer Sturmwarnung sind wir noch weit entfernt», räumt Forscher Jürg Beer ein. Doch das bessere Verständnis der magnetischen Vorgänge auf der Sonne könnte in Zukunft helfen, Häufigkeit und Heftigkeit solcher Eruptionen zu deuten.

Reihen gefunden. Die Wahrscheinlichkeit jedoch, dass alle fünf näher untersuchten gleichzeitig auftraten, lag – je nach Spektrum der Reihen – zwischen 1 zu 10 000 und 1 zu 100 000.

Neues Bild der Sonne

Noch bezeichnen Abreu und Beer ihre Schlüsse vorsichtig als Hypothese. Doch bestätigen sich die Befunde, haben sie eine grosse Bedeutung. Zum einen helfen sie mit, unser Verständnis der Sonne zu verbessern und realistischere Modelle der Sonne zu konstruieren. Zum anderen können sie helfen, zuverlässigere Prognosen für das Weltraumklima zu machen – was im Hinblick auf längere Weltraumreisen enorm wichtig ist. Aber auch diejenigen, die auf der Erde bleiben, sind von den magnetischen Vorgängen auf der Sonne betroffen. Denn als Folge der technischen Entwicklung wird unsere Gesellschaft immer verwundbarer für das Wetter im All.

Wenn das Trinkwasser rostet

Der Klimawandel wirkt sich in der Schweiz auch auf das Grundwasser aus. Steigende Temperaturen können in Aquiferen, die von Flüssen gespeist werden, in Zukunft vermehrt zu Sauerstoffmangel führen. Darunter leiden die Qualität des Trinkwassers und die Infrastruktur.

Rostbraunes Trinkwasser mit unangenehm metallischem Geschmack und verstopfte Pumpenfilter: Was im Hitzesommer 2003 in einzelnen Schweizer Grundwasserpumpwerken in Flussnähe aufgetreten war, könnte in Zeiten des Klimawandels zum Normalfall werden. «Solche Verhältnisse stellen sich ein, wenn das Grundwasser zu warm ist und der Sauerstoff ausgeht», erklärt David Livingstone von der Abteilung Wasserressourcen und Trinkwasser. Er studiert zusammen mit seinen Forscherkollegen im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61, wie sich der Klimawandel auf das Grundwasser auswirkt. Denn in der Schweiz werden rund 80 Prozent des Trinkwassers aus Grundwasserquellen gewonnen.

Steigende Temperaturen seit 30 Jahren

Mithilfe historischer Aufzeichnungen von Pumpwerken konnten die Wissenschaftler nachweisen, dass nicht nur die Luft- und Gewässertemperaturen angestiegen sind, sondern auch die Temperaturen des Grundwassers. «Betroffen sind von Flüssen gespeiste Aquifere», sagt Livingstone, «während jene, die ihr Wasser aus Niederschlägen beziehen, sich kaum veränderten.» Im ersten Fall hätten sich die Grundwässer seit den 1980er-Jahren durchschnittlich um 0,7 bis 1,1 Grad Celsius pro Jahrzehnt erwärmt. Einhergehend mit den steigenden Temperaturen nahm in den meisten Aquiferen, welche die Forscher untersucht haben, der Sauerstoffgehalt im Lauf der

Zeit tendenziell ab. Allerdings, betont Livingstone, sei hier der Verlauf weniger eindeutig und variere von Grundwasser zu Grundwasser. Neue Untersuchungen deuten darauf hin, dass neben der Temperatur auch die hydrogeologischen Eigenschaften des Bodens, etwa wie durchlässig ein Flussbett ist, und Hochwasser die Sauerstoffverhältnisse beeinflussen.

Was mit dem Grundwasser geschieht, wenn der Sauerstoff knapp wird, haben an der Abteilung Wasserressourcen und Trinkwasser Urs von Gunten und seine Mitarbeitenden untersucht. Sie analysierten die biogeochemischen Prozesse, die ablaufen, wenn Flusswasser durch die Uferzone und die Sohle in den Boden und ins Grundwasser sickert. Als Testgelände diente ihnen ein Abschnitt der Thur, der mit verschiedensten Sensoren ausgestattet ist. Damit konnten sie Parameter wie Grundwasserspiegel, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert oder Sauerstoffkonzentration messen. Um die unterschiedlichen Einflussgrössen gezielt variieren zu können, bauten sie das Flusssystem zudem im Labor nach. Dazu verwendeten sie Plexiglassäulen, die sie mit Sediment der Thur füllten und mit Wasser des Flusses speisten.

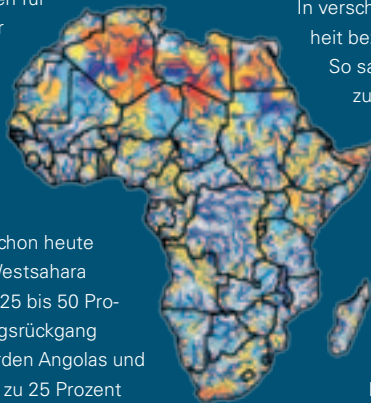
Mikroorganismen verbrauchen Sauerstoff

Das Flusswasser unterliegt auf seinem Weg im Untergrund starken chemischen Veränderungen und wird dabei von

Mehr Wasser in Afrika

Afrika könnte als Folge des Klimawandels in Zukunft über mehr Wasser verfügen. Zwischen den Regionen bestehen allerdings grosse Unterschiede. Das prognostizieren Modellrechnungen für den Zeitraum von 2020 bis 2040, die Forschende der Abteilung Systemanalyse und Modellierung durchgeführt haben. Sie verwendeten ein hydrologisches Computermodell, das sie mit Daten aus fünf Klimamodellen speisten. Den Klimamodellen lagen wiederum jeweils vier Szenarien über den zukünftigen Ausstoss von Treibhausgasen zugrunde.

Dem Modell zufolge werden die Niederschläge im schon heute sehr trockenen, Ägypten, Libyen, Algerien und die Westsahara umfassenden Gebiet im Norden des Kontinents um 25 bis 50 Prozent zurückgehen. Ebenfalls von einem Niederschlagsrückgang betroffen sein werden der Süden Südafrikas, der Norden Angolas und Kameruns sowie die Länder am Horn von Afrika. Bis zu 25 Prozent mehr Regen bekommen dagegen der Südwesten (Namibia, Sambia, Botswana, der Kongo) und Westafrika (Guinea, Elfenbeinküste). Gemäss den Prognosen sollen Oberflächen- und Grundwasser im



Süden generell zunehmen, während am Horn von Afrika und in der Sahelzone eine Abnahme von bis zu 100 Prozent zu erwarten ist.

In verschiedenen Regionen wird zudem die Unsicherheit bezüglich der Wasserverfügbarkeit steigen.

So sagt das Modell für den trockenen Norden eine zunehmend ungleichmässige Verteilung der

Regenfälle über die Jahre voraus, was zu verlängerten Dürren führen würde. Auch der Süden wird mit längeren Trockenperioden rechnen müssen, während diese in Zentralafrika und im Südosten abnehmen.

Diese Veränderungen und die räumlichen Unterschiede werden sich laut den Wissenschaftlern stark auf die Wirtschaft, insbesondere die Landwirtschaft auswirken. Auch könnte die Nutzung von Wasserressourcen vermehrt zu Konflikten führen.

Kontakt: karim.abbaspour@eawag.ch

Schmutzpartikeln oder Krankheitserregern gereinigt. Deshalb ist es überhaupt möglich, dass wir von Flüssen gespeistes Grundwasser trinken können, ohne es weiter aufzubereiten. Rund ein Drittel solcher Aquifere nutzt die Schweiz für ihre Trinkwasserversorgung. Eine entscheidende Rolle bei der natürlichen Reinigung spielen Mikroorganismen, indem sie organische Materie abbauen, um Energie zu gewinnen. Damit diese biochemische Reaktion ablaufen kann, brauchen sie ein Oxidationsmittel. Ihr bevorzugter Helfer dabei ist Sauerstoff, weil sie mit diesem am meisten Energie aus dem Abbauprozess herausholen. Geht der Sauerstoff zur Neige, wechseln die Kleinstlebewesen zu weniger ergiebigen Verbindungen: zuerst zu Nitrat, dann zu Mangan- und Eisenhydroxiden.

Die Wissenschaftler konnten im Feld und im Labor zeigen, dass genau dies passiert, wenn sich das Grundwasser erwärmt. «Höhere Temperaturen fördern den Stoffwechsel der Mikroorganismen, diese bauen mehr organisches Material ab und verbrauchen mehr Sauerstoff», sagt von Gunten. Darum herrschten an gewissen Messstellen an der Thur im Sommer anoxische Verhältnisse und der Abbau lief über den Nitratweg. Ist auch das Nitrat aufgezehrt, beginnen der Abbau der Mangan- und Eisenhydroxide und mit ihm die Probleme. Die Verbindungen lösen sich zuerst im Wasser. Kommen das gelöste Mangan und Eisen im Pumpwerk aber mit der Umgebungsluft in Kontakt, werden sie oxidiert und fallen aus – mit den eingangs beschriebenen Folgen. Während der sommerlichen Messkampagne an der Thur kam es allerdings nicht so weit. «Das Nitrat reicht heute meist als Puffer aus und verhindert Ausfällungen von Mangan und Eisen», kommentiert von Gunten.

Trinkwasser zusätzlich aufbereiten

Doch die Zukunft könnte anders aussehen. Denn die jüngsten Klimaszenarien prognostizieren für Teile der Schweiz bis 2085 durchschnittlich um vier bis fünf Grad höhere Temperaturen. Zudem sollen vermehrt Extremereignisse wie Hitzeperioden oder Überschwemmungen auftreten. Die Forschenden befürchten, dass sich damit Zustände wie im Hitzesommer 2003 häufen werden. Von Gunten identifiziert vor allem Hochwasserereignisse als kritischen Faktor: Durch diese gelangen mehr organische Partikel in die Flüsse, die zusammen mit den höheren Temperaturen den mikrobiellen Abbau und damit den Sauerstoffverbrauch antreiben. «Über längere Zeit kann das wahrscheinlich die Nitratreserven vollständig aufbrauchen», sagt von Gunten.



Anhand historischer Zeitreihen konnten die Wissenschaftler Temperaturerhöhungen im Grundwasser nachweisen.



Fotos: NFP 61

Mit Flusssediment gefüllte Plexiglassäulen geben Auskunft über die biogeochemischen Prozesse beim Versickern.

Um Ausfällungen von Mangan und Eisen in den Leitungen zu verhindern, könnte es laut dem Chemiker deshalb in Zukunft notwendig werden, dass die Wasserversorgungen das Grundwasser zeitweise zusätzlich aufbereiten. Mit der so genannten Pump-and-treat-Technik oder der In-situ-Methode seien bewährte Verfahren vorhanden, so von Gunten.

www.eawag.ch/nfp61

Kontakt: david.livingstone@eawag.ch

urs.vongunten@eawag.ch

Nanopartikel im Wasser

Nanopartikel aus Silber können Grünalgen schädigen. Nicht die Teilchen selber wirken dabei toxisch, sondern aus ihnen herausgelöste Silberionen. In den Gewässern liegt aber nur ein geringer Teil des Nanosilbers in gelöster Form vor. Eine Entwarnung ist das trotzdem nicht.

Sei es in Kosmetika, Textilien, Farben oder Lacken, künstlich hergestellte Nanopartikel kommen in immer mehr Alltagsprodukten vor und gelangen auch in die Gewässer. Zu ihrem Verhalten in der Umwelt und zu ihrer toxischen Wirkung auf Wasserlebewesen bestehen jedoch noch viele Fragezeichen. So ist zum Beispiel unklar, in welcher Form die 1 bis 100 millionstel Millimeter kleinen Teilchen in Flüssen und Seen auftreten. Niksa Odzak und Laura Sigg von der Abteilung Umwelttoxikologie konnten nun zeigen, dass Nanopartikel je nach verwendetem Metall und chemischen Bedingungen des Wassers in unterschiedlichen Zuständen vorliegen. Sie untersuchten das Auflösungsverhalten verschiedener Nanopartikel in Wasserproben aus dem Greifensee, dem Vierwaldstättersee, dem Lago Cristallina und einem Kläranlagenausfluss in Dübendorf.

Der pH-Wert hat einen Einfluss

Mit Kohlenstoff beschichtetes Nanokupfer kam in allen Proben überwiegend als aggregierte Partikel vor, die sich im Sediment einlagerten. Weniger als 5 Prozent lagen nach 9 Tagen als gelöste Kupferionen vor. Nanopartikel aus Zinkoxid lösten sich dagegen in allen Fällen innerhalb von Stunden praktisch vollständig auf. Die Löslichkeit von Kupferoxidteilchen hing dagegen vom pH-Wert ab. So lösten sie sich im saureren Wasser des Lago Cristallina schneller und vollständiger auf als unter basischeren Bedingungen. Auch Silbernanopartikel zeigten ein solches Verhalten. Im Wasser des Tessiner Sees traten

rund 4 Prozent in gelöster Form auf, bei den anderen Wasserproben weniger als 1 Prozent. Die Umwelttoxikologen Flavio Piccapietra und Renata Behra fanden in Laborexperimenten zudem heraus, dass Silbernanopartikel bei erhöhten Natrium- und Kalziumgehalten stärker aggregieren. Trotzdem setzen sie sich nur langsam in den Sedimenten ab und verbleiben über mehrere Tage im Wasser. Aquatische Lebewesen sind ihnen deshalb über längere Zeit ausgesetzt.

Nanosilber ist von besonderem ökotoxikologischem Interesse, da es Gewässerorganismen schädigen kann. Gleichzeitig ist es das derzeit am häufigsten eingesetzte Nanomaterial. Die industrielle Produktion beläuft sich weltweit auf rund 500 Tonnen pro Jahr. Silbernanopartikel sind vor allem wegen der antibakteriellen Eigenschaften der Silberionen begehrt, die sich aus den Partikeln herauslösen.

Silberionen sind für Algen giftig

Dass das Nanosilber im Wasser überwiegend partikulär auftritt und sich wenig Ionen herauslösen, ist – zumindest im Fall der Grünalge *Chlamydomonas reinhardtii* – ein Vorteil. Denn Piccapietra und Behra konnten zeigen, dass die Partikel nicht in die *Chlamydomonas*-Zellen eindringen können. Silberionen hingegen überwinden die Zellmembran und beeinträchtigen zelluläre Prozesse wie beispielsweise die Fotosynthese. «Die toxische Wirkung von Nanosilber geht folglich alleine von den Silberionen aus», fasst Behra zusammen. Das bestätigen auch andere Untersuchungen der Eawag.

Laut der Umwelttoxikologin ist das allerdings kein Grund zur Entwarnung: «Die Nanopartikel können von chemischen Verbindungen auf den Zellmembranen oxidiert werden und dabei entstehen trotzdem freie Silberionen.» Auch bei der Herstellung von Silbernanopartikeln fallen bis zu 10 Prozent Silberionen als Nebenprodukt an. Die Forscherin betont, dass die Befunde überdies nur für *Chlamydomonas reinhardtii* gälten und keine Langzeitdaten vorlägen. «Darüber, wie andere Algen oder andere Organismen reagieren, wissen wir noch wenig.» Gewisse Studien hätten aber gezeigt, dass tierische Zellen Nanopartikel aufnehmen. Laufende Untersuchungen der Eawag deuten zudem darauf hin, dass in Biofilmen aus Bakterien und Algen Nanopartikel selber und nicht in erster Linie Ionen toxisch wirken.



KeyStone

Wegen ihrer antibakteriellen Eigenschaften kommen Silbernanopartikel in Funktionskleidung wie hier am Zürich-Marathon zum Einsatz.

Kontakt: laura.sigg@eawag.ch
renata.behra@eawag.ch

Geld verdienen mit Fäkalien

Wie man den Fäkalschlamm in den Städten der Entwicklungsländer entsorgen könnte, dazu gibt es einige Ideen. Doch nur wenige setzen sich in der Praxis durch, denn den meisten fehlt ein klares Geschäftsmodell. Wie es anders geht, zeigen zwei Fallbeispiele aus Manila und Bangalore.

Die Entsorgung von Fäkalien ist in vielen Städten der Entwicklungsländer ein ungelöstes Problem. Zwar gibt es immer wieder Versuche, die Situation mit sanitären Einrichtungen zu entschärfen. Doch viele dieser Initiativen scheitern, weil der Abtransport und die Entsorgung des Fäkalschlammes in der Praxis nicht so funktionieren, wie man sich das ursprünglich dachte. Für Heiko Gebauer von der Abteilung Umweltsozialwissenschaften ist klar: «In vielen Fällen fehlt es an einer ökonomisch tragfähigen Idee, wie man mit der Entsorgung Geld verdienen könnte.»

Zusammen mit Linda Strande und Lars Schöbitz von der Abteilung Wasser und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern hat Gebauer deshalb nach erfolgreichen Geschäftsmodellen gesucht, die als Vorbilder für andere Städte dienen könnten. «Wir untersuchten gezielt Ansätze, die ohne Subventionen oder Spenden auskommen», erklärt der Wirtschaftswissenschaftler. «Nur solche Lösungen funktionieren auf Dauer im grösseren Massstab.» Im Rahmen ihrer Studie haben die Forschenden zwei Fallbeispiele genauer untersucht, die völlig anders funktionieren und gerade deswegen zeigen, wie unterschiedlich das Problem gelöst werden kann.

Ein grosser und viele kleine Anbieter

Den ersten Lösungsansatz fanden Strande und Gebauer in Manila. Die als öffentlich-private Partnerschaft geführte Gesellschaft Manila Water hat ihr bestehendes Geschäftsfeld – die Lieferung von Trinkwasser – um die Fäkalienentsorgung erweitert. Manila Water bietet den Kunden an, für einen kleinen Aufpreis auf die Wasserrechnung auch die Ausscheidungen zu entsorgen. Das Unternehmen setzt heute mehr als 90 Spezialfahrzeuge ein, mit denen es über 50 000 Abwassertanks regelmässig leert. Der Fäkalschlamm wird danach in mehreren Anlagen fachgerecht aufbereitet; aus den Rückständen wird Dünger hergestellt und ohne Zusatzgewinn weitervertrieben. Da die Finanzierung über die Wasserrechnung erfolgt, bezahlen ärmere Menschen, die weniger Wasser verbrauchen, insgesamt einen geringeren Preis.

Ganz anders funktioniert das zweite Geschäftsmodell, das Strande und Gebauer in Bangalore studierten. Dort haben pfiffige Kleinunternehmer entdeckt, wie man mit Fäkalschlamm Geld verdienen kann. Die Honeysuckers mieten Speziallastwagen und entsorgen dann auf informeller Basis das Abwasser ihrer Kunden. Den getrockneten Schlamm verkaufen sie als Dünger an Bauern. Das Modell hat für alle Seiten Vorteile:



Vishwanath Srikantiah

Honeysuckers an der Arbeit in Bangalore: Das Geschäftsmodell zur Entsorgung von Fäkalien funktioniert.

Für die Honeysuckers, die als Mikrounternehmen operieren, ist die Einstiegshürde tief, da keine grossen Investitionen notwendig sind; die Kunden wiederum können auswählen, von wem sie ihren Schlamm entsorgen lassen möchten.

Mögliche Stolpersteine mitbedenken

Die Analyse der Beispiele zeigte aber auch, wo die Fallstricke der beiden Ansätze liegen. Ein gewichtiger Nachteil beim ersten Modell ist, dass ein Unternehmen grössere Anfangsinvestitionen tätigen muss. Genau diese Voraussetzung ist in vielen Städten nicht gegeben. Bei den Honeysuckern stellt sich das Problem, dass diese Kleinunternehmen nicht legal operieren, sondern im informellen Bereich tätig sind. Obwohl dadurch die Gefahr von Misswirtschaft gegeben ist, scheint der Ansatz in Bangalore aber gut zu funktionieren.

Die Forschenden wollen in einem nächsten Schritt versuchen, die beiden Geschäftsmodelle allenfalls in modifizierter Form auf andere Städte zu übertragen. In Hanoi und Kampala etwa führen sie bereits Gespräche mit den Stadtbehörden. «Wenn wir das Problem der Fäkalschlamm Entsorgung lösen wollen, brauchen wir funktionierende Geschäftsmodelle», ist Gebauer überzeugt. «Die Ansätze aus Manila und Bangalore zeigen, wie solche Modelle aussehen könnten.»

www.eawag.ch/businessmodels
 Kontakt: heiko.gebauer@eawag.ch
linda.strande@eawag.ch

Die Toilette neu erfinden

Weltweit haben 2,6 Milliarden Menschen keinen Zugang zu einer anständigen Toilette. Ein von der Gates-Stiftung ausgezeichnetes WC ohne Wasser- oder Kanalisationsanschluss soll eine menschenwürdige, hygienische, umweltfreundliche und ökonomisch interessante Sanitärversorgung ermöglichen.

Das in der industrialisierten Welt etablierte Sanitärsystem mit wassergespülten Toiletten, Schwemmkanalisation und zentraler Abwasserbehandlung ist längst nicht für alle Gegenden der Welt geeignet. Sei es, dass nicht genügend Wasser vorhanden ist, um Urin und Exkremente wegzutransportieren, dass das für die Kanäle nötige Gefälle fehlt oder dass der Ausbau des Kanalisationssystems unmöglich Schritt halten kann mit dem rasanten Wachstum der Siedlungen. Aber auch hierzulande überlegen sich die Fachleute mehr und mehr, wie sinnvoll es ist, den Urin und die Exkremente erst mit viel Wasser zu verdünnen und die darin enthaltenen Wertstoffe wie Phosphor oder Stickstoff danach in den Kläranlagen wieder aufwändig zu entfernen.

Nicht mehr als fünf Rappen pro Tag

Die Forschung an alternativen Systemen hat allerdings erst in jüngerer Zeit eingesetzt. Toiletten ohne Wasser- und Abwasseranschluss blieben, zumindest was ihr Image betrifft, auf dem Niveau des mittelalterlichen Plumpsklos stecken. Der beim Wasser-Closet auf Kopfdruck ausgelöste Abtransport des «Geschäfts» und damit verbundener Geruchsimmissionen ist zum Inbegriff westlichen Komforts geworden. Zudem ist es hierzulande selbstverständlich, dass in den Toiletten auch Wasser zum Händewaschen verfügbar ist. Trockentoiletten oder Latrinen mit separater Ableitung von Urin haben in einigen Ländern (etwa in China) zwar eine lange Tradition. Doch Wasser zum Reinigen des Klos, zum Händewaschen oder für die Analhygiene steht dabei in der Regel nicht zur

Verfügung. Das ist nicht nur ein gewichtiger Nachteil für eine moderne Siedlungshygiene, sondern so bleibt der Ort stigmatisiert als Arme-Leute-Installation.

Für ein interdisziplinäres Team der Eawag kam daher der Wettbewerb zur Neuerfindung der Toilette der Bill and Melinda Gates Foundation zur rechten Zeit. Die Bedingungen der Reinvent the Toilet Challenge sind streng: Das neue Klo soll ohne Kanalisation und Fremdenergie auskommen, in Stoffkreisläufe eingebunden sein und nicht mehr als fünf Rappen pro Tag und Person kosten. Das Team, in dem neben der Werkstatt sechs Eawag-Abteilungen involviert sind, hat es zusammen mit dem Designbüro EOOS aus Wien geschafft, dass sein Projekt – die Diversion Toilet – von der Gates-Stiftung unterstützt wird. Zuerst waren es rund 400 000 Dollar und nach dem Gewinn des Spezialpreises für das hervorragende Design im Sommer 2012 nochmals über eine Million Dollar, welche die Wissenschaftler in die Weiterentwicklung und in erste Feldtests des innovativen Klos investieren können.

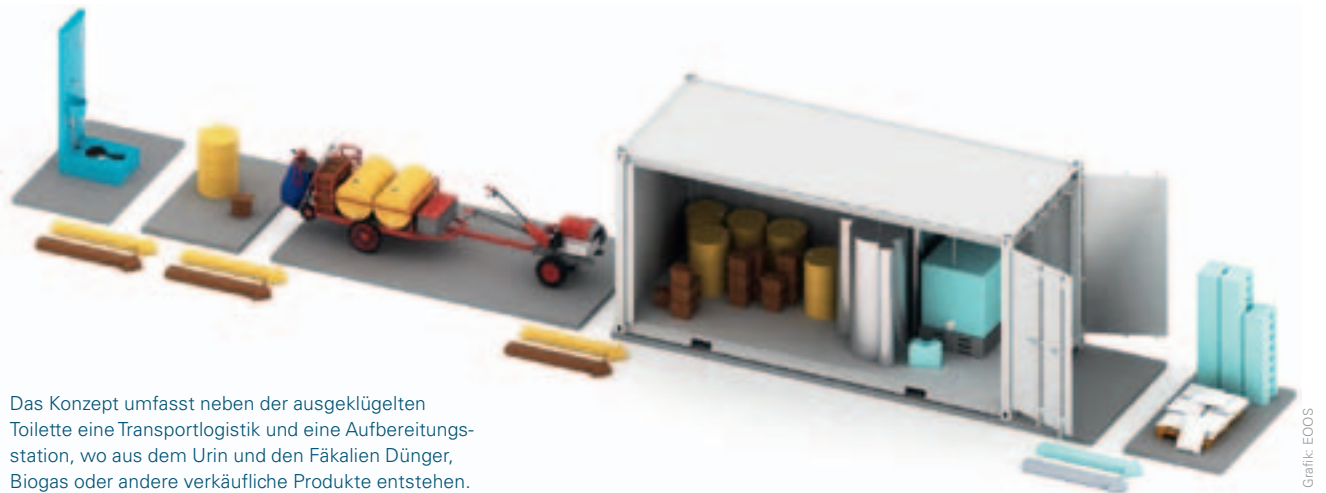
Urinseparierung ist der Schlüssel

Projektleiterin Tove Larsen befasst sich an der Eawag seit Jahren mit der Separierung von Urin und Fäkalien. «Obwohl die Vorgaben das nicht explizit verlangen, lag es auf der Hand, die Trenntechnologie auch für das Wettbewerbsmodell einzusetzen», sagt die Verfahrensingenieurin. «Nur sie erlaubt die effiziente Rückgewinnung der wertvollen Rohstoffe aus Urin und Fäkalien und ein einfaches Rezyklieren von Wasser.» Eine in allen Kulturkreisen und von allen Benutzerinnen und Benutzern akzeptierte Trenntoilette gab es aber noch nicht. Also musste sie entwickelt und designt werden. Herausgekommen ist ein modernes Steh-Klo. Das Besondere daran sind nicht nur die separate Ableitung des Urins und der raffinierte Geruchsverschluss. Vielmehr steht im Modell des Eawag-EOOS-Teams auch ein wenig Wasser zur Verfügung, ungefähr ein bis anderthalb Liter pro Toilettenbenutzung. «Das ist nötig für die Reinigung des Klos, das Händewaschen und die von Muslimen und Hindus praktizierte Analhygiene mit Wasser», sagt Larsen. Einen Wasseranschluss braucht das neue Trenn-WC trotzdem nicht. Jedes Mal, wenn ein Benutzer mit dem Fusspedal Wasser in das kleine Wasserreservoir pumpt, wird hinter der Toilette nämlich auch verbrauchtes Wasser hochgepumpt. Dieses wird dann über einen Membranfilter von Krankheitskeimen befreit. Eine solarbetriebene Elektrode sorgt dafür, dass dieses Brauchwasser klar wird und nicht von neuem verkeimt.



Fotomontage: EOOS

So könnte das neue WC im Alltag in einem südlichen Land aussehen.



Das Konzept umfasst neben der ausgeklügelten Toilette eine Transportlogistik und eine Aufbereitungsstation, wo aus dem Urin und den Fäkalien Dünger, Biogas oder andere verkäufliche Produkte entstehen.

Grafik: EOCOS

Für Larsen ist nicht nur die neue Technologie entscheidend: «Wichtig ist, dass unsere Toilette in ein ganzes Sanitärsystem eingebaut ist, das vor Ort betrieben werden kann – kostendeckend oder sogar mit einem Gewinn.» Sie und ihre Kollegen entwickelten deshalb eine Transportlogistik, die an die Verhältnisse in den boomenden Hüttsiedlungen der Entwicklungsländer angepasst ist. Ein modulares System von selbstschliessenden Fäkaliencontainern und Urinfässern mit Fahrzeug macht die Sammeltour effizient und hygienisch ebenso sicher wie die Toilette selbst. Die Forschenden haben sich auch bereits zurechtgelegt, wie sich in semi-zentralen Behandlungsanlagen Urin und Fäkalien zu verkäuflichen Produkten verarbeiten lassen, also zum Beispiel in Dünger und Biogas. So ist ein ganzes Geschäftsmodell um die Diversion Toilet entstanden: Ein lokaler Unternehmer vermietet die WC den Benutzern, koordiniert die Sammeltouren, betreibt die Behandlungs- und Aufbereitungsanlage und verkauft deren Produkte. Während die Toilette für zwei Familien gedacht ist, sind die Aufbereitungsanlagen für rund 175 Familien dimensioniert.

Praxistests stehen noch bevor

Die Kombination der verschiedenen Massstäbe – vom einzelnen Haushalt bis zum Quartier, zur Gemeinde oder zum Stadtteil – ist einer der Vorteile der Diversion Toilet. Die Toilette selbst lässt sich unkompliziert in bestehende Klo-Häuschen oder andere Gebäude integrieren, das Geschäftsmodell erlaubt dennoch eine Umsetzung modernster Technik zur Aufbereitung der Wertstoffe und sichert gleichzeitig den Unterhalt der Toiletten. Die Designer achteten zudem besonders darauf, dass lokale Produzenten die Toilette aus möglichst wenigen Teilen fertigen können. So bleibt, wie bei der Vermietung der Toiletten, auch bei der Produktion möglichst alle Wertschöpfung vor Ort.

Auf den Lorbeeren ausruhen können sich die Ingenieure, Techniker, Sozialwissenschaftler und Designer nicht. Für den

Keine Selbstverständlichkeit

Keine Toilette in der Nähe? Nur ein stinkendes Loch ohne Sichtschutz? Kein Wasser zum Händewaschen? Ständig Durchfall, weil das Trinkwasser verunreinigt ist? Was für uns keine Fragen sind, ist für 2,6 Milliarden Menschen Alltag. Sie leben ohne vernünftige sanitäre Versorgung und müssen ihre Notdurft irgendwo im Freien verrichten. Täglich sterben über 3000 Menschen an Krankheiten, die mit verunreinigtem Trinkwasser übertragen wurden. Die nicht sachgemässe Entsorgung von Fäkalien und Urin ist auch für die Umwelt eine massive Belastung. Investitionen in ein Sanitärsystem sind enorm effektiv. Eine Studie der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit und des Staatssekretariats für Wirtschaft rechnet vor, dass jeder investierte Franken in den betroffenen Gegenden einen drei- bis fünfmal so grossen sozialen und wirtschaftlichen Nutzen erzeugt.

Wettbewerb haben sie nachgewiesen, dass ihr System funktionieren könnte. Seither bauten sie ein Arbeitsmodell der Toilette und prüften dessen Technikmodule auf Herz und Nieren. 2013 wollen sie dieses in Kampala (Uganda) testen – zuerst an der Universität, dann bei sechs Familien. Aufgrund dieser Erfahrungen folgen weitere Optimierungen, bevor Anfang 2014 die letzten Tests mit einem Nullmodell anstehen. Bis die ausgereifte Diversion Toilet, die Sammelfahrzeuge und die Verarbeitungsanlagen weltweit in grossen Stückzahlen im Einsatz stehen, werden wohl noch einige Jahre vergehen. Projektleiterin Larsen ist optimistisch. Aber sie weiss auch: «Ob sich unser System wirklich durchsetzen kann, hängt nicht nur von Technik und Design ab, sondern vor allem davon, wie gut das Geschäftsmodell ist. Keine Lösung, die permanent auf Subventionen angewiesen ist, wird langfristig funktionieren.»

www.eawag.ch/rttc

www.gatesfoundation.org

Kontakt: tove.larsen@eawag.ch

Belastung aus dem Untergrund

In vielen Ländern ist das Grundwasser stark mit Arsen oder Fluorid belastet. Um die Menschen vor solchen geogenen Verunreinigungen zu schützen, braucht es ein breit abgestütztes Vorgehen, das insbesondere auch dem soziokulturellen Umfeld der Betroffenen Rechnung trägt.

Millionen von Menschen leiden in den Entwicklungsländern unter gravierenden gesundheitlichen Problemen, weil sie aus Grundwasserbrunnen tagtäglich Wasser zu sich nehmen, das mit Arsen oder Fluorid belastet ist. Das verunreinigte Wasser stammt aus Gesteinsschichten, die ungünstige geochemische Eigenschaften aufweisen. Obwohl die Folgen dieser geogenen Verunreinigungen schwerwiegend sind, trinken die Betroffenen das Wasser trotzdem, weil ihnen entweder keine Alternative zur Verfügung steht oder weil sie nicht bereit sind, den Mehraufwand für sauberes Wasser in Kauf zu nehmen.

Aus Fallstudien lernen

Im Rahmen des mehrjährigen Projekts Water Resource Quality haben Forschende der Eawag zusammen mit lokalen Partnern und Vertretern von NGO Strategien entwickelt, wie sich solche Belastungen für die betroffene Bevölkerung wirksam reduzieren lassen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler führten zwei Fallstudien durch und erarbeiteten anhand der Resultate allgemeine Grundsätze, wie man im konkreten Fall den Zugang zu einwandfreiem Wasser ermöglichen kann.

Für Projektleiterin Annette Johnson von der Abteilung Wasserressourcen und Trinkwasser ist aufgrund von Untersuchungen klar, dass nur ein multidisziplinärer Ansatz zum Erfolg führt. «Wenn man die Situation für die Betroffenen verbessern will, müssen neben naturwissenschaftlichen und technischen Aspekten auch sozialwissenschaftliche und ökonomische Fragen geklärt werden», hält sie fest. Das von den Forschenden

den erarbeitete Konzept geht das Problem aus zwei Richtungen an. Auf der einen Seite wird zunächst die Ausgangslage analysiert: Wie ist die Wasserqualität in der Region? Wie viel Wasser steht zur Verfügung? Wie brauchen die Menschen das Wasser im Alltag? Auf der anderen Seite werden Lösungsansätze identifiziert: Welche Technologien kommen für die Wasseraufbereitung infrage? Welche Institutionen können einen Beitrag zur Lösung des Problems leisten? Und wie können die Betroffenen die Lage selbst entschärfen, indem sie ihr Verhalten anpassen?

Ideales Filtermaterial fehlt noch

Die eine der beiden Fallstudien führte das interdisziplinäre Forscherteam im Rift Valley Äthiopiens durch, wo zahlreiche Menschen stark fluoridbelastetes Wasser zum Trinken und Kochen benutzen. In dieser niederschlagsarmen Region ist ein Ausweichen auf weniger belastete Quellen nicht ohne weiteres möglich. Deshalb braucht es geeignete Technologien, um das Fluorid aus dem Wasser zu entfernen. Im Rahmen des Projekts wurden nun verschiedene Filtermaterialien evaluiert, etwa Kohle aus Tierknochen oder Aluminiumhydroxid.

Im Idealfall erfüllt das Filtermaterial eine Reihe von Anforderungen: Es entfernt das Fluorid effizient aus dem Wasser, lässt sich leicht handhaben und funktioniert auch unter schwierigen Alltagsbedingungen zuverlässig, sodass sich der Aufwand für den Unterhalt in Grenzen hält. Und nicht zuletzt ist es auch für ärmere Menschen bezahlbar. Gerade in Äthiopien sei dies ein kritischer Punkt, trieben die hohen Fluoridgehalte im Wasser doch die Kosten für das Filtermaterial nach oben, wie die wissenschaftliche Mitarbeiterin Anja Bretzler erklärt. «Das optimale Material, das sowohl effizient, alltagstauglich und kostengünstig ist, hat man bisher noch nicht gefunden.» Eine Alternative, die nun weiter untersucht werden soll, ist künstlich hergestellter Apatit, der sich chemisch ähnlich verhält wie Knochenkohle. Er ist zwar teurer als das natürliche Material, aber weil er das Fluorid effizienter entfernt, könnte er unter dem Strich trotzdem günstiger sein.

Auch das Verhalten der Menschen haben die Forschenden genauer untersucht. Da im Rift Valley in der Regel alternative Quellen fehlen, können die Betroffenen gesundheitliche Schäden nur vermeiden, wenn sie das teurere, gefilterte Wasser verwenden. Anhand sozialwissenschaftlicher Befragungen konnten die Forschenden zeigen, wie man die Betroffenen am ehesten dazu bewegen kann, den Aufpreis zu bezahlen.



Lars Osterwalder

Sauberes Wasser aus dem Gemeinschaftsfilter bewahrt die Bevölkerung des Rift Valleys in Äthiopien vor hohen Fluoridbelastungen.



Mickey Sampson

Eine Arsenvergiftung führt zu übermässiger Verhornung der Haut und kann sogar Krebs verursachen.

Besonders wirksam ist es, wenn man ihnen nicht nur anhand gesundheitlicher Argumente die Problematik erläutert, sondern durch den Vergleich mit anderen Nahrungsmitteln auch aufzeigt, dass sich der Mehrpreis für qualitativ besseres Wasser durchaus lohnt. Die Studie förderte noch eine weitere Hürde zutage: Die meisten Menschen bevorzugen es, das Wasser aus privaten Filtern zu beziehen. Bezüglich Wasserqualität wären allerdings Gemeinschaftsfilter besser, denn bei ihnen lässt sich einfacher sicherstellen, dass das Filtermaterial regelmässig ausgewechselt wird.

Information alleine genügt nicht

Auch in Bangladesch, wo die zweite Fallstudie des Projekts durchgeführt wurde, spielt das Verhalten der Menschen eine zentrale Rolle. Dass in diesem Land zahlreiche Menschen unter hohen Arsengehalten im Trinkwasser leiden, ist seit längerem bekannt. Da es in Bangladesch an sich genügend sauberes Wasser gibt, besteht die beste Lösung dort nicht darin, das Wasser zu filtern, sondern die Menschen zu motivieren, auf saubere Brunnen auszuweichen. Für die Betroffenen bedeutet dies allerdings einen Mehraufwand, können sie das Trinkwasser nicht mehr einfach bei der nächstbesten Wasserstelle beziehen.

Die Wissenschaftler untersuchten, wie man die Menschen erfolgreich dazu bringt, den Mehraufwand für die Beschaffung des sauberen Wassers in Kauf zu nehmen. Die Resultate

zeigen klar: Den geringsten Effekt erzielt man, wenn man die Betroffenen nur aufklärt. Ergänzt man die Informationen hingegen mit weiteren Elementen – zum Beispiel mit Erinnerungshilfen im Alltag, einem planmässigen Vorgehen bei der Wasserbeschaffung und je nach dem auch einem öffentlichen Bekenntnis – sind wesentlich mehr Menschen bereit, ihr Verhalten anzupassen.

«Unser Ziel war es, über eine Veränderung in den Köpfen das Handeln zu beeinflussen», erklärt Hans-Joachim Mosler von der Abteilung Umweltozialwissenschaften. «Mit unserer Studie konnten wir die entscheidenden psychologischen Faktoren identifizieren.» Das gelang den Forschenden aber nur, weil sie berücksichtigten, welche Normen die Gesellschaft prägen und welche wirtschaftlichen und sozialen Aspekte den Wasserkonsum beeinflussen.

Grundsätze für die Praxis

Mit ihrer Arbeit haben die Wissenschaftler eine Methodik erarbeitet, die sich auf andere Länder übertragen lässt. Genauso wie die natürlichen Gegebenheiten von Land zu Land variieren, unterscheiden sich auch die institutionellen, gesellschaftlichen und psychologischen Verhältnisse. Im Einzelfall braucht es also stets von neuem eine ganzheitliche Betrachtungsweise, die von den lokalen Verhältnissen über die vorhandenen Technologien bis hin zu institutionellen und psychologischen Aspekten alle Faktoren berücksichtigt.

Gerade das Zusammenführen der zwei verschiedenen Fallbeispiele sei sehr fruchtbar gewesen, erklärt Johnson. «Diese inhaltliche Breite erlaubte uns, einen umfassenden Ansatz zu entwickeln.» Anhand der gewonnenen Erkenntnisse werden die Forschenden nun demnächst ein Handbuch veröffentlichen, das Regierungsbehörden und NGO in ihrem praktischen Alltag unterstützen soll. Ergänzt wird dieses Handbuch durch eine Online-Geodatenbank, die auf globaler Ebene aufzeigt, in welchen Gebieten mit geogenen Verunreinigungen gerechnet werden muss. Zusammen mit der Weltgesundheitsorganisation ist das Eawag-Team im Moment daran, die Datenbank zu überarbeiten, sodass sie künftig mit weiteren Datenquellen kombiniert werden kann. Damit steht den Entscheidungsträgerinnen und -trägern künftig ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem sie Risikogebiete besser lokalisieren können.

Verschmutzte Flüsse in China

Das Haihe-Flusssystem im Nordosten Chinas ist massiv mit Nährstoffen und Chemikalien belastet, denn die Kläranlagen arbeiten oft über ihren Kapazitäten und funktionieren mangelhaft. Die Behörden haben den Handlungsbedarf erkannt und erste Sanierungsmassnahmen eingeleitet.

Der Siedlungsraum zwischen den Millionenstädten Peking und Tianjin im Nordosten Chinas verzeichnet das höchste Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum der gesamten Volksrepublik. Die landwirtschaftlichen Flächen zwischen den beiden Metropolen liefern trotz zunehmender Wasserknappheit rund ein Viertel der chinesischen Weizen- und Maisproduktion. Das ist aufgrund des trockenen Klimas nur dank intensiver Bewässerung mit Wasser aus dem Haihe-Flusssystem möglich, das sich auf einer Länge von über 250 Kilometern von oberhalb Pekings bis zum Golf von Bohai erstreckt.

Doch die Entwicklung hat ihren Preis. Der massive Eintrag von Nährstoffen und Chemikalien hat die Gewässer schwer geschädigt. So nahm die Belastung des Haihe-Flusssystems mit Phosphor und Stickstoff aus ungeklärtem Abwasser und Dünger in den vergangenen 40 Jahren stark zu und führte zu einer extremen Überdüngung. Die Folgen dieser Eutrophierung – Sauerstoffmangel und Algenblüten – gehören zur Tagesordnung. Die Verschmutzungen gelangen zudem in die Böden, ins Grundwasser und ins Meer. Die als Todeszonen bezeichneten sauerstoffarmen Bereiche entlang der chinesischen Küste, in denen praktisch kein Leben mehr gedeiht, gehören zu den weltweit grössten.

Verbesserungen durch Kläranlagen?

Im Vorfeld der Olympischen Spiele 2008 in Peking nahm die Stadt gleich neun Kläranlagen in Betrieb mit dem Ziel, künftig 90 Prozent ihres Abwassers gereinigt in das Haihe-Flusssystem zu leiten und die Verschmutzung zu vermindern. Die Wirksamkeit dieser Massnahme haben Forschende der Eawag zusammen mit der Chinesischen Akademie der Wissenschaften nun erstmals untersucht. Die Umweltchemiker Michael Berg und Beat Müller erfassten die Stickstoff- und Phosphorbelastung, während ihr Kollege Heinz Singer die Verunreinigungen durch synthetische organische Stoffe untersuchte. Die Wissenschaftler entnahmen an 16 Flussabschnitten während mehr als einem Jahr regelmässig Wasserproben und analysierten sie im Labor. Das gleiche Prozedere führten sie bei den vier Nebenflüssen Qing, Beixiao, Tonghui und Liangshui, über die Pekings Abwasser ins Flusssystem eingeleitet wird, sowie bei Klärwasser der fünf grössten Abwasserreinigungsanlagen durch.

Zunächst galt es, die Abflussmengen an den jeweiligen Messstellen zu bestimmen. «Das gestaltete sich schwierig, weil die von den Behörden erhobenen Daten noch nicht freigegeben

waren», berichtet Berg. «Hartnäckige Verhandlungen unserer chinesischen Partner führten schliesslich zum Ziel.» Den Angaben zufolge stammen gut 90 Prozent des Wassers im Haihe-Flusssystem von den vier Nebenflüssen, während aus dem nördlich von Peking gelegenen Shahe-Stausee nur ein Rinnsal von weniger als einem Kubikmeter pro Sekunde fliesst. Über die Nebenflüsse speist Peking pro Sekunde durchschnittlich 29,5 Kubikmeter geklärtes und ungeklärtes Abwasser ins Gewässernetz.

Abwasser als Hauptquelle

Die von Berg und Müller erstellte Gesamtbilanz der Nährstofffrachten bestätigt, was angesichts der Abflussmengen zu vermuten war: Über 90 Prozent der Nährstoffe stammen direkt aus dem Pekinger Abwasser, wobei alleine der Tonghui über die Hälfte der Fracht einspeist. Insgesamt gelangen so über 50 Tonnen Stickstoff und rund 5 Tonnen Phosphor pro Tag in das Flusssystem. «Die Einträge der Industrie, der Landwirtschaft und aus der Atmosphäre sind daneben vernachlässigbar», sagt Berg.

Zwar sei in Peking eine wachsende Anzahl Haushalte an die Kläranlagen angeschlossen, doch sei man bei deren Planung Anfang 2000 von einem zu geringen Bevölkerungswachstum ausgegangen, erklärt er. «Deshalb arbeiten die Anlagen heute oft über ihrer Kapazität.» Messungen der Reinigungsleistung ergaben, dass die Kläranlagen vor allem den Stickstoff ungenügend eliminieren. Im Gegensatz dazu wird Phosphor relativ effizient entfernt. «Dennoch sind die Phosphorkonzentrationen in den Flüssen teilweise erschreckend hoch, weil diese sehr wenig Wasser führen», so Berg.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Belastung der Gewässer mit pharmazeutischen Substanzen, Haushaltchemikalien und Pestiziden. Diese unter dem Begriff «organische Mikroverunreinigungen» zusammengefassten synthetischen Stoffe können Gewässerorganismen bereits in sehr niedrigen Konzentrationen schädigen und einige Substanzen sind auch für den Menschen toxikologisch bedenklich. «Unsere Analysen zeigen, dass wiederum die Kläranlagen von Peking die grösste Quelle für Mikroverunreinigungen darstellen», sagt Singer.

Zum Nachweis solcher Chemikalien in den Wasserproben hat der Umweltchemiker modernste Analysetechnik verwendet, die zwei Methoden kombiniert. Zuerst trennte er die Substanzgemische mittels Chromatografie in die einzelnen Stoffe auf.



Benoit Pernet-Coudrier

Algenblüten im überdüngten Shahe-Stausee sind an der Tagesordnung.

Anschliessend identifizierte er diese mit der hochauflösenden Massenspektrometrie. Auf diese Weise konnte Singer die relevanten Mikroverunreinigungen im Haihe-Flusssystem ermitteln sowie deren Eintrag und Verweildauer im Einzugsgebiet untersuchen. «Verschiedene Chemikalien erreichten ökotoxikologisch problematische Konzentrationen», sagt er. Zum Beispiel überschritten die Konzentrationen des Fungizids Carbendazim oder des Antibiotikums Clarithromycin stellenweise die maximal tolerierbaren Werte von 560 beziehungsweise 110 Nanogramm pro Liter, ab denen es zu einer akuten Schädigung von Wasserorganismen kommen kann.

Bewässerung mit verschmutztem Wasser

Sorgen bereitet den Forschern auch eine weitere Erkenntnis: Rund 95 Prozent der gesamten Wassermenge des Haihe-Flusssystemes nutzt die Landwirtschaft, um ihre Felder unterhalb von Peking zu bewässern. Das verwendete Flusswasser weist gemäss chinesischem Qualitätsstandard den höchsten Verschmutzungsgrad auf. Das bedeutet, dass es eigentlich für jegliche Verwendung zu belastet wäre.

Organische Mikroverunreinigungen könnten über die Bewässerung nicht nur in die Böden, sondern auch in die Nahrungsmittel gelangen, befürchten die Wissenschaftler. «Wenn das Grundwasser durch das grossräumige Bewässerungssystem

gespeist wird, könnten sich die Substanzen womöglich zudem in den grundwasserführenden Schichten und im Trinkwasser anreichern», gibt Singer zu bedenken. Dies sollte durch weitere Studien vor Ort genauer untersucht werden.

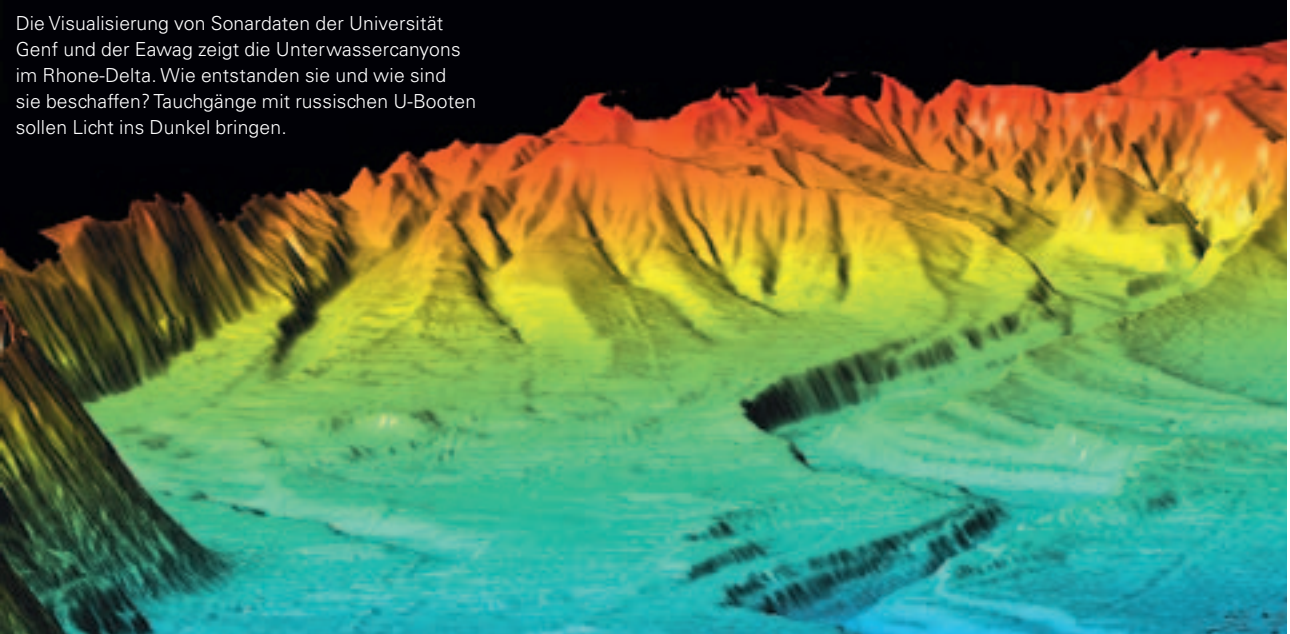
Sanierungsmassnahmen eingeleitet

«Der wirksamste Weg, die drastische Überdüngung und Chemikalienverschmutzung in den Griff zu bekommen, ist der Bau zusätzlicher moderner und genügend grosser Abwasserreinigungsanlagen, die Nährstoffe, insbesondere den Stickstoff, sowie Mikroverunreinigungen effektiv entfernen», raten die Wissenschaftler. Die Resultate der schweizerisch-chinesischen Gemeinschaftsstudie stellten sie den betroffenen Akteuren vor Ort im Rahmen verschiedener Workshops vor und diskutierten mit ihnen die Dringlichkeit von Sanierungen. «Dabei zeigte sich, dass die chinesischen Behörden gewillt sind, die Probleme anzupacken», sagt Berg. Bei den bestehenden Kläranlagen habe Peking beispielsweise bereits provisorische Verbesserungen vorgenommen. Sie sollen in naher Zukunft vollwertig ausgebaut werden.

Kontakt: michael.berg@eawag.ch
heinz.singer@eawag.ch

Forschung im Bild

Die Visualisierung von Sonardaten der Universität Genf und der Eawag zeigt die Unterwassercanyons im Rhone-Delta. Wie entstanden sie und wie sind sie beschaffen? Tauchgänge mit russischen U-Booten sollen Licht ins Dunkel bringen.



Michael Hilbe



Techniker rüsten die Mir-1 mit Kunststoffröhren aus, mit denen die Forschenden Sedimentkerne vom Seegrund bergen wollen.

Stéphanie Giardclos



Vor dem Tauchgang noch ein Erinnerungsfoto mit dem russischen Steuermann.

Flavio Anselmetti



Die Sedimentkerne werden im Labor analysiert.

Tonya Del Sontro

Auf Tauchstation im Genfersee

Im Rahmen des von der ETH Lausanne geleiteten Forschungsprogramms Elemo gingen Wissenschaftler der Eawag dem Genfersee mit zwei russischen U-Booten auf den Grund. Im Zentrum stand das Delta der Rhone. Dort haben sich über Jahrtausende gigantische Mengen an Sedimenten abgelagert und unterseeische Canyons gebildet. Dank den U-Booten konnten die Forschenden Proben nehmen und Vorgänge in mehr als 200 Meter Tiefe erkunden. So sollten horizontale Sedimentbohrkerne aus den bis zu 50 Meter hohen Steilwänden der Unterwasserschuchten Aufschluss über die Stabilität der Deltaabhängige geben. Das Abrutschen grosser Sedimentmassen kann nicht nur verheerende tsunamiartige Wellen auslösen, sondern erklärt auch Strukturen am Seegrund und ist für die Verfrachtung von aufgewirbeltem Material verantwortlich. Die weiteren Projekte mit Eawag-Beteiligung untersuchten den Einbau und das Verhalten von organischem Material im Sediment und physikalische Austauschvorgänge zwischen den verschiedenen Wasserschichten. Im Fokus standen die Freisetzung von Methan und die Frage, wie viel die Wasseroberfläche erreicht und als starkes Treibhausgas in die Atmosphäre entweicht. www.elemo.ch



Der grosse Moment: Das U-Boot wird zu Wasser gelassen.

Jean-Marc Blache



Der Greifarm fasst die Kunststoffröhren, um sie in den Grund des Genfersees zu rammen.

Stéphanie Giardclos



Letzte Kontrolle der Instrumente.

Jean-Marc Blache



Es braucht volle Konzentration, um das U-Boot über den Seegrund zu manövrieren.

Tonya Del Sorretto



Für ein zusätzliches Experiment zur Untersuchung der Strömungen wird der Farbstoff Uranin aus Ampullen gedrückt.

Michael Schurter



Auf der Kontrollplattform überwachen Kollegen den Tauchgang am Bildschirm.

Flavio Anselmetti

Lehren

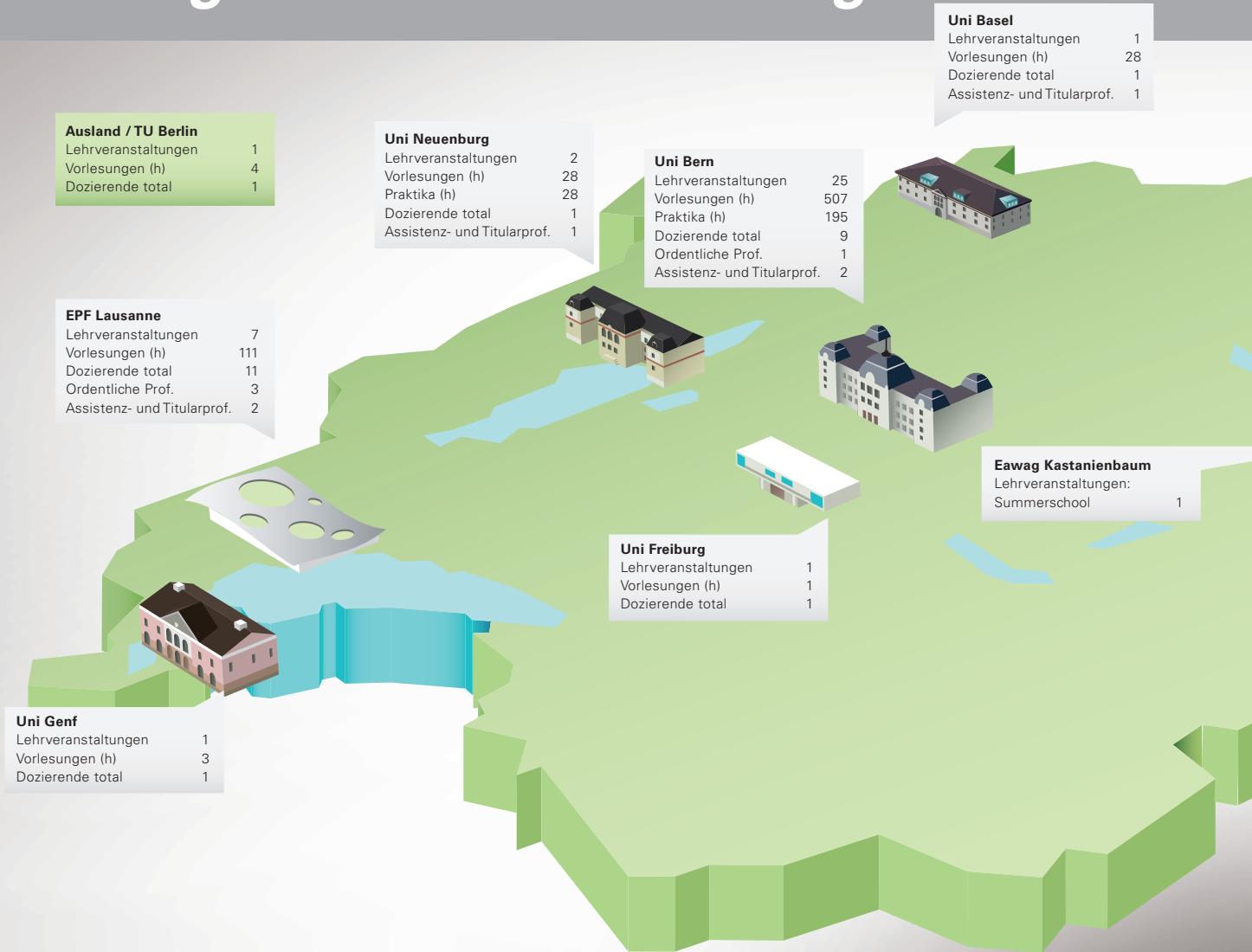
Zwei Eawag-Forscher haben 2012 eine ordentliche Professur an der ETH Zürich beziehungsweise an der ETH Lausanne erhalten. Die Eawag hat damit ihre strategische Partnerschaft mit den beiden Hochschulen weiter ausgebaut. Pro Jahr wenden Forschende an der Eawag bereits heute rund 4000 Stunden für die Lehre auf. Sie tragen damit wesentlich zur Ausbildung in den Umweltsystemwissenschaften, den Umweltingenieurwissenschaften und den Umweltsozialwissenschaften bei. Die wachsenden Studierendenzahlen in den Hochschulen bedeuten jedoch auch für die Eawag eine Herausforderung. Mehr Studierende in Praktika und moderne und angepasste Infrastrukturen an den Standorten Dübendorf und Kastanienbaum sind Voraussetzungen, um den Unterricht auf höchstem Niveau anzubieten.

Jürg Beer: Ein Lehrer für Jung und Alt

Jürg Beers wissenschaftliches Interesse gilt vor allem der Sonne. Um ihre Aktivität zu bestimmen, zählt der Physiker die Anzahl Beryllium-10-Isotope, die sich während einer bestimmten Zeitperiode in Eisbohrkernen abgelagert haben. Dank dieser Methode konnte er zusammen mit anderen Forschenden zeigen, dass die Konstellation der Planeten vermutlich die Zyklen der Sonnenaktivität beeinflusst (siehe Seite 20). Sein Wissen gibt Jürg Beer gerne weiter, denn: «Die Sonne fasziniert die Menschen.» Seine öffentlichen Vorträge sind daher stets gut besucht. 2012 begab sich der Forscher auf neue Pfade und begeisterte 200 Besucher zwischen acht und zwölf Jahren anlässlich der Kinderuni an der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften für das Thema Wasser. Dass er am Wasserforschungsinstitut arbeitet, hat aber vor allem historische Gründe: Beer kam vor 25 Jahren hierher als einer der ersten, die eine neue Nachweismethode für Beryllium-10-Isotope anwendeten. Seit 2003 ist er auch als Titularprofessor an der ETH Zürich tätig. Was möchte er den künftigen Wissenschaftlern mit auf Weg geben? Beer: «Wir haben es in der Natur immer mit sehr komplexen und gekoppelten Systemen zu tun – doch es lohnt sich, diese verstehen zu lernen.»

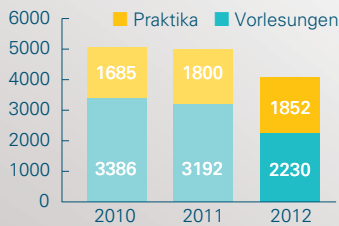


Bildungslandschaft der Eawag

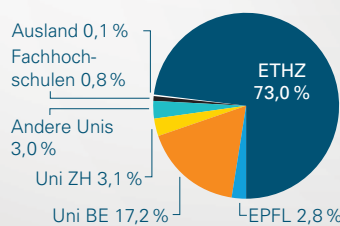


Akademische Ausbildung

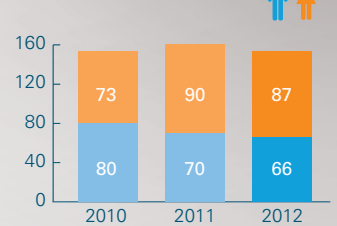
Lehraufwand (h)



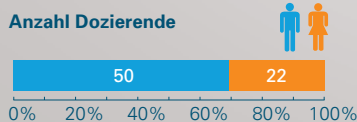
Lehre an verschiedenen Hochschulen



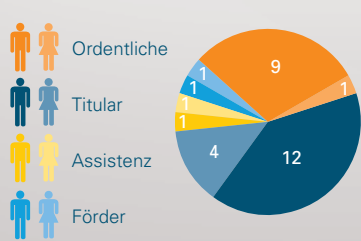
Betreute Dissertationen



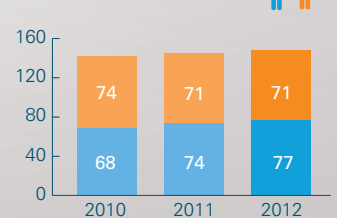
Summerschool	Anzahl
Environmental Systems Analysis	30
Environmental Fluid Mechanics	34
Total Teilnehmende	64

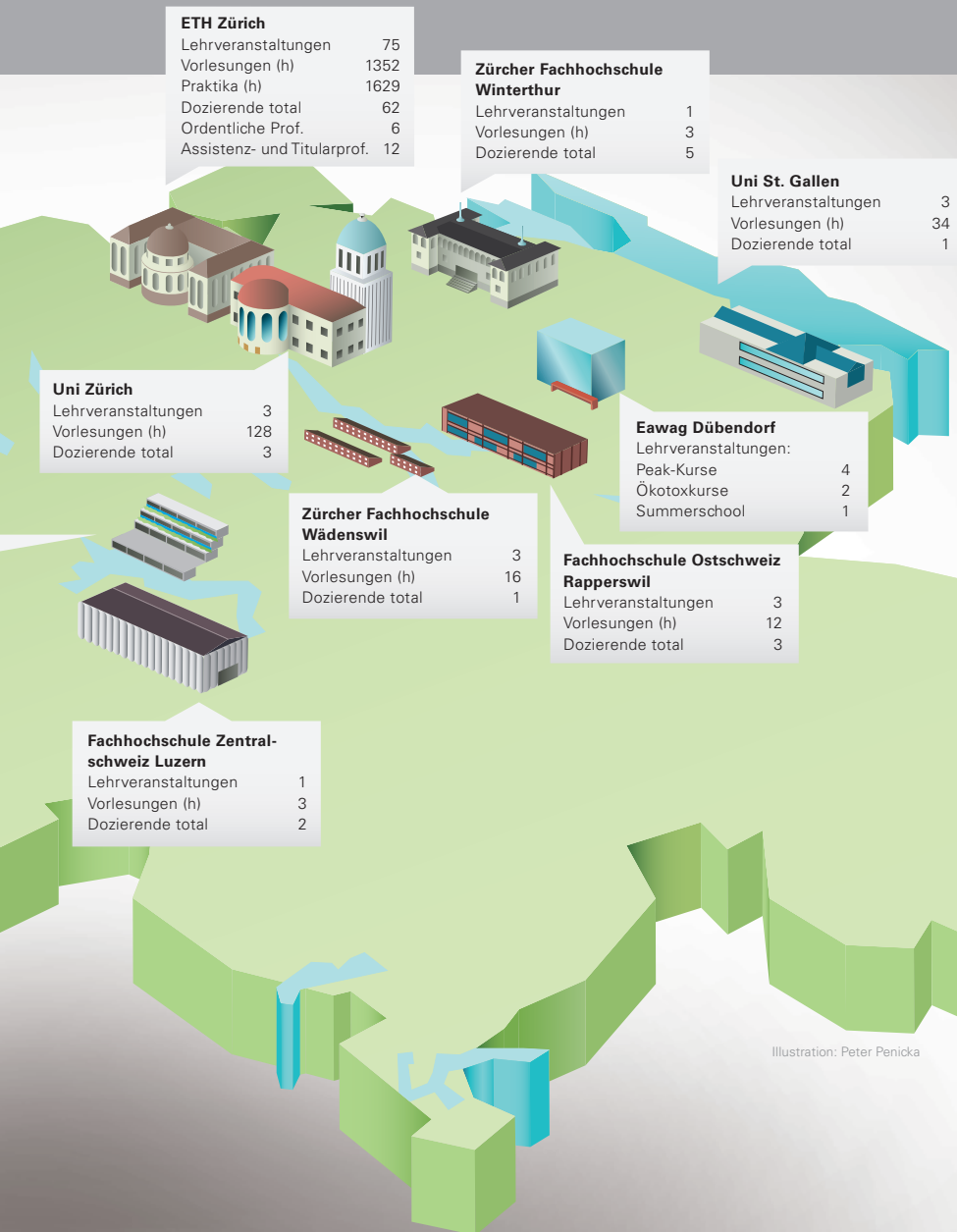


Professuren



Betreute Bachelor- und Masterarbeiten





Kurz notiert

Wissenstransfer fördern

Das Eawag Partnership Program for developing countries fördert talentierte Studierende oder Doktorierende aus Entwicklungs- und Schwellenländern. Ein Aufenthalt von drei bis vier Monaten an der Eawag ermöglicht ihnen eine Weiterbildung und den Austausch mit Fachkollegen. 2012 weilten Jungforschende aus Nepal, Kenia, Äthiopien, Rwanda, Uganda, Pakistan, Vietnam und China an der Eawag. www.eawag.ch/lehre/epp

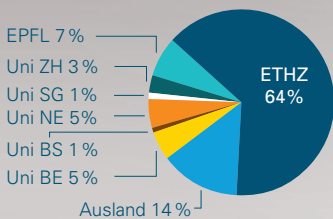
Ökotoxikologische Weiterbildung

2012 führte das Oekotoxzentrum erstmals das Modul Ökotoxikologie im Rahmen des neuen Master of Advanced Studies in Toxikologie durch, den die Schule für Pharmazie Genf/Lausanne, die Universität Genf und das Zentrum für Humantoxikologie anbieten. Die Studierenden schätzten die gute Balance zwischen Theorie und Praxis der Lehrveranstaltung.

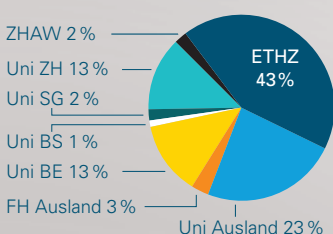
Lernen im Aua-Labor

Die Eawag engagiert sich auch in der Berufsbildung und beschäftigte 2012 insgesamt 24 Lernende. Der Grossteil der angehenden Berufsleute sind jeweils Chemie- und Biologielaboranten. Daneben bildet die Eawag Informatiker und Kaufleute aus. Das Aua-Labor (Analytik und Ausbildung) unterstützt die Forschenden teilweise bei Analysen von Proben und nimmt auch Aufträge aus der Industrie entgegen. www.eawag.ch/lehre/bb

Herkunft Doktorierende



Herkunft Studierende



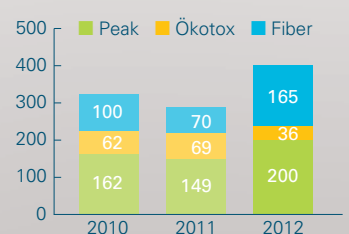
Praktische Aus- und Weiterbildung

Praxisorientierte Eawag-Kurse (Peak)	Anzahl
Erfolgreiche Revitalisierung von Fließgewässern	61
Schadstoffe in Seesedimenten	34
Herausforderungen einer nachhaltigen Wasserwirtschaft	82
Nanomaterialien in der aquatischen Umwelt	23
Total Teilnehmende	200

Kurse des Oekotoxentrums (Ökotox)	Anzahl
Einführung in die Ökotoxikologie	20
Evaluation von ökotoxikologischen Tests	16
Total Teilnehmende	36

Kurse der Fischereiberatung (Fiber)	Anzahl
Die neue Gewässerschutzgesetzgebung: Wie geht es weiter?	70
Laichgruben von Bachforellen erkennen, kartieren und vermessen.	95
Total Teilnehmende	165

Kursteilnehmende



Bachelor- und Masterarbeiten



Environment Agency UK



Martina Blaurock



Blickwinkel

HÖCKERFLOHKREBS AUF DEM VORMARSCH

Je mobiler der Mensch wurde, desto stärker verbreiteten sich auch invasive Arten. So wanderte etwa der Grosse Höckerflohkrebs (*Dikerogammarus villosus*) in den letzten 100 Jahren aus dem Gebiet des Schwarzen Meers nach Westeuropa ein. Der im Englischen auch Killer Shrimp genannte Flohkrebs verdrängte dabei zahlreiche einheimische Arten, da er im Gegensatz zu ihnen ein Allesfresser ist. 2002 wurde er erstmals im Bodensee nachgewiesen. Heute ist er dort die dominierende Flohkrebsart. Allerdings gilt das nicht für kleine Flüsse und Bäche, die den Bodensee speisen, wie Roman Alther nachweisen konnte.

Er untersuchte 13 kleinere Schweizer Zuflüsse des Bodensees – und fand die Art in keinem. Jedoch siedelten in den kleinen Zuflüssen Populationen verschiedener einheimischer Flohkrebse, die einst auch im Bodensee häufig waren. Alther vermutet, dass die kleinen Fließgewässer als wichtige Refugien dieser Arten dienen. Jedoch ist unklar, ob diese Populationen durch das Vorkommen des Höckerflohkrebses im See räumlich und genetisch isoliert werden. Die Daten über die Verbreitung von *D. villosus* und anderer Flohkrebsarten bilden eine wichtige Datengrundlage für künftige Untersuchungen.

florian.altermatt@eawag.ch

ÖKOLOGIE VS. SOZIOÖKONOMIE

Weil die Fläche der Schweizer Auengebiete seit 1850 um über 70 Prozent abgenommen hat, soll in den nächsten Jahren ein Viertel der stark beeinträchtigten Fließgewässer revitalisiert werden. Mit ihrer Diplomarbeit an der Abteilung Aquatische Ökologie leistete Martina Blaurock, Studentin der Umweltsicherung an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, eine wichtige Datengrundlage für die Revitalisierung der Sandey-Aue bei Innertkirchen im Kanton Bern.

Für verschiedene im Vorfeld erarbeitete mögliche Revitalisierungsmassnahmen wendete Blaurock hydraulische Computermodelle in Verbindung mit Geländemodellen und Raumnutzungsdaten an. Diese bewertete sie dann nach ökologischen und sozioökonomischen Gesichtspunkten wie etwa Nutzungskonflikten oder Hochwassergefährdung. So konnte sie zeigen, dass eine Kombination ausgewählter Massnahmen ein grosses ökologisches Potenzial bietet: Die natürliche Dynamik der Aue würde dadurch verbessert, ohne das Hochwasserrisiko stark zu erhöhen. Dennoch schlägt Blaurock zusätzliche Schutzmassnahmen vor. Ihre Studie bildet im Entscheidungsprozess für Umweltschutzbehörden, Landeigentümer und Stromproduzenten eine wichtige Diskussionsgrundlage.

michael.doering@eawag.ch

KOKAINKONSUM AUS ABWASSER REKONSTRUIEREN

Die Analyse von Abwasser stellt eine neue Methode dar, um den Kokainkonsum in Grossstädten zu bestimmen. Jonas Eppler konnte zeigen, dass das Verfahren auch für kleinere Einzugsgebiete anwendbar ist. Er wertete 1369 Abwasserproben aus, die zwischen 2008 und 2012 täglich in der Kläranlage einer bayrischen Gemeinde mit rund 7000 Einwohnern genommen und auf ihren Kokaingehalt analysiert wurden. Seine statistische Analyse zeigte, dass der Verbrauch pro Einwohner im Untersuchungszeitraum anstieg: Für die ersten 100 untersuchten Tage schätzt Eppler rund 30 Konsumenten im Ort, für die letzten dagegen 80. Am Wochenende wurde zudem mehr konsumiert, ein Effekt, der für Kokain ebenso auch in grösseren Einzugsgebieten nachgewiesen werden konnte. Die Analyse zeigte zudem, dass der Konsum phasenweise stark schwankte. Es bleibt unklar, ob dies eine Folge unterschiedlicher Verfügbarkeit von Kokain ist oder noch von anderen Faktoren abhängt.

Eppler verglich die Methode auch mit drei üblichen Erhebungserfahren. So konnte er zeigen, dass die Abwasseranalyse wichtige Vorteile aufweist: eine hohe zeitliche Auflösung, wenig methodisch bedingte Verzerrungen und das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis.

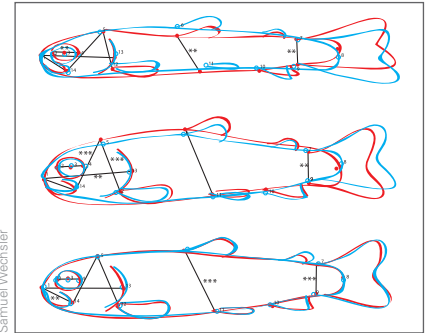
christoph.ort@eawag.ch



Mario Schirmer



Eawag



Samuel Wechsler

DEN GRUNDWASSER-STRÖMEN AUF DER SPUR

Fast ein Drittel des Schweizer Trinkwassers wird aus Flusswasser gespeist. Bevor das Flusswasser in den Trinkwasserbrunnen gefasst wird, muss es jedoch genügend lange durch den Untergrund geflossen sein, der als Filter für mögliche Verschmutzungen dient.

Im Fall unerwarteter Verunreinigungen ist es wichtig zu wissen, wie lange das Wasser braucht, bis es die Brunnen erreicht. Mit solchen Fragen beschäftigen sich derzeit zwei grössere Eawag-Projekte, in welche die Masterarbeit von Lena Frøyland von der Norwegian University of Science and Technology eingebettet ist.

Anhand der Temperaturen und der elektrischen Leitfähigkeiten des Wassers untersuchte Frøyland, wie lange das Wasser der Thur bis zu verschiedenen Grundwasserbrunnen braucht und wie sich Fluss- und Grundwasser in ihnen mischen. Um Muster sichtbar zu machen, unterwarf sie die Daten statistischen Verfahren. In den meisten Fällen waren die Fliesszeiten umso länger, je weiter ein Brunnen vom Fluss entfernt war. Zudem konnte Frøyland zeigen, dass alle untersuchten Brunnen mehr als 50 Prozent frisch infiltriertes Flusswasser aufweisen.

mario.schirmer@eawag.ch

FILTER GEGEN FLUORID-HALTIGES WASSER

200 Millionen Menschen weltweit trinken Wasser, das übermässig viel Fluorid enthält. Sie können an Fluorose erkranken, die Knochen und Zähne angreift. Um das Fluorid aus dem Trinkwasser zu entfernen, existieren verschiedene Haushaltsfilter – jedoch müssen diese konsequent angewendet werden. Welche Faktoren den Filtergebrauch erhöhen können, untersuchte Anna Gamma von der Universität Zürich anhand von 174 Haushalten in der äthiopischen Oromia-Region.

Gamma konnte zeigen, dass die Filter vor allem dann zum Einsatz kommen, wenn die Personen über das Gesundheitsrisiko von Fluorid Bescheid wissen, den Eindruck haben, dass die Mehrheit der Dorfbewohner den Filter ebenfalls benutzt, der Filtergebrauch nicht als zu zeitintensiv wahrnehmen und ihnen das gefilterte Wasser besser schmeckt als das ungefilterte. Als erfolgreich erwiesen sich auch einige Interventionsmassnahmen wie zum Beispiel die Verhaltensplanung: Promotorinnen besprachen mit den zuständigen Personen den geeigneten Zeitpunkt der Filteranwendung. Und auch Informationsworkshops verbunden mit öffentlichen Verpflichtungen, ausschliesslich gefiltertes Wasser zu konsumieren, erwiesen sich als Erfolg versprechend.

hans-joachim.mosler@eawag.ch

HEIKLER FISCHBESATZ MIT ZUCHTFISCHEN

Um die schrumpfenden Wildpopulationen zu stützen, werden Fische im Rahmen von Besatzmassnahmen heute oft in Zucht aufgezogen und danach in die Natur freigelassen. In seiner Masterarbeit an der Abteilung Fischökologie und Evolution konnte Samuel Wechsler von der ETH Zürich nachweisen, dass sich die Morphologie von Forellen messbar veränderte, wenn sie in Aufzuchtprogrammen heranwachsen. Er verglich dazu, wie sich junge Forellen entwickelten, wenn sie in einer typischen Brutstätte aufwuchsen. 511 der Jungfische hatten dabei Wildtiere als Eltern, während 672 Exemplare von Zuchttieren abstammten.

Kurz nach der Geburt liess sich der Nachwuchs der wilden Forellen morphologisch noch von jenem der Zuchtforellen unterscheiden. Nach knapp einem Jahr hatten sich die von Wildfischen abstammenden Forellen jedoch unter den künstlichen Bedingungen in ihrem Aussehen der Zuchtform angeglichen. Deshalb sollte die Freisetzung solcher Tiere sorgfältig erfolgen, rät Wechsler. Denn wenn sich die Zuchtforellen mit Wildtieren kreuzen, können beim Nachwuchs evolutive Anpassungen an die natürlichen Bedingungen verloren gehen.

hitoshi.araki@eawag.ch

Ehemalige im Porträt



az-Solothurner Zeitung

OLIVER SCHMIDT: GARANT FÜR SAUBERES TRINKWASSER

«Solange das Wasser aus dem Hahn fließt, ist den wenigsten bewusst, was es dazu alles braucht», weiss Oliver Schmidt. Der 40-Jährige ist seit 2011 Geschäftsführer der Wasserversorgung Untere Langete (WUL) in Langenthal und als solcher dafür zuständig, dass die Einwohner der elf Verbandsgemeinden stets sauberes Trinkwasser haben. Das Wasser war schon immer sein Element, stellt der Umweltnaturwissenschaftler fest: Früher als Schwimmer und heute auch als Segler ist er am, im und auf dem Wasser unterwegs. An der Eawag untersuchte Schmidt 1998 eine Schlammlawine, die im Brienersee niedergegangen war – ein so genanntes Turbidität-Ereignis. Die Zeit am Wasserforschungsinstitut bezeichnet er als wertvoll: «Ich habe nicht nur fachlich viel gelernt, sondern mir auch wichtige Soft Skills erworben.» Und nicht zuletzt hätte sich ein wichtiges Beziehungsnetz zu Menschen ergeben, denen er später immer mal wieder begegnete.

Nach einem Abstecher in die Entwicklungszusammenarbeit wurde Schmidt Umweltverantwortlicher bei der Papierfabrik Biberist und später Mitglied der Geschäftsleitung bei der Zellstofffabrik Borregaard. Als Letztere ihren Betrieb einstellte, machte sich Schmidt selbstständig. Auch heute arbeitet er neben seiner Tätigkeit bei der WUL noch zu 50 Prozent für sein eigenes Unternehmen und begleitet Gemeinden und Zweckverbände bei Projekten der kommunalen Siedlungswasserwirtschaft. Eine Karriere sei von vielen nicht planbaren Faktoren abhängig, sagt Schmidt, aber er habe stets die Gelegenheit gefunden, zu tun, was ihn interessiere. «An einem Tag befasse ich mich mit Investitionen von 13 Millionen Franken, um die Trinkwasserversorgung für die nächsten 80 Jahre sicherzustellen, und am anderen Tag geht es um Details wie die Dimensionierung einer Pumpe», erklärt er. «Diese Spannweite ist es, was mir an meiner Arbeit gefällt.»



Peter Penicka

HELGE DAEBEL: DREHT AM INNOVATIONSRAD

Kritisches Analysieren habe er an der Eawag gelernt, sagt Helge Daebel – zudem technisches Verständnis, Ausdauer und Sozialkompetenz. Diese nützt ihm noch heute, etwa

im Umgang mit Start-ups. «Die Gründer können manchmal etwas eigen sein», lacht er. Der Bau- und Umweltingenieur arbeitet als Investment Director bei Emerald Technology Ventures. Das Venture-Capital-Unternehmen überzeugt Investoren, in Fonds zu investieren. Mit denen werden dann junge, aufstrebende Start-up-Firmen unterstützt, die innovative Technologien im Wasserbereich anbieten. Gleichzeitig steht Daebel diesen mit Rat und Tat zur Seite. «Sowohl Gründer wie Investoren sind spannende Akteure», sagt Daebel.

Er machte an der Eawag seine Dissertation über die Unsicherheiten, die bei der Modellierung von Abwassersystemen auftreten. Dass er später im Investmentbereich landete, war zunächst Zufall. «Im Nachhinein stellte es sich aber als die richtige Entscheidung heraus.» Als ehemaliger Forscher geht er an Projekte mit einem kritischen Ansatz heran, nutzt auch mal seine früheren Kontakte, um komplizierte Zusammenhänge zu überprüfen. Mit Erfolg: Ein Start-up, das die Inspektion von teuren Trink- und Abwasserleitungen vereinfacht hat, ist mittlerweile an der Börse gelistet. Ein anderes Unternehmen, das Membranen zur Ultrafiltration herstellt, wurde von der BASF aufgekauft. «Am Innovationsrad mitzudrehen, macht mir viel Spaß», erklärt Daebel die Begeisterung für seine Arbeit.

AGNES MONTANGERO: DIE LOKALEN ORGANISATIONEN STÄRKEN

Die Entwicklungszusammenarbeit habe sie immer schon gereizt, sagt Agnes Montangero, Teamleiterin Wasser und Infrastruktur bei Helvetas. «Doch oft hörte man von Projekten, die nicht nachhaltig waren.» Trotzdem landete die Absolventin der Umweltingenieurwissenschaften 1998 in der Abteilung Wasser und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern der Eawag. Hier lernte sie eine Arbeitsweise kennen, die sie dann doch überzeugte: «Statt Lösungen von aussen aufzuzwingen, müssen die lokalen Organisationen vor Ort gestärkt werden.» Diesen Ansatz verfolgte Montangero auch, seit sie die Eawag verlassen hat. Zunächst arbeitete sie für die Organisation SKAT, die sich für die Trinkwasserversorgung in Entwicklungsländern einsetzt, dann wechselte sie 2010 zu Helvetas. Heute betreut sie etwa 40 Projekte rund um Trinkwasser, Siedlungshygiene und Bewässerung. «Meine Arbeit ist vielfältig und erlaubt mir einen breiten Blickwinkel, der auch kulturelle und psychologische Aspekte berücksichtigt.» Zu tun gibt es einiges: «Der Zugang zu Wasser hat sich in den letzten Jahren zwar wesentlich verbessert, doch er ist noch sehr ungleich verteilt», so Montangero. Zudem gebe es zwischen den Wasser-



Peter Penicka

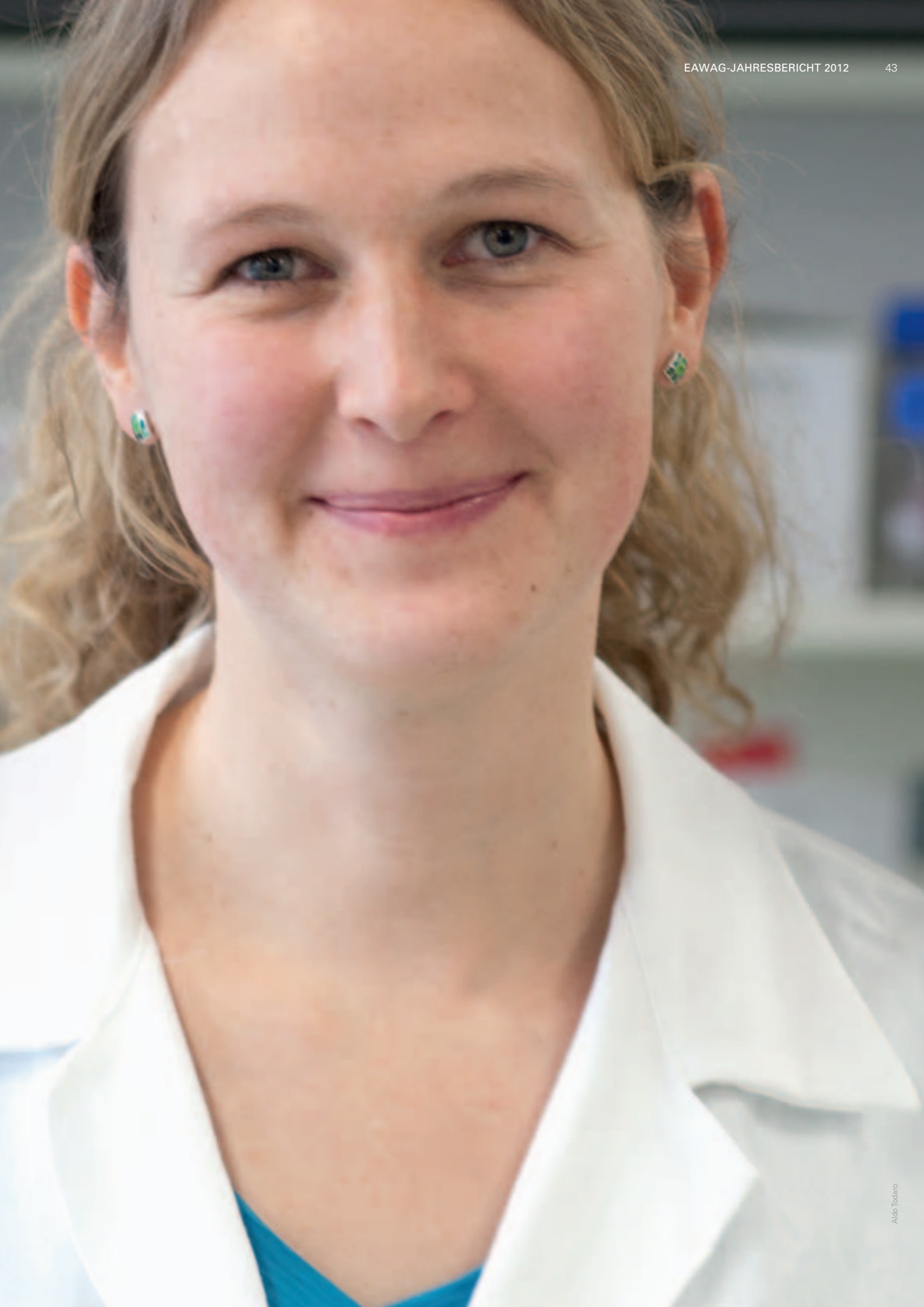
quellen und dem Trinkglas zu viele Verschmutzungsquellen. «Manchmal bin ich ungeduldig und denke, dass wir zu langsam vorankommen», gibt sie zu. «Doch dann wird mir wieder bewusst, wie viel ich davon profitiere, mit den Menschen vor Ort zusammenzuarbeiten. Von ihrer anderen Art, die Dinge anzugehen, kann ich einiges lernen.»

Beraten

Das 2011 revidierte Gewässerschutzgesetz hat für die Schweizer Kantone vielfältige Konsequenzen. Einerseits müssen sie in kurzer Zeit Massnahmen zur Revitalisierung der Gewässer umsetzen, andererseits die Kläranlagen zum Schutz der Gewässer stark ausbauen. Durch die Energiewende wächst zudem der Druck, die Wasserkraft noch stärker zu nutzen. Vor dem Hintergrund dieser Herausforderungen hat die Eawag 2012 das strategische Programm Fliessgewässer Schweiz gestartet. Sie will damit wichtige Wissenslücken schliessen und umweltgerechte Lösungen für die Nutzung der Gewässer entwickeln. Die langjährigen fruchtbaren Beziehungen mit der Praxis bildeten die Basis dafür, dass dieses Forschungsprogramm zustande kam.

Cornelia Kienle: Einsatz für bessere Umwelttests

«Hormonaktive Substanzen können schädliche Auswirkungen auf Organismen haben in Konzentrationen, die sich chemisch teilweise noch nicht einmal nachweisen lassen», erklärt die Ökotoxikologin Cornelia Kienle. Aus diesem Grund arbeitet sie am Oekotoxzentrum der Eawag und ETH Lausanne seit dessen Gründung vor fast fünf Jahren an der Weiterentwicklung und Etablierung von Biotests. Dazu gehören einerseits In-vitro-Tests, zum Beispiel an Hefezellen und menschlichen Zelllinien, und andererseits In-vivo-Tests an Organismen wie dem Wasserfloh oder an Fischeiern. Diese sind wesentlich sensitiver als chemische Tests und mit ihnen lassen sich auch Stoffgemische beurteilen. «Trotz ihrer Vorteile sind Biotests in der herkömmlichen Gewässerbeurteilung aber kaum etabliert», sagt Kienle. Mit ihren Kollegen arbeitet sie daher an einem Modul, anhand dessen die kantonalen Gewässerschutzfachstellen künftig Fliessgewässer ökotoxikologisch beurteilen können. Und auch um die Filterleistung von Kläranlagen für Mikroverunreinigungen zu bestimmen, sollen in Zukunft Biotests eingesetzt werden. An ihrer Arbeit schätzt die Forscherin insbesondere den regelmässigen Kontakt zur Bevölkerung, etwa zu Journalisten nach der Ölkatastrophe am Golf von Mexiko 2010. «Ausserdem beraten wir Verbraucher gern bei alltäglichen Fragen, zum Beispiel, welche Auswirkungen der Einsatz von Herbiziden in der Nähe von Teichen haben kann, oder wie Kosmetikbestandteile von den Kläranlagen abgebaut werden.»



Bakterien aus dem Wasserhahn

Aus gewissen Kunststoffleitungen lösen sich chemische Verbindungen, die das Wachstum von Bakterien begünstigen und die Qualität des Trinkwassers beeinträchtigen können. Mit einem neuen Analyseverfahren lassen sich Materialien auf ihre Eignung untersuchen.

Trinkwasser ist nicht steril – weder jenes in den Leitungen der öffentlichen Wasserversorger und schon gar nicht, wenn es aus dem Wasserhahn kommt. Vielmehr enthält es eine Vielzahl von Mikroorganismen. In den allermeisten Fällen sind die Bakterien gesundheitlich unbedenklich und laut Stefan Kötzsch von der Abteilung Umweltmikrobiologie sogar wünschenswert: «Sie sorgen normalerweise dafür, dass das Wasser mikrobiologisch stabil ist und sich keine Krankheitserreger ausbreiten können.»

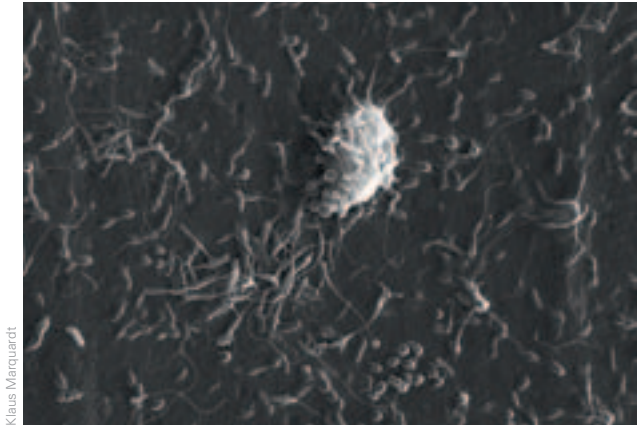
In gewissen Wasserleitungen aus Kunststoff, wie sie heute üblicherweise in Hausinstallationen verbaut werden, kann die natürliche Mikrobenflora allerdings aus dem Gleichgewicht geraten. Chemische Verbindungen, etwa Zusatzstoffe wie Weichmacher oder Stabilisatoren, können sich aus dem Kunststoff lösen. Die Fachleute bezeichnen das Phänomen als Migration. Meist handelt es sich bei den freigesetzten Verbindungen um organische Kohlenstoffe, die den Mikroorganismen im Wasser als Nahrung dienen und ihr Wachstum begünstigen. Die Veränderungen des Trinkwassers können dessen Geruch und Geschmack beeinträchtigen und unter Umständen sogar gesundheitliche Probleme verursachen.

Problematische Kunststoffe

Um trinkwassertaugliche Kunststoffe von nicht geeigneten Materialien unterscheiden zu können, haben Kötzsch und seine Kollegen das Methodenpaket BioMig entwickelt. Mit verschiedenen Tests lässt sich damit untersuchen, wie viele



Mit der Durchflusszytometrie bestimmt man die Anzahl und Zusammensetzung der Mikroorganismen in den Leitungen.



Klaus Marquardt

Biofilm auf der Kunststoffoberfläche: Gewisse Materialien können das Bakterienwachstum in Wasserleitungen begünstigen.

organische Kohlenstoffverbindungen sich aus Kunststoffproben herauslösen und in welchem Mass Mikroorganismen diese abbauen können. «Mit BioMig können wir abschätzen, wie stark bestimmte Kunststoffe die Trinkwasserqualität chemisch und mikrobiell beeinflussen», sagt Kötzsch.

Das Verfahren testeten die Umweltmikrobiologen unter anderem an drei verbreiteten, für trinkwassertauglich befundenen Rohrmaterialien: strahlenvernetztes Polyethylen (PE-Xc), peroxidvernetztes Polyethylen (PE-Xa) und Epoxidharz. Letzterer kommt bei Sanierungen oft zum Einsatz, um alte Metallleitungen zu beschichten. Zur Analyse des Migrationsverhaltens legten sie die Materialproben mehrmals in Wasser ein und massen jeweils die herausgelösten Kohlenstoffe. Am besten schnitt PE-Xc ab, aus dem sich insgesamt durchschnittlich 1 Milligramm Kohlenstoff pro Liter herauslöste. Zudem bauten die Mikroorganismen diesen praktisch vollständig ab. Das Epoxidharz folgte mit 1,3 Milligramm; auch hier wurde der Kohlenstoff fast vollständig abgebaut. Am meisten Kohlenstoff, 7,4 Milligramm pro Liter, migrierte aus PE-Xa; die Abbaurate lag bei unter 5 Prozent. «Die starke Migration verbunden mit dem geringen Abbau ist problematisch», erläutert Kötzsch. «Denn es ist nicht klar, welche Kohlenstoffverbindungen genau ins Wasser gelangen und damit von Konsumenten aufgenommen werden.»

Starkes Bakterienwachstum

Mit einem weiteren Test bestimmten die Forschenden das Verkeimungspotenzial der Kunststoffe. Dazu belassen sie die Materialien über 14 Tage im selben Wasser und massen

das Bakterienwachstum. Die Mikroorganismen vermehrten sich auf allen drei Materialien munter. So zählten die Umweltmikrobiologen zwischen 30 Millionen (PE-Xc) und 50 Millionen (Epoxidharz) Bakterienzellen pro Quadratzentimeter. Zu vergleichbaren Resultaten kamen die Forschenden, als sie das Bakterienwachstum in simulierten und realen Hausinstallationen massen. Im Leitungssystem eines Neubaus in Winterthur zählten sie in so genanntem Stagnationswasser, das 15 Stunden ohne Spülung in den Leitungen verweilte, bis zu 100-mal mehr Bakterienzellen als im Winterthurer Trinkwasser. Nach einer Spülung sanken die Werte wieder auf ein normales Niveau. Im stagnierten Wasser veränderte sich auch die Zusammensetzung der Mikroorganismen.

Einen Grenzwert, bis zu welcher Zellkonzentration Wasser als einwandfrei gilt, gibt es laut Köttsch nicht. Es komme primär auch nicht auf die absoluten Konzentrationen an. «Aufbereitetes Seewasser kann gut und gerne 100 000 Bakterien pro Milliliter enthalten, weil es nährstoffreicher ist als beispielsweise Grundwasser», sagt er. Problematischer als eine stabile Zellkonzentration auf hohem Niveau sei ein abrupter Anstieg der Zellkonzentration in einem Verteilsystem. Denn dies weise darauf hin, dass das mikrobiologische Gleichgewicht gekippt sein könnte und sich möglicherweise unerwünschte Keime ausbreiteten, so Köttsch.

«Auch wenn Trinkwasser Mikroorganismen enthält, ist dessen Qualität in der Schweiz grundsätzlich ausgesprochen gut», betont er. Die Netze der öffentlichen Wasserversorger seien gut kontrolliert und mikrobiologisch stabil. Das heisst, dass eine gleichbleibende Population unproblematischer Bakterien darin lebt. Diese ernähren sich vom organischen Material im Wasser und verhindern so, dass sich durch Verunreinigungen ins Wasser gelangte krankmachende Bakterien vermehren.

Regelwerke für Sanitäre verbessern

Bezüglich der guten Qualität des Trinkwassers gibt es für Köttsch jedoch ein Aber: die letzte Meile der Trinkwasserversorgung, für welche die privaten Hauseigentümer verantwortlich sind. Was die Qualität und das Migrationspotenzial von Kunststoffleitungen angehe, bemängelt Köttsch, gebe es bei der Herstellung von Leitungsrohren zwar Industriestandards, diese seien aber rechtlich nicht bindend. «Die Kontrolle endet an der Wasseruhr jeder Hausinstallation», sagt er. «Somit kann in der Regel niemand für die Qualität des Trinkwassers in Gebäuden garantieren.»

Durchflusszytometrie im Schweizerischen Lebensmittelbuch

Das Bundesamt für Gesundheit hat die von der Eawag weiterentwickelte Durchflusszytometrie zur Analyse von Trinkwasser ins Schweizerische Lebensmittelbuch aufgenommen. Das ist eine amtliche Sammlung empfohlener und verbindlicher Untersuchungsmethoden zur Qualitätskontrolle von Lebensmitteln, Zusatzstoffen und Gebrauchsgegenständen. Für die Beurteilung der mikrobiologischen Qualität und Hygiene von Trinkwasser liefert die Durchflusszytometrie wesentlich genauere Ergebnisse als die gesetzlich vorgeschriebene Plattierungsmethode. Mit dieser lassen sich lediglich Bakterien nachweisen, die auf dem Nährmedium Agar-Agar wachsen. Das ist etwa ein Prozent aller Mikroorganismen, die in einer Wasserprobe vorkommen. Daneben ist die Durchflusszytometrie deutlich schneller als die herkömmliche Methode. Die Resultate liegen bereits nach einer Viertelstunde vor, während die Plattierung je nach Analyse mehrere Tage bis Wochen beansprucht. Im Methodenpaket BioMig dient die Durchflusszytometrie zur Bestimmung der Anzahl Mikroorganismen und von deren Zusammensetzung in Wasserleitungsnetzen.

Köttsch wünscht sich, dass die Sanitärinstallateure der Problematik von Migration und Bakterienwachstum mehr Beachtung schenken. Handlungsbedarf gibt es nach ihm etwa bei der vorgeschriebenen Prüfung, ob eine neuinstallierte Leitung einem ausreichend hohen Wasserdruck standhält. Hier gelangt leicht mit unerwünschten Mikroorganismen verunreinigtes Wasser in eine Hausinstallation. Köttsch fordert die Sanitärbranche auf, vermehrt auf die Hygiene zu achten und bei der Druckprüfung Filtermembranen zu benutzen, um die Mikroorganismen fernzuhalten. «Denn wenn ganz am Anfang unerwünschte, mitunter krankheitserregende Keime in ein Leitungsnetz kommen, finden sie in den neuen Kunststoffrohren, aus denen sich organischer Kohlenstoff herauslöst, hervorragende Wachstumsbedingungen», sagt er.

Der Fachmann stellt sich zudem vor, neue Leitungen vor der Inbetriebnahme mehrmals mit heissem, chlorhaltigem Wasser zu spülen. Eine solche Prozedur könnte zweierlei bewirken: Man entfernt allfällige mikrobiologische Verunreinigungen und spült bereits einen Teil der migrierenden Kohlenstoffe aus dem System. Denn die Auswaschung ist vor allem bei neuen Leitungen gross. Nach mehreren Monaten löst sich nur noch wenig Kohlenstoff aus dem Kunststoff.

Kontakt: stefan.koetzsch@eawag.ch

Den Seen den Puls fühlen

Für einen umfassenden Schutz der Schweizer Seen braucht es genaue Kenntnisse über ihren physikalischen, biologischen und chemischen Zustand. Ein neues Konzept, das auf Methoden der Entscheidungstheorie basiert, soll eine standardisierte Beurteilung der Seen ermöglichen.

Beim Brienersee sind 53 Prozent der Uferzonen vom Menschen beeinflusst und nicht mehr naturnah. Das zeigen Erhebungen, die Wissenschaftler der Eawag im Rahmen des Projekts Lac zur Inventur der Fischfauna in den Schweizer Seen durchgeführt haben. Zwischen 40 und 50 Prozent der Ufer der bisher sechs untersuchten Seen weisen Verbauungen auf. Doch im Zuge des 2011 revidierten Gewässerschutzgesetzes sollen Seen und Flüsse wieder naturnaher werden. Bis Ende 2018 haben die Kantone Zeit, eine strategische Planung zur Renaturierung ihrer Seen zu erarbeiten. Eine solche Planung setzt allerdings voraus, dass man den Zustand der Gewässer umfassend kennt und weiss, welche Faktoren diese wie beeinflussen. Das wiederum verlangt nach einer entsprechenden Methodik, mit der sich die relevanten Aspekte einheitlich erfassen und beurteilen lassen.

Ökologische Beurteilung der Seen nötig

Ein umfassendes und standardisiertes Beurteilungskonzept für stehende Gewässer fehlte bislang. Die Entwicklung eines solchen Konzepts braucht wissenschaftliches und methodi-

sches Wissen aus der Forschung, Kenntnisse über die gesetzlichen Regulierungen und die Erfahrung der Praxis. Das Bundesamt für Umwelt (Bafu) beauftragte eine Arbeitsgruppe aus Forschenden der Eawag, Vertretern der kantonalen Ämter und des Bafu mit der Ausarbeitung. Die Fachleute orientierten sich dabei am so genannten Modul-Stufen-Konzept für Fließgewässer, das die Eawag, das Bafu, kantonale Gewässerschutzfachstellen und Beratungsbüros zusammen erarbeitet hatten. Von der Struktur und Hydrologie über die Tiere und Pflanzen bis zur Wasserqualität erfasst das Modul-Stufen-Konzept sämtliche Organisationsebenen eines Fließgewässers. Die Beurteilung erfolgt in unterschiedlichem Massstab: flächendeckend für einen Kanton oder eine Region, für ein ganzes Gewässersystem und für einzelne Gewässerabschnitte. «Für einen umfassenden Schutz, wie ihn das Gesetz vorschreibt, braucht es auch bei den Seen ein modulares Verfahren, mit dem sich der physikalische, biologische und chemische Zustand der Gewässer umfassend erheben lässt», sagt Projektleiterin Jacqueline Schlosser von der Abteilung Systemanalyse und Modellierung.



Stefan Kubli

Fachleute erachten ein Modul Ufermorphologie als prioritär, mit dem sich der Zustand von Seeufern beurteilen lässt.



KKL Luzern

Um den Kupfereintrag in den Vierwaldstättersee zu minimieren, wird das Dach des KKL Luzern zurzeit saniert.

Für ihr Beurteilungskonzept bedienten sich die Wissenschaftler mathematischer Analysemethoden aus der Entscheidungstheorie. So enthält das Konzept eine hierarchische Gliederung des Oberziels eines guten Zustands des Ökosystems See in konkretere Teilziele. Der gute Zustand des Sees wird dabei zunächst in einen guten physikalischen, biologischen und chemischen Zustand aufgetrennt. Diese drei Bereiche setzen sich aus weiteren Teilbereichen zusammen. So ist beispielsweise der biologische Zustand durch die Vegetation, die Gemeinschaften des Planktons, der Kleinlebewesen und der Fische bestimmt. Diese Aufgliederung kann noch weitergehen. Auf der untersten Stufe stehen schliesslich messbare Grössen, etwa die Anzahl Arten bei den Kleinlebewesen und deren Biomasse, mit denen sich der Erreichungsgrad des zugeordneten Ziels quantifizieren lässt. Dies geschieht durch den Vergleich mit Referenzwerten, wie sie in einem naturnahen Gewässer vorkommen. Mit mathematischen Verfahren lassen sich die Abweichungen der Ist- von den Sollzuständen quantifizieren. «Damit können wir die Zustände der einzelnen Hierarchiestufen bewerten und bei Bedarf bestimmten Güteklassen zuordnen», erläutert Schlosser. So erhält ein See A vielleicht die Bewertung «unbefriedigend» für den Zustand seiner Kleinlebewesen, während ein See B mit «sehr gut» abschneidet.

Planung der ersten Module

Nachdem der konzeptionelle Rahmen für die Seenbeurteilung steht, geht es nun für den Bund und die Kantone darum, die einzelnen Module auszuarbeiten. Dazu hat die Arbeitsgruppe einen Leitfaden entworfen. Die Erarbeitung der einzelnen Be-

KKL: Vorsorgen ist besser als heilen

9400 Quadratmeter misst die Kupferfläche auf dem Dach des Kultur- und Kongresszentrums Luzern (KKL). Erbaut von den Architekten Nouvel und Cattani ist der 1998 eröffnete Bau direkt am Vierwaldstättersee zu einem Wahrzeichen Luzerns geworden. Doch jährlich wäscht der Regen rund 11 Kilogramm Kupfer in den See. Das hat die Empa 2005 aufgezeigt. Bereits 2002 hatte die Eawag in den Seesedimenten in der Nähe der Dachwassereinleitung vom KKL erhöhte Kupfergehalte festgestellt – bis zu 700 Milligramm Kupfer pro Kilogramm Sediment. Kupfer wirkt schon in geringen Konzentrationen für Mikroorganismen, Pflanzen und Fische toxisch. Unter Mitarbeit der Eawag erstellte der Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute im gleichen Jahr eine Richtlinie, wonach Regenwasser, das von über 500 Quadratmetern grossen Kupferdächern stammt, als hoch belastet gilt. 2006 verfügte das Luzerner Amt für Umwelt daher, das KKL müsse prüfen, wie dieses Dachwasser von der Kupferfracht befreit werden könne. Weil das KKL sein Dach auch aus anderen Gründen, unter anderem wegen undichter Stellen, sanieren musste, haben sich die Verantwortlichen auf eine Beschichtung des Kupfers mit einem zähen Polyurethan-Lack entschieden. Die zurzeit noch laufenden Arbeiten werden inzwischen auch vom KKL Luzern als verhältnismässig bezeichnet. Versuche zeigen, dass mit der Lackierung über 98 Prozent der Kupferabwaschung gestoppt werden können. Ganz aus dem Spiel ist die Forschung dennoch nicht: Die Überwachung des in den See geleiteten Dachwassers sowie Witterungs- und Schlagtests stellen sicher, dass ein Nachlassen der Wirkung oder eine Zersetzung des Lacks frühzeitig erkannt würden.

wertungsmodul ist allerdings eine zeitintensive Angelegenheit. Vor dem Hintergrund, dass in den Kantonen die Planung von Seenrenaturierungen ansteht, erachten die Fachleute ein Modul Ufermorphologie als prioritär. Ebenfalls als dringlich beurteilen sie die Zustandsbewertung bei den Nährstoffen. Weil zu Fischen noch sehr wenig Langzeitdaten vorliegen und sie zudem gute Indikatoren für den ökologischen Zustand von Seen sind, soll danach ein entsprechendes Modul folgen. Ähnlich wie beim Modul-Stufen-Konzept für Fließgewässer soll beim Seenkonzept jedes Modul unabhängig von den übrigen Modulen angewendet werden können.

www.modul-stufen-konzept.ch
 Kontakt: jacqueline.schlosser@eawag.ch
peter.reichert@eawag.ch

Die Mischung macht die Toxizität

Um die Toxizität von Substanzgemischen in Gewässern zu beurteilen, fehlen die Methoden. Das Oekotoxzentrum der Eawag und der ETH Lausanne hat nun einen Entscheidungsbaum mitentwickelt, mit dem sich die ökotoxikologisch problematischen Gemische erfassen lassen.



Ulrich Zillmann

Aus den Haushalten gelangt eine Vielzahl chemischer Substanzen ins Wasser. Als Gemische können diese toxisch wirken, auch wenn sie einzeln unproblematisch sind.

Wasserlebewesen sind ständig vielfältigen Chemikaliencocktails ausgesetzt. Die Ökotoxikologie bewertet die Gewässergesundheit jedoch traditionell auf der Basis einzelner Substanzen. Man vergleicht die gemessenen Umweltkonzentrationen der Stoffe mit unbedenklichen Referenzwerten, so genannten Qualitätskriterien. Auch bei der Zulassung von Chemikalien wird davon ausgegangen, dass die Stoffe in der Umwelt unabhängig voneinander wirken. Forschende und Kontrollbehörden sorgen sich zunehmend, ob durch die Beschränkung auf die Einzelkomponenten nicht wesentliche Gefahren übersehen werden. So zeigten zahlreiche Untersuchungen der letzten Jahre, dass Substanzmischungen auch dann toxisch wirken können, wenn alle Einzelkomponenten in Konzentrationen vorliegen, die für sich alleine unwirksam sind. Bei ähnlichem Wirkmechanismus oder gleichem Zielorgan können sich die Konzentrationen nämlich addieren. Es begann die Suche nach effizienten Methoden, um bei der Umwelt-

bewertung und Stoffzulassung solche Kombinationswirkungen zu berücksichtigen.

Bedenkliche Gemische erfassen

In der Schweiz weisen Abläufe von Kläranlagen und Oberflächengewässer teilweise über 50 unterschiedliche Substanzen gleichzeitig auf. «Die Toxizität aller auftretenden Substanzgemische im Detail zu beurteilen, ist praktisch unmöglich», sagt Marion Junghans vom Oekotoxzentrum, das die Eawag gemeinsam mit der ETH Lausanne betreibt. «Oft fehlen auch Informationen über die Toxizität und den Wirkmechanismus der einzelnen Substanzen», erklärt die Forscherin. Aber wie viel der toxischen Wirkung wird bereits übersehen, wenn man die bekannten Stoffe nur auf der Basis ihrer Einzelstofftoxizität bewertet? Und wie erkennt man die gefährlichsten Substanzgemische, um zielgerichtet Massnahmen zur Risikominderung einleiten zu können? Auf diese Fragen hat das

Oekotoxzentrum zusammen mit dem amerikanischen Chemieunternehmen Dow Chemical und weiteren Partnern Antworten gesucht.

Das Team entwickelte eine Methode, mit der sich jene Substanzgemische erfassen lassen, die in einem Gewässer ökotoxikologisch problematisch sind. Mit einem ausgeklügelten Entscheidungsbaum wird dabei das toxische Risiko stufenweise abgeschätzt. In einem ersten Schritt geht es darum, herauszufinden, ob einzelne Stoffe die unbedenklichen Referenzwerte überschreiten. In diesem Fall müssten für die Einzelsubstanzen Massnahmen getroffen werden, eine weitere Untersuchung eines Gemisches erübrigt sich. Andernfalls gilt es, auch die Toxizität der Mischung abzuschätzen. Dabei geht man pragmatisch davon aus, dass sich die Einzelstoffe toxikologisch ähnlich verhalten. Zudem konzentriert man sich auf jene Chemikalien, die aufgrund ihrer Wirkung oder Konzentration die Toxizität des Gemischs dominieren. Erreichen diese in der Summe problematische Konzentrationen, wäre wieder Handeln angesagt.

Erfolgreiche Anwendung

Marion Junghans und Petra Kunz vom Oekotoxzentrum und ihre Forscherkollegen wendeten das Verfahren auf 559 chemisch analysierte Substanzgemische aus verschiedenen Kläranlagenabläufen und Oberflächengewässern Europas an und bewerteten das Gesundheitsrisiko für Mensch und Umwelt. Es zeigte sich, dass weniger als 2 Prozent der untersuchten Mischungen bedenklich für die menschliche Gesundheit sind, aber bei 81 Prozent problematische ökotoxikologische Wirkungen nicht ausgeschlossen werden können. «Human- und ökotoxikologische Effekte müssen demnach stets getrennt beurteilt werden», sagt Junghans. Bei 68 Prozent der ökotoxikologisch bedenklichen Gemische überschritten eine oder mehrere Chemikalien ihren Referenzwert und waren für den Hauptteil der vorhergesagten Toxizität verantwortlich. Die Gefährlichkeit dieser Substanzgemische konnten die Forschenden also im Rahmen einer Einzelstoffbewertung erfassen.

Bei 12 Prozent der Stoffgemische hingegen war die Mischung ökotoxikologisch bedenklich, obwohl es die Einzelsubstanzen nicht waren. «Das ist die kritische Gruppe, da ihre Toxizität bei einer Einzelstoffbewertung übersehen würde», so Junghans. Laut der Ökotoxikologin sollte sich die Bewertung von Subs-

Das Oekotoxzentrum

Das Schweizerische Zentrum für angewandte Ökotoxikologie, kurz Oekotoxzentrum, untersucht und beurteilt die Wirkung von Chemikalien auf die Umwelt mit dem Ziel, Risiken zu minimieren. Das an der Eawag und der ETH Lausanne angesiedelte Zentrum ist ein wichtiges Bindeglied zwischen der Forschung und der Praxis. Das Oekotoxzentrum engagiert sich in der Beratung, der Weiterbildung, der Durchführung von stark angewandten Forschungsprojekten und der nationalen und internationalen Vernetzung im Bereich Ökotoxikologie.

www.oekotoxzentrum.ch

oekotoxzentrum
centre ecotox 

tanzgemischen auf diese Gruppe konzentrieren. Nur für diese Stoffe – eine überschaubare Zahl von Metallen, Medikamenten, Hormonen, Pflanzen- und Flammschutzmitteln – benötigt man demnach detaillierte Toxizitätsdaten und Informationen über den Wirkmechanismus, um eine genaue Vorhersage der Toxizität der Gemische zu machen. «Der Entscheidungsbaum hat sich als praktisches Werkzeug erwiesen, das auf viele Mischungen angewendet werden kann», meint Junghans. Er mache es möglich, diese alleine aufgrund einfach verfügbarer Informationen wie Konzentration und Referenzwerte hinreichend zu beurteilen. «So können aufwändigere Datenrecherchen und Analysen denjenigen Gemischen vorbehalten bleiben, für die sie wirklich nötig sind», sagt sie.

www.oekotoxzentrum.ch/projekte/gemisch1
Kontakt: marion.junghans@oekotoxzentrum.ch

Klärung in der Monte-Rosa-Hütte

Die Kläranlage der neuen SAC-Hütte am Fuss des Monte Rosa war dem Ansturm der Gäste nicht gewachsen. Im Auftrag des Schweizer Alpenclubs entwickelten Verfahrenstechniker der Eawag Optimierungsmassnahmen. Seit dem Umbau genügt die Anlage nun den hohen Anforderungen.

Die herausragende Architektur und die technische Raffinesse weckten hohe Erwartungen an die 2010 eröffnete, futuristisch anmutende Berghütte des Schweizer Alpenclubs (SAC) am Fuss des Monte Rosa. Doch Gäste und Wartungspersonal der neuen Monte-Rosa-Hütte erlebten im ersten Betriebsjahr eine unangenehme Überraschung: Das geklärte Abwasser, das der WC-Spülung dient, wies eine stark braune Färbung auf und stank. Die Kläranlage war schlicht überfordert. Denn die Zahl der Gäste übertraf die erwartete Belegung bei Weitem. Der SAC liess daraufhin von der Eawag abklären, wie sich die Kapazität der im Keller gelegenen Abwasserreinigungsanlage steigern liesse. Mehr Raum stand nicht zur Verfügung. Die Fachleute der Abteilung Verfahrenstechnik empfahlen, den Klärbereich zu erweitern, indem man einen vorhandenen Puffertank ins Reinigungssystem integrierte. Das bedingte diverse Anpassungen der Technik.

Mehr Bakterien, bessere Reinigung

Ab Juni 2011 führten die Ersteller der ARA den Umbau durch, wobei die Wissenschaftler die Auswirkungen laufend kontrollierten. Dabei zählte nicht nur, dass die Qualität des Abwassers genügte. Auch der Energieverbrauch sollte trotz verstärkter Reinigung möglichst gering bleiben und der Wartungsaufwand sinken.

Den Puffertank hatte man ursprünglich vorgesehen, um das Abwasser zu speichern, das zu Spitzenzeiten am Wochen-

ende und am Morgen anfällt. Damit wollte man die Anlage möglichst energieeffizient betreiben: Sie sollte vor allem dann laufen, wenn die Solarzellen am meisten Strom erzeugen. Doch die auch werktags hohe Belegung erforderte einen durchgehenden Betrieb. Beim Umbau verlegte man deshalb die erste Klärstufe in den Puffertank. Für die zweite Stufe verfügte man so über zwei Tanks. Mit dem grösseren Volumen stieg die Menge der für die Abwasserreinigung verantwortlichen Bakterien. Damit verbesserte sich auch die Reinigungsleistung.

Bei den technischen Anpassungen liessen sich relevante Energieverbraucher eliminieren. So verzichtete man unter anderem auf ein Rührwerk in der ersten Klärstufe. Eine Ozonanlage gegen die Verfärbung des Wassers ersetzte die bisherige UV-Lampe. «Wir vermuten, dass das ansehnlichere Wasser Doppelspülungen der Toilette reduziert, sodass insgesamt weniger Abwasser anfällt», sagt der Verfahrenstechniker Eberhard Morgenroth von der Eawag. Weitere technische Änderungen dienten dazu, den Arbeitsaufwand des Wartungspersonals zu verringern.

Bessere Energiebilanz als zuvor

Nach dem Umbau optimierte das Team zusammen mit dem Hüttenpersonal den Betrieb. Dabei ging es vor allem darum, die anvisierte Reinigungsleistung mit dem kleinstmöglichen Energieaufwand zu erreichen. Ein wichtiger Faktor war, die Klärbecken nicht länger als nötig zu belüften. Gespart wird auch, wenn die Ozonanlage nur bei Bedarf läuft. Nach diesen und weiteren kleineren Anpassungen ist der Energieverbrauch nun sogar tiefer als vor dem Umbau. Nach der Sanierung bringt die Anlage heute eine stabile hohe Reinigungsleistung, die Geruchsemissionen und die Verfärbung des Brauchwassers sind minimiert – und das mit weniger Energie.

Die Verfahrenstechniker der Eawag verstehen ihre Lösung für die Monte-Rosa-Hütte allerdings nicht als Rezept für andere dezentrale Anlagen in den Alpen. «Jeder Ort erfordert einen individuellen Zugang», betont Morgenroth und fügt bei: «Für den Grossteil der Hütten dürfte eine solch aufwändige Technik nicht infrage kommen.» Gefragt seien vor allem technisch einfache Methoden, die robust funktionierten und einen geringen Wartungsaufwand benötigten.



Max Maurer

Der Platz war nicht nur für die Eawag-Forscherin knapp in der Monte-Rosa-Hütte, sondern auch für eine Erweiterung der Kläranlage.

www.neuemonterosahuette.ch

Kontakt: eberhard.morgenroth@eawag.ch

Heute für morgen planen

Die Abwasserentsorgung in der Schweiz ist eine Erfolgsgeschichte. Nun gilt es, diese mit den richtigen Entscheidungen fortzuschreiben. Wo die zukünftigen Herausforderungen und Unsicherheiten liegen, zeigt der Bericht «Abwasserentsorgung 2025 in der Schweiz» auf.

Dank kluger Planung und gezielter Investitionen hat die Schweiz heute flächendeckend eine leistungsfähige Abwasserentsorgung. Deren Wert beläuft sich auf rund 120 Milliarden Franken. Zusätzlich kosten Betrieb, Unterhalt und bauliche Massnahmen pro Jahr 3,2 Milliarden. «Die Schweiz hat in diesem Bereich viel erreicht», sagt Max Maurer, Leiter der Abteilung Siedlungswasserwirtschaft. «Jetzt geht es darum, die strategisch richtigen Entscheidungen zu treffen, um den exzellenten Service Public in die Zukunft zu führen.» Damit stellt sich die Frage, wie die heutige Abwasserentsorgung auf zu erwartende Veränderungen reagieren kann. Antworten darauf gibt der Bericht «Abwasserentsorgung 2025 in der Schweiz», den Maurer mit seinen Forscherkollegen im Auftrag der Bundesamts für Umwelt erarbeitet hat. Die Gesamtschau bündelt das vorhandene Wissen und identifiziert die relevanten Wissenslücken.

Zu kleinräumige Organisation

«Die Abwasserinfrastruktur muss nicht neu gebaut werden, vielmehr geht es darum, das Bestehende fortzuführen, zu optimieren und an neue Gegebenheiten anzupassen, erläutert Maurer. So werde das Infrastrukturmanagement künftig eine zentrale Rolle spielen. Laut dem Bericht ist der Abwassersektor heute sehr kleinräumig organisiert und stark von den politischen Strukturen der Gemeinden und Verbände geprägt. Das erschwert ein professionelles Management. Die Wissenschaftler erwarten darum, dass sich die Abwasserentsorgung zunehmend in grösseren regionalen Zusammenschlüssen organisiert. Dafür spricht ebenfalls, dass Wasserversorgung, Siedlungsentwässerung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz im Sinn eines integralen Einzugsgebietsmanagements vermehrt gemeinsam bewirtschaftet werden.

Das meiste Abwasser gelangt heute über Mischkanalisationen in die Schweizer Abwasserreinigungsanlagen und setzt sich vor allem aus Haushalt-, Industrie- und Regenwasser zusammen. Pro Jahr behandeln die Kläranlagen knapp 1,7 Billionen Liter Abwasser. Bis zum Jahr 2060 rechnen Demografen mit einer Zunahme der Bevölkerung auf neun Millionen Einwohner. Damit wird auch das Abwasservolumen steigen. Allerdings nicht überall im gleichen Mass: Gemäss den Prognosen wird die Bevölkerung vor allem in den Ballungsräumen wachsen, während sie auf dem Land abnimmt. In weniger dicht besiedelten Regionen könnten laut den Eawag-Experten vermehrt Anlagen zur dezentralen Abwasserbehandlung entstehen, die nicht an eine zentrale Kläranlage angeschlossen



BilderBox

Ein Kanalisationsnetz von rund 49000 Kilometern Länge durchzieht den Schweizer Siedlungsraum.

sind. Das würde die Kosten für den Transport des Abwassers stark senken. Denn die Bereitstellung des Kanalisationsnetzes macht 90 Prozent der Investitionen im Abwassersektor aus.

Mit Unsicherheiten umgehen

Wegen des Klimawandels könnte der Abwasserstrom zusätzlich anschwellen. So sagen die Klimamodelle voraus, dass in der Schweiz starke Niederschläge zunehmen werden. Dies beeinflusst die Dimensionierung der Abwasserkanäle. «Wie sich der Klimawandel auswirkt, darüber wissen wir allerdings noch sehr wenig», gibt Maurer zu bedenken. «Das macht die Planung extrem schwierig.» Man komme aber nicht umhin, solche Unsicherheiten in die Entscheidungsfindung einzubeziehen.

Die Forschenden gelangen in ihrem Bericht zum Schluss, dass die Kosten und Gebühren für die Abwasserentsorgung in Zukunft insgesamt steigen dürften. Neben den Anpassungen an die demografischen und klimatischen Begebenheiten sind dafür unter anderem Sanierungen und Massnahmen zur Entfernung von Mikroverunreinigungen verantwortlich. Zudem arbeitet die Abwasserentsorgung heute vielerorts nicht kostendeckend. «Ausgehend von unserer Auslegeordnung gilt es nun, zusammen mit den Betreibern und Besitzern zukunftsfähige Lösungen zu erarbeiten», sagt Maurer.

www.eawag.ch/abwasserentsorgung2025

Kontakt: max.maurer@eawag.ch

Wie man Hygiene fördert

Regelmässiges Händewaschen hilft in einem Krisengebiet, die Verbreitung von Cholera einzudämmen. Doch wie bringt man die Menschen dazu, sich richtig zu verhalten? Eine Studie in Haiti zeigt, dass nicht jede Präventionsmassnahme zum erhofften Resultat führt.

Nach dem verheerenden Erdbeben im Januar 2010 in Haiti, bei dem zahlreiche sanitäre Anlagen zerstört wurden, und dem Ausbruch einer schweren Choleraepidemie nur wenige Monate später führte die international tätige Hilfsorganisation Oxfam eine ganze Reihe von Präventionsmassnahmen durch, um die Bevölkerung zu einem hygienischeren Verhalten zu bewegen. Werbeaktionen und Informationsveranstaltungen sollten die Menschen in der Krisenregion ermuntern, vor dem Essen und nach dem WC-Besuch die Hände gründlich mit Seife zu waschen. Ziel der Fördermassnahmen war es, die Ausbreitung der Cholera wirkungsvoll einzudämmen.

Breites Spektrum an Massnahmen

Hans-Joachim Mosler und Nadja Contzen von der Abteilung Umweltsozialwissenschaften der Eawag haben nun im Auftrag von Oxfam America untersucht, inwieweit die einzelnen Aktionen tatsächlich die gewünschte Wirkung erzielten und welche psychologischen Faktoren das Hygieneverhalten der Bevölkerung in erster Linie prägen. Dazu führten die Wissenschaftler im Frühsommer 2011 an verschiedenen Orten insgesamt über 800 strukturierte Interviews durch und werteten diese anschliessend statistisch aus. Die Forschenden befragten dabei sowohl Haushalte in städtischen als auch in länd-



Hans-Joachim Mosler

Solche Plakate animierten die Menschen in Haiti nicht zu vermehrtem Händewaschen.

lichen Regionen, um einen repräsentativen Querschnitt durch die gesamte Bevölkerung zu erhalten.

Besonders wirkungsvolle Präventionsmassnahmen waren demnach zum Beispiel das Abspielen von Radiospots, die Verbreitung von Informationen im Bekanntenkreis oder Theaterdarbietungen. Auch das Verteilen von Hygieneartikeln und Vorführungen, wie diese gebraucht werden müssen, führten zu einem häufigeren Händewaschen und zu einer besseren Hygiene. Günstig wirkten sich auch Radiosendungen aus, in denen Experten die Bedeutung des Händewaschens erklären und Zuhörerfragen beantworten. «Kombinierte man diese Massnahmen miteinander, liess sich der positive Effekt sogar noch verstärken», sagt Mosler.

Daneben gab es allerdings auch Aktionen, die kaum etwas brachten oder am Ende sogar kontraproduktiv wirkten. Die Sticker, die an die Bevölkerung verteilt wurden, und die aufgehängten Poster und Bilder verfehlten ihre Wirkung genauso wie das Motivationslied, das regelmässig bei Informationsveranstaltungen oder am Radio abgespielt wurde. Für Diskussionen sorgte schliesslich der Befund, dass sich die eigens durchgeführten Hygienetage und die Hausbesuche von Oxfam-Mitarbeitenden eher ungünstig auf das Verhalten der Bevölkerung auswirkten.

Genau bei diesen Aktivitäten gelte es nun, die Gründe für den ungünstigen Befund genauer abzuklären, erläutert Mosler. «Da es sich bei unserer Befragung um eine Querschnittstudie handelt, die das Verhalten der Bevölkerung zu einem bestimmten Zeitpunkt abbildet, lässt sich aus unseren Resultaten keine unmittelbare Kausalität ableiten. Doch die Antworten zeigen klar, bei welchen Massnahmen Verbesserungsbedarf besteht.»

Wissen alleine reicht nicht

Doch welche psychologischen Faktoren entscheiden letztlich, ob jemand seine Hände mit Seife wäscht? Die Antworten bestätigen, dass auch bei der Hygiene das menschliche Verhalten durch mehrere Faktoren geprägt wird. Entscheidend für die Hygiene ist demnach nicht, wie gut jemand über die Risiken einer Infektion und die gesundheitlichen Aspekte des Händewaschens informiert ist. Es sind vielmehr die sozialen Normen in der Gemeinschaft und die persönliche Einstellung zum Händewaschen, die darüber entscheiden, ob jemand die Empfehlungen umsetzt oder nicht. Auch die Bereit-



Händewaschen: eine gute Vorsorge gegen Cholera.

schaft, das eigene Verhalten zu ändern, und die Überzeugung, man sei im Alltag in der Lage, die Hygienemassnahmen regelmässig durchzuführen, sind wichtige Faktoren, die sich auf das Verhalten auswirken. «Unsere Befunde zeigen, dass Kenntnisse über die Risiken alleine nicht ausreichen», führt Mosler aus. «Eine reine Wissensvermittlung genügt nicht für eine wirksame Prävention.»

Die Erkenntnisse aus den Befragungen in Haiti wollen die Forschenden weiter vertiefen, um genauer zu verstehen, wie das Verhalten der Bevölkerung durch eine bestimmte Massnahme beeinflusst wird. «Für eine erfolgreiche Präventionsarbeit ist es wichtig zu wissen, mit welchen Aktivitäten man welche psychologischen Faktoren beeinflussen kann», erklärt Mosler. «Sind diese Zusammenhänge bekannt, können die vorhandenen Mittel gezielter eingesetzt werden.»



Eawag 2012

Die Eawag legte 2012 ihre Forschungsschwerpunkte fest und leitete deren Umsetzung ein. Dazu gehören der Start wichtiger Projekte wie Eco Impact oder Fliessgewässer Schweiz, aber auch zentrale Entscheidungen im Management. Für ihre praxisorientierte Forschung erhielt sie Anerkennung in Form von Auszeichnungen und Berufungen von Professuren. Sie schloss wichtige Partnerschaften mit nationalen und internationalen Partnern und war Initiatorin von Fachgesprächen mit Repräsentanten aus Praxis und Wissenschaft. Hochrangige internationale Delegationen besuchten die Eawag und schätzten den direkten Kontakt mit den Forschenden. Dieser Austausch bringt wichtige Impulse, die eine praxisorientierte Wasserforschung erst möglich machen.

Salome Mwaiko: Labmanagerin mit Leib und Seele

Salome Mwaiko gefällt die Herausforderung als Labormanagerin: «Manchmal laufen eine Woche lang alle Experimente perfekt – aber in der nächsten Woche macht man das genau gleiche, und nichts klappt», lacht sie. Die Biologin ist stolz auf die Forschungsergebnisse ihres Labors für molekulare Genetik an der Abteilung Fischökologie und Evolution in Kastanienbaum. Das Labor untersucht Ökologie, Evolution und Biodiversität von aquatischen Organismen, vor allem Fischen, aus Seen und Flüssen in der Schweiz und in Ostafrika. Zum Einsatz kommen überwiegend molekulargenetische, aber auch andere Methoden. «Und jede Methode verlangt anderes Equipment, das stets verfügbar sein und funktionieren muss», sagt Mwaiko. Neben der Verwaltung und dem Unterhalt der Geräte führt sie auch neue Mitarbeitende in die Techniken ein, hilft bei der Feldarbeit, pflegt das immense Datenarchiv – und ist Herrin über eine ständig wachsende Sammlung konservierter Fische. Diese Relikte früherer Forschungsarbeiten werden seit 1993 als Referenzen aufbewahrt. Zurzeit nutzen rund zwanzig Personen Mwaikos Labor, wobei meistens nur etwa eine Handvoll gleichzeitig anwesend ist. Die Labmanagerin unterstützt sie gerne bei der Arbeit. «Ich ermuntere sie, wenn etwas mal nicht klappt – das ist normal und geht allen so», sagt sie. Und so sind viele herausragende Forschungsergebnisse mit auch Salome Mwaikos Verdienst. Umgekehrt habe sie bisher von jedem einzelnen Mitarbeitenden viel lernen können, ergänzt Mwaiko. «Langweilig wird mir nie.»

Die Eawag im Dialog

Wassergespräch an der ETH

Am Wassergespräch der ETH Zürich stellte sich Eawag-Direktorin Janet Hering zusammen mit Nestlé-Verwaltungsratspräsident Peter Brabeck und Peter Niggli von Alliance Sud die Frage «Welchen Wert hat das Wasser?». In einer engagierten Podiumsdiskussion debattierten sie vor mehr als 600 Zuhörern über die Verantwortung privater Unternehmen, der Wissenschaft und staatlicher Instanzen, um den Menschen einen Zugang zu sauberem Trinkwasser zu ermöglichen.

Gastgeberin für Nano-Behördendialog

Im Mai 2012 trafen sich Vertreter von Ministerien, Behörden, Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Medien aus Deutschland, Liechtenstein, Österreich und der Schweiz zum 6. Internationalen Nano-Behördendialog an der Eawag. Schwerpunkt der zweitägigen Konferenz war die Kommunikation wissenschaftlicher Themen und der Dialog mit der Öffentlichkeit, Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Eawag-Forschende berichteten an der Veranstaltung über aktuelle Erkenntnisse zu Nanomaterialien in aquatischen Ökosystemen.

Konferenz über Ersatz von Tierversuchen

Die erste europäische Konferenz zum Ersatz von Tierversuchen in der Ökotoxikologie fand im Juni an der Eawag statt. Sie ist eine Veranstaltung des Euroecotox Network und wurde von Forschenden der Abteilung Umwelttoxikologie organisiert.

Internationale Präsenz

Nicht nur an wissenschaftlichen Konferenzen und Workshops waren Forschende der Eawag vertreten. Das Sodis-Referenzzentrum präsentierte sich auch eine Woche an der Weltausstellung im südkoreanischen Yeosu. Die Besucherinnen und Besucher erfuhren von den Sodis-Mitarbeitenden aus erster Hand, wie man in Entwicklungsländern Wasser mit Hilfe von Sonnenlicht desinfiziert.

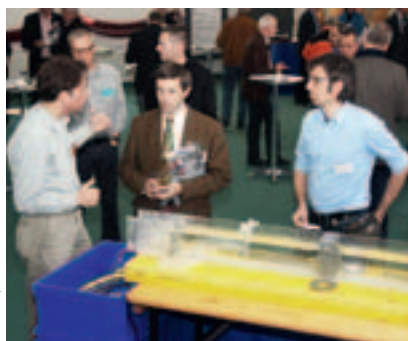


An der Weltausstellung erfuhren Schüler, wie die Sodis-Methode funktioniert.

Am World Water Forum in Marseille war die Eawag mit mehreren Forschenden präsent. 35 000 Wissenschaftlerinnen, Politiker und engagierte Menschen aus rund 180 Ländern nahmen am Anlass teil. Die Eawag-Experten hielten Vorträge und zeigten in einem nachgebauten indischen Slum auf unkonventionelle Weise, was es heisst, angepasste Lösungen für die Siedlungshygiene in Entwicklungsländern zu suchen.

Kontakte zur Praxis gepflegt

Der Austausch mit der Praxis ist für die Eawag essenziell. Deshalb suchte sie auch 2012 den Kontakt zu Fachleuten aus dem Schweizer Wassersektor. Im März präsentierte sich die Eawag zum Beispiel in Bern am Berner Wassertag.



Mitarbeiter des Oekotoxizentrums im Gespräch mit Fachleuten am Berner Wassertag.

Im Juni fand der Eawag-Infotag im Auditorium Maximum an der ETH Zürich statt. Thema waren die Schweizer Gewässer. Sie erbringen neben ihren ökologischen auch bedeutende ökonomische Leistungen. Dafür müssen sie jedoch ihre Ökosystemfunktionen aufrechterhalten und dem Druck von Eingriffen standhalten können. Mehr als 300 Teilnehmerinnen

und Teilnehmer aus Wissenschaft und Praxis trafen sich, um sich zu diesem Thema auszutauschen.

www.eawag.ch/infotag



Am jährlichen Infotag pflegt die Eawag den Dialog mit Fachleuten aus der Praxis.

Im Herbst luden Eawag-Forschende 40 Expertinnen und Experten von Bund, Kantonen, Ökobüros und aus der Wissenschaft zu einem Workshop über invasive Arten in Gewässern ans Wasserforschungsinstitut ein. Die Fachleute definierten Schritte zu einem besseren und koordinierten Vorgehen. Die Basis für eine weitere Zusammenarbeit gegen invasive Arten ist damit gelegt. Am Symposium for Applied Ecology suchten Eawag-Forschende ebenfalls den Austausch mit der Praxis. Ziel war es, herauszufinden, was die evolutionsökologische Forschung beitragen kann, um drängende Umweltprobleme in Gewässern zu lösen.

Beitrag zur Lösung aktueller Probleme

Die Eawag konnte 2012 ganz direkt zur Lösung und Verbesserung praktischer Probleme im Wassersektor beitragen. So hat das Bundesamt für Gesundheit ein an der Eawag entwickeltes Verfahren zur Bestimmung von Bakterien im Trinkwasser als empfohlene Untersuchungsmethode ins Schweizerische Lebensmittelbuch aufgenommen. Die Durchflussszytometrie ermöglicht es, innert weniger Minuten Veränderungen der Wasserqualität zu detektieren und zu beeinflussen.

Ein langfristigeres Thema ist die Sicherstellung der Wasserressourcen in der Schweiz. Das Parlament verlangte nach einer nationalen Strategie zum Wasser-

management. Die Eawag hat deshalb eine Arbeitsgruppe gegründet, die interne Aktivitäten koordiniert und das Bundesamt für Umwelt mit Expertenwissen unterstützt.

Auch auf internationaler Ebene ist das Wissen der Eawag gefragt. So hat der Report «Drinking Water Equity, Safety and Sustainability» die im Eawag-Projekt «Water Resource Quality» aufwändig modellierten Karten aufgenommen, die Arsen- oder Fluoridbelastungen des Grundwassers weltweit darstellen. Die Karten zeigen den Verantwortlichen in Entwicklungsländern, wo sie Wasserentnahmen planen können, ohne ein Gesundheitsrisiko einzugehen.



Risikokarten helfen, mit Arsen oder Fluorid belastetes Grundwasser zu lokalisieren.

Strategische Partnerschaften

Im Jahr 2012 unterzeichnete das Referenzzentrum zur solaren Wasserdesinfektion (Sodis) mit der Entwicklungsorganisation Helvetas einen Vertrag zur Zusammenarbeit. Die Partnerschaft verbindet die Forschungskompetenz der Eawag und das Wissen von Sodis bei der Umsetzung von Trinkwasserprojekten mit der breiten Erfahrung von Helvetas in der



In Bolivien lernen bereits Kinder, wie man mit Sodis das Trinkwasser desinfiziert.

Entwicklungszusammenarbeit. Helvetas wird die Sodis-Methode in ihre Trinkwasserprojekte integrieren. Die Eawag begleitet die Arbeiten mit Forschung, technischer Beratung und internationalen Advocacy-Aktivitäten.

Vertreterinnen und Vertreter von 45 Organisationen aus Bundesverwaltung, Wissenschaft und Forschung sowie Wirtschaft und Hilfswerken riefen in Anwesenheit des Leiters der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit im Februar in Bern die Swiss Water Partnership (SWP) ins Leben. Der neue Zusammenschluss will das Profil des Schweizer Wassersektors international stärken und Synergien zwischen den Aktivitäten seiner Mitglieder nutzen. Die Eawag ist mit Christian Zurbrugg und Eberhard Morgenroth im Steuerungskomitee vertreten. Den ersten Geburtstag beging die SWP mit einer Tagung an der Eawag.

Die Forschungsabteilung Wasser und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern (Sandec) setzt sich in Entwicklungs- und Schwellenländern für nachhaltige Lösungen durch partizipative Prozesse ein. Seit 2012 ist die Eawag «WHO Collaborating Centre for Sanitation and Water in Developing Countries». Dies bringt der Arbeit von Sandec höhere Sichtbarkeit und erleichtert den Forschenden den Zutritt zu einem weltweiten Expertennetzwerk.

Auszeichnungen

Anerkennungspreis für Toilette

Ein Team von Eawag-Forschenden gewann zusammen mit österreichischen Designern im Wettbewerb Reinvent the Toilet Challenge der Bill and Melinda Gates Foundation den Anerkennungspreis. Der Wettbewerb hat zum Ziel, für weniger als fünf Rappen pro Tag und Person eine neue Toilette zu entwickeln, die eine menschenwürdige, hygienische und umweltfreundliche Sanitärversorgung sicherstellt. Das Preisgeld von

40 000 US-Dollar fliesst in die Entwicklung und den Bau eines Prototypen der Toilette (siehe auch Seite 26).

www.eawag.ch/rttc

Auszeichnung der University of KwaZulu-Natal

Die School of Engineering an der University of KwaZulu-Natal (UKZN) zeichnete die Eawag für die Förderung der Ingenieurausbildung an ihrer Universität aus. Die UKZN ist ein wichtiger Partner des Vuna-Projekts der Eawag, das die Rückgewinnung von Nährstoffen aus Urin in südafrikanischen Slums zum Ziel hat.



Aus Urin lassen sich wertvolle Nährstoffe zurückgewinnen.

UNO-Wasserpreis für Sodis

Der Water for Life Award der Vereinten Nationen ging 2012 an die Fundación Sodis in Bolivien. Die Non-Profit-Organisation, die Mitarbeitende der Eawag und die Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit im Jahr 2001 gegründet hatten, verbreitet Lösungen im Wasser- und Abwasserbereich in Lateinamerika. Seitdem hat die Organisation mehr als 1,2 Millionen Menschen in der Methode der solaren Wasserdesinfektion (Sodis) ausgebildet. Inzwischen hat sie ihre Arbeit auch auf weitere Themen wie Hygiene und Sanitärlösungen ausgedehnt.

Lebenswerk geehrt

Die Stiftung Dr. J.E. Brandenberger verlieh Martin Wegelin, Begründer der solaren Wasserdesinfektion (Sodis), im November in Chur einen mit 200 000 Franken dotierten Preis für seine Leistungen. Wegelin, der während 25 Jahren an der Eawag gearbeitet hat, und sein Team erforschten das Prinzip, verschmutztes

Wasser in PET-Flaschen mithilfe von Sonnenlicht zu Trinkwasser aufzubereiten, und setzen es in die Praxis um. An der Eawag wurde nachgewiesen, dass und wie das Abtöten von Krankheitserregern mithilfe der UV-Strahlung der Sonne funktioniert, und erforscht, welche Verbreitungskanäle sich für Sodis am besten eignen.

www.sodis.ch

Infrastruktur

Sanierung in Kastanienbaum abgeschlossen

Im August konnten die Mitarbeitenden in Kastanienbaum und die Verantwortlichen für Bau und Betrieb das frisch sanierte Laborgebäude in Kastanienbaum einweihen. In rund zwei Jahren wurde es etappenweise saniert und für die Bedürfnisse der Forschung optimiert. Herzstück der Sanierung ist die neue Lüftungszentrale, die im Sommer durch Seewasserkühlung für angenehme Temperaturen sorgen und im Winter durch Wärmerückgewinnung zu einem massiv tieferen Energieverbrauch im Gebäude beitragen soll.



Eawag

Die Sanierung des Laborgebäudes am Standort Kastanienbaum wurde 2012 abgeschlossen.

Umbau der Versuchshalle in Dübendorf

Seit 2012 ist der Umbau der über 30 Jahre alte Versuchshalle auf dem Gelände der Eawag in Dübendorf in Planung. Das neue Akuatikum wird die Kapazität für experimentelle Versuchsanlagen in den Bereichen Ökologie und Ökotoxikologie sowie für Feldversuche erweitern. Der Umbau startet 2013.

Umweltmanagement

Renaturierung vor der Haustüre

Die Eawag hat ein Projekt zur Revitalisierung des Chriesbachs in Dübendorf angestossen. Im Herbst 2012 haben am untersten Abschnitt die Arbeiten begonnen. Neben der Aufwertung als Lebensraum wird auf Höhe der Eawag auch ein Freiluftlabor erstellt, das den Chriesbach für die Lehre und die Öffentlichkeit besser zugänglich macht. Die Federführung bei diesem Projekt haben das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich und eine Begleitgruppe der Eawag. Neben Bund, Kanton und dem Elektrizitätswerk der Stadt Zürich mit seinem Ökostromfonds beteiligen sich auch Dübendorf und die Eawag finanziell am Projekt. Das Wasserforschungsinstitut begleitet das Vorhaben mit einem Monitoringprogramm.



Andri Bryner

Die Arbeiten zur Renaturierung des Chriesbachs haben begonnen.

Neue Fotovoltaik-Anlage

Beim Strom setzt die Eawag auf erneuerbare Energien. Ende 2012 baute sie die bestehende Stromproduktion mit Solarzellen von 0,25 auf etwa 0,5 Terajoule pro Jahr weiter aus. Die neue Anlage steht auf dem sanierten Bürogebäude in Dübendorf. Die Eawag speist keinen Solarstrom ins Netz ein, sondern benötigt diesen für den Eigenbedarf. Weil die Laboranlagen auch ausserhalb der Arbeitszeiten Strom brauchen, ist keine Speicherung erforderlich. Die Leistung der Anlage lässt sich auf Monitoren jederzeit ablesen. Den restlichen Stromverbrauch (insgesamt sind es rund 10 Terajoule pro Jahr) deckt die Eawag nahezu vollständig

mit zertifiziertem Ökostrom «nature-made star». Die Kriterien für das Schweizer Label basieren bezüglich Wasserkraft auf Forschungen der Eawag.

Veloförderung

Neben Energie und Umgebungsgestaltung ist Mobilität ein vorrangiges Thema. Dabei stehen die Anknüpfung an den öffentlichen Verkehr und die Förderung der Velonutzung ganz vorne. Aus Abgaben für Flugreisen erneuerte die Eawag die Veloabstellanlagen in Kastanienbaum vollständig. Es wurden zeitgemässe Abstellplätze mit gutem Witterungsschutz geschaffen. Am Witterungsschutz wurden überdies Spezialfolien aufgebracht, die verhindern, dass Vögel mit diesem kollidieren.

www.eawag.ch/about/nachhaltig

Chancengleichheit

Coaching für Postdoktorierende

Sieben Postdocs der Eawag nutzten im Herbst 2012 die Gelegenheit, konkrete Fragen hinsichtlich ihrer Karriere und ihrem Berufsalltag unter Anleitung eines professionellen Coachs zu bearbeiten. Das Angebot wurde geschätzt und verhalf den mehrheitlich weiblichen Postdoktorierenden zu einer klaren Vorstellung ihrer nächsten beruflichen Schritte. Monika Clausen, Trainerin und Moderatorin im Bereich Organisations- und Teamentwicklung, moderierte die Veranstaltung und führte die Teilnehmenden durch einen kreativen und dynamischen



Peter Pennick

Mithilfe eines Coaches tauschten sich Postdoktorierende über Karriere und Beruf aus.

Vormittag. Die Rückmeldungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer waren entsprechend positiv. Insbesondere die Möglichkeit, sich gegenseitig und die Forschungsthemen über Institutsgrenzen hinaus kennen zu lernen, wurde geschätzt. Ebenso profitierten die Teilnehmenden davon, Probleme und Lösungsstrategien aus ihrem Forschungsalltag mit anderen auszutauschen.

Frauenlunch mit der Empa

Im September trafen sich nach mehr als neun Jahren fast 40 Frauen der Empa und der Eawag zu einem gemeinsamen Mittagessen. Die Tradition des Frauenlunch wurde wiederbelebt. Das Bedürfnis nach einem Netzwerk für Frauen, in welchem ein Austausch von Erfahrungen und neue Begegnungen stattfinden können, ist ungebrochen. Der Anlass brachte viele positive Rückmeldungen und wird nun wieder regelmässig durchgeführt.

Institution & Personen

Abteilung Umweltsozialwissenschaften gegründet

Im September gründete die Eawag die neue Forschungsabteilung Umweltsozialwissenschaften (ESS). Deren Arbeit konzentriert sich auf drei Schwerpunkte: das Verstehen des individuellen Verhaltens und der Entscheidungsprozesse bezüglich Umwelt- und Gesundheitsthemen; die Identifikation der Rolle von Institutionen, Netzwerken und Governance-Strukturen, die Umweltprobleme regulieren und adressieren; das Verständnis nachhaltiger Transformationsprozesse in der Industrie. Die ESS-Forschung trägt damit zum besseren Verständnis, zur Bewertung und zum Management wasserbezogener Probleme bei. Die Forschung der Abteilung gliedert sich in fünf disziplinäre Kompetenz-Cluster: Umweltinnovation, Entscheidungsanalyse, Umwelt- und Gesundheitspsychologie, Umweltwirtschaftswissenschaften und Policy-Analyse.

www.eawag.ch/forschung/ess

Thomas Egli pensioniert

Ende August wurde Thomas Egli pensioniert. Als Mikrobiologe ist er in den 1980er-Jahren an die Eawag gekommen, damals für den Abwasserbereich. Egli hat sozusagen das «Fieberthermometer für die Wasserversorgung» erfunden, indem er die bereits aus der Medizin bekannte Durchflusszytometrie im Bereich der Trinkwasseranalyse einsetzte. Mit dem Eingang dieser Methode ins Schweizer Lebensmittelbuch gelang ihm zum Karriereschluss ein grosser Erfolg (siehe auch Seite 45).



Tom Kawara

Thomas Egli war ETH-Titularprofessor und Leiter der Abteilung Umweltmikrobiologie.

Max Maurer wird ETH-Professor

Der ETH-Rat wählte Max Maurer, den Leiter der Abteilung Siedlungswasserwirtschaft, zum ordentlichen Professor für Systeme in der Siedlungswasserwirtschaft an der ETH Zürich. Mit der Berufung gewinnt das Departement Bau, Umwelt und Geomatik einen renommierten Wissenschaftler in diesem Gebiet, und die Eawag baut ihre enge Zusammenarbeit in Forschung und Lehre mit der international führenden Hochschule weiter aus. Aktuell beschäftigt sich Maurer mit dem ingenieurwissenschaftlichen Potenzial von siedlungswasserwirtschaftlichen Innovationen und von neuartigen Management- und Planungsverfahren für die Wasserinfrastrukturen.

Neuer Lehrstuhl für Limnologie

Die ETH Lausanne, die Eawag und Ferring Pharmaceuticals haben einen Lehrstuhl für die Erforschung des Lebensraums See geschaffen. Im Dezember weihte die

ETH Lausanne im Beisein von Ferring-Verwaltungsratspräsident Frederik Paulsen und Ikea-Gründer Ingvar Kamprad den Margaretha-Kamprad-Lehrstuhl für Limnologie und Umweltwissenschaft ein. Inhaber des Lehrstuhl ist Alfred Wüest von der Eawag. Er ist ein weltweit anerkannter Spezialist für Wasserphysik.

Titularprofessur an der Uni Basel

Im September 2012 verlieh die Universität Basel der Eawag-Forscherin Hong Yang eine Titularprofessur für nachhaltige Wassernutzung. Yang arbeitet seit 1999 an der Eawag in Dübendorf und leitet die Forschungsgruppe für Wasser, Umwelt und Ernährungssicherheit. Ihr Interesse gilt den Auswirkungen der wachsenden Wasserknappheit und des Nahrungsmittelhandels in Hinblick auf die weltweite Ernährungssicherheit. Yang ist bekannt für ihre Untersuchungen über virtuelles Wasser und hat das Konzept weiterverbreitet. Seit 2006 unterrichtet die Forscherin an der Universität Basel und bietet dort Kurse über die Globalisierung der Wasserressourcen an.

Carsten Schubert wird Leiter Oberflächengewässer

Carsten Schubert hat neu die Leitung der Abteilung Oberflächengewässer von Alfred Wüest übernommen. Er arbeitet seit zehn Jahren an der Eawag und forschte vorher am Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie in Bremen. Seine Forschungsgruppe beschäftigt sich mit dem Abbau organischer Substanzen im Wasser und in Sedimenten von Süswasserseen durch Bakterien.



Peter Penicka

Carsten Schubert ist seit 2012 Leiter der Abteilung Oberflächengewässer.

Neues Mitglied der Eawag-Direktion

Die Direktion ernannte Hansruedi Siegrist im Mai zu ihrem Mitglied. Siegrist arbeitet seit 1986 in verschiedenen Positionen an der Eawag, zuletzt bis Ende 2011 als Leiter des Forschungsbereichs Verfahrenstechnik. Seit 1989 wirkt er auch als Lehrbeauftragter an der ETH Lausanne und an der ETH Zürich, wo er seit 2002 Titularprofessor ist.

Neues Mitglied der Beratenden Kommission

Seit 2012 ist Anton Kilchmann, Direktor des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfachs (SVGW), Mitglied der beratenden Kommission der Eawag. Der SVGW ist die Wissens-, Fach- und Netzwerkorganisation der Schweizer Gas- und Wasserversorgungen und trägt in der Schweiz zur Versorgung mit Erdgas und Trinkwasser bei. Er besteht seit 140 Jahren und vertritt die Interessen seiner Gas- und Wasserversorger. Seit vielen Jahren besteht im Bereich Trink- und Abwasser eine enge Zusammenarbeit zwischen der Eawag und dem SVGW.

www.eawag.ch/about/organisation

ETH-Bereich

Gemeinsam an Cleantech-Messe

Erstmals traten alle sechs Institutionen des ETH-Bereichs gemeinsam an einem Messestand auf. An der Messe Cleantec City in Bern zeigten sie neue Technologien und Ansätze im Cleantech-Bereich.



Kai Udert erläutert Parlamentariern an der Cleantec City die Nährstoffrückgewinnung.

Die Eawag-Forschenden demonstrierten an einem realen Urinreaktor, wie das Verfahren des Nährstoffrecyclings aus Urin funktioniert. Der Auftritt fand grosses Interesse bei den Messebesuchern und wurde auch von den Medien gut aufgenommen.

Förderung junger Forschender

Die Eawag und die Empa führten gemeinsam den Postdoc Career Event durch. 44 Postdoktorierend beider Institutionen nutzten die Gelegenheit, sich auszutauschen und kennen zu lernen. Am Anlass konnten sie sich ausserdem über die Karriereförderung im ETH-Bereich informieren und Fragen zur Karriereentwicklung, zu persönlichen Qualifikationen und Zielen oder Wegen ausserhalb der Wissenschaft diskutieren.

Zusammenarbeit bei IT-Projekten

Die Direktionen der Eawag und der Empa entschieden im Frühjahr 2012 gemeinsam, die überholungsbedürftige Telefonanlage durch eine neue Kommunikationslösung zu ersetzen. Neu wird das Telefonsystem beider Forschungsanstalten über das Internet laufen. Ein Pilotbetrieb an der Eawag und der Empa zeitigte positive Erfahrungen. Ab 2013 wird das System an allen Empa- und Eawag-Standorten eingeführt. Dabei arbeiten die beiden Informatikabteilungen eng zusammen. Die Vorteile des neuen Systems liegen vor allem in der Integration in die bestehende Office-Umgebung. Ausserdem können die Mitarbeitenden ortsunabhängig telefonieren und zahlreiche Funktionen wie Videokonferenzen und Nachrichtendienste nutzen.

Gegenseitige Datensicherung

Die Eawag und die Empa haben eine gemeinsame virtuelle Server- und Speicherplattform in Betrieb genommen. Die Daten werden synchron zwischen den beiden Serverzentren der Eawag und Empa in Dübendorf gespiegelt. Neben höherer Kapazität und Leistung bietet die

Anlage grössere Flexibilität, Datensicherheit und Verfügbarkeit. Selbst bei Totalausfall eines der beiden Serverzentren stehen die aktuellen Daten im anderen Zentrum zur Verfügung und die wichtigsten virtuellen Server lassen sich dort wieder aufstarten. Der hohe Virtualisierungsgrad spart Serverhardware und damit Energie. Die Zusammenlegung und Vereinheitlichung vereinfachen die Wartung zudem beträchtlich.

Neue Gästewohnungen für die Eawag und die Empa

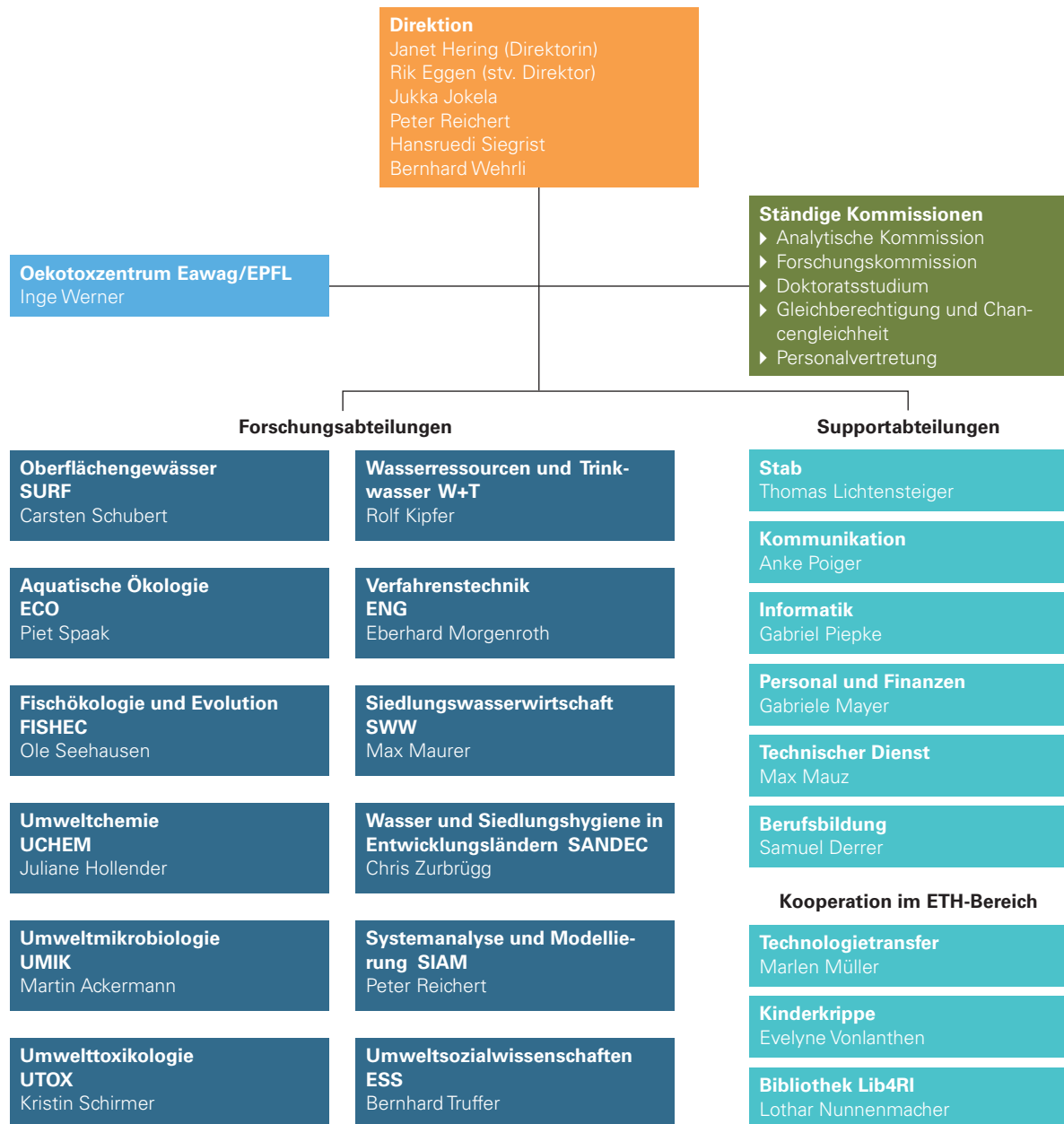
Im Oktober 2012 konnten Gäste der Eawag und der Empa neue Gästewohnungen in Dübendorf beziehen. Für insgesamt 116 Gäste der beiden Forschungsanstalten stehen jetzt für die kurz- und mittelfristige Nutzung Wohnungen und Einzelzimmer zur Verfügung. Die Wohnungen befinden sich im Wohnkomplex Neu-Gut der Firma Wincasa in unmittelbarer Nähe des Forschungscampus der zwei Institutionen. Insgesamt gibt es im Wohnkomplex 192 Wohnungen, von



Rik Eggen (Eawag) und Roland Knechtle (Empa) freuen sich über die neuen Gästewohnungen.

denen ein Grossteil an Private vermietet wird. Die Eawag und die Empa mieten gemeinsam 40 Wohnungen, ein Büro, Keller und Nebenräume sowie eine begrenzte Anzahl Parkplätze, welche die Gästezimmerorganisation der Eawag und der Empa weitervermietet und betreut. Die beiden Institutionen haben sich dafür eingesetzt, dass die gesamte Areal-Überbauung im Minergie-Standard realisiert wird. Sie ist optimal an das öffentliche und private Verkehrsnetz angegliedert und liegt in direkter Nachbarschaft zur Swiss International School Zurich.

Organisation



Beratende Kommission

Ursula Brunner (Präsidentin), Ettler Suter Rechtsanwälte, Zürich

Claus Conzelmann, Leiter Safety, Health and Environmental Sustainability, Nestlé Suisse S.A, Vevey

Günter Fritz, Leiter Umwelt, Gesundheit und Sicherheit, BASF Schweiz AG

Urs Gantner, Leiter Fachbereich Forschung und Beratung, Bundesamt für Landwirtschaft, Bern

Heinz Habegger, Vorsteher Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern

Peter Hunziker, Geschäftsführer Hunziker Betatech, Winterthur

Anton Kilchmann, Direktor Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfachs, Zürich

Stephan R. Müller, Abteilungsleiter Wasser, Bundesamt für Umwelt, Bern

Reto Schneider, Leiter Emerging Risk Management, Swiss Re, Zürich

Felix von Sury, Consultant Von Sury Consulting, Solothurn

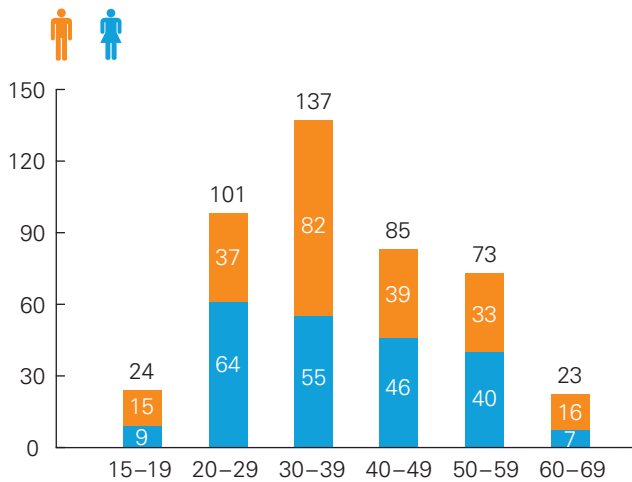
Thomas Weibel, Nationalrat, Grünliberale Kanton Zürich

Personen

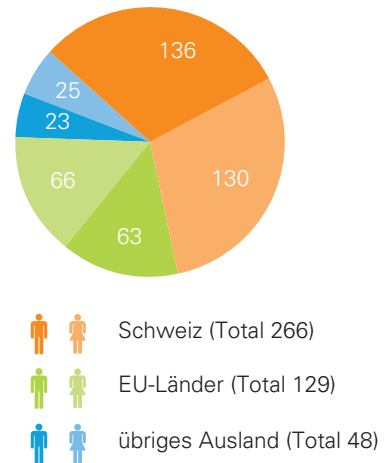
	Anzahl Personen	davon Frauen	davon ausländisch	Vollzeit- äquivalent
Professorinnen und Professoren ¹	26	7	11	26,0
Wissenschaftliche Mitarbeitende	160	66	82	145,7
Doktorierende	96	45	65	92,5
Technisches Personal	82	40	12	69,8
Administratives Personal	67	56	10	51,9
Lernende	24	9	2	24,0
Total	455	223	182	409,9
Mitarbeitende Eawag-Empa-Kinderkrippe	14	13	0	13,6
Praktikantinnen und Praktikanten	47	22	29	47,0

¹ davon 12 nicht direkt von der Eawag angestellt

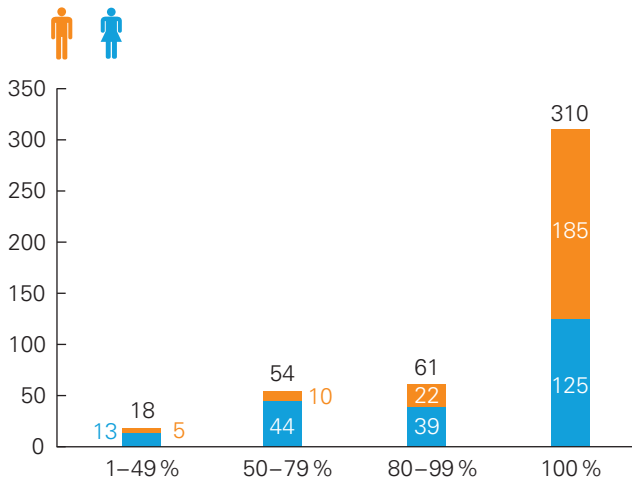
Altersstruktur



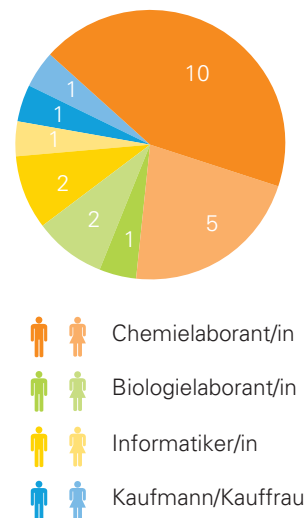
Herkunft



Beschäftigungsgrad

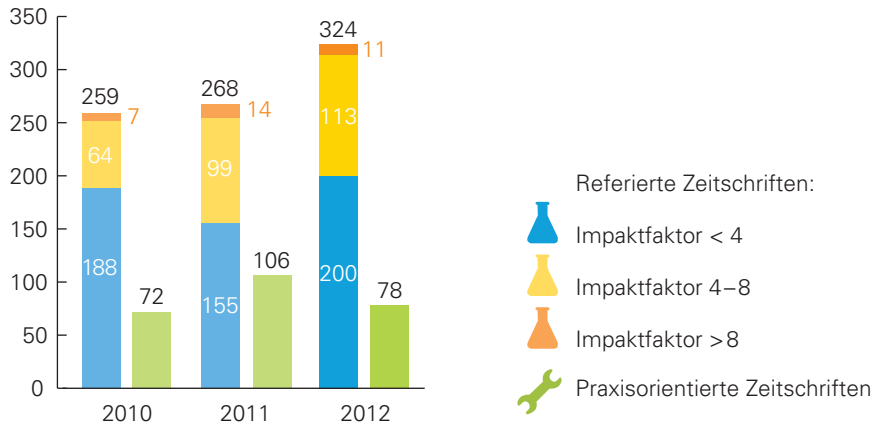


Lernende

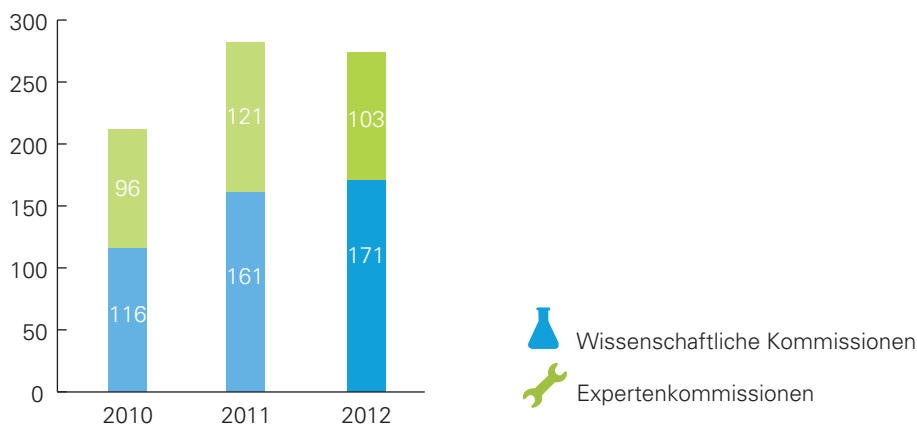


Aktivitäten

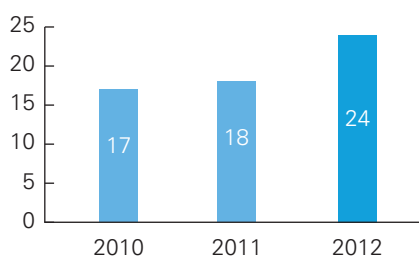
Publikationen



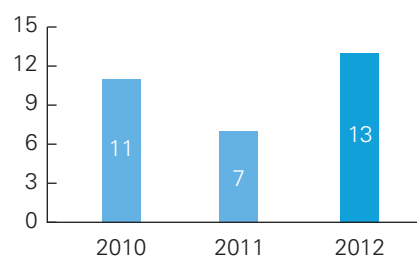
Mitarbeit in Kommissionen



Organisierte Fachtagungen



Auszeichnungen



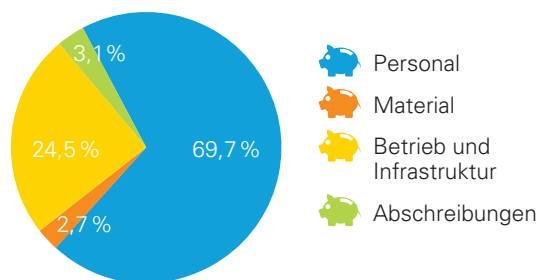
Finanzen

Erfolgsrechnung	2010	2011	2012
Personal	41 923 339	44 425 613	44 710 054
Material	2 990 640	5 347 807	1 741 239
Betriebs- und Infrastrukturaufwand	14 920 290	14 856 606	15 686 077
Abschreibungen	2 109 090	2 110 493	2 004 570
Rückstellungen	-210 058	-140 318	1 093 985
Aufwand	61 733 302	66 600 200	65 235 925
Bundesbeitrag	54 239 254	55 251 566	54 933 096
Drittmittel (inkl. Bestandesveränderungen)	14 246 016	14 274 585	16 220 891
Diverse Erlöse	1 717 018	2 127 238	721 656
Ertrag	70 202 289	71 653 389	71 875 643
Ergebnis	8 468 987	5 053 189	6 639 718

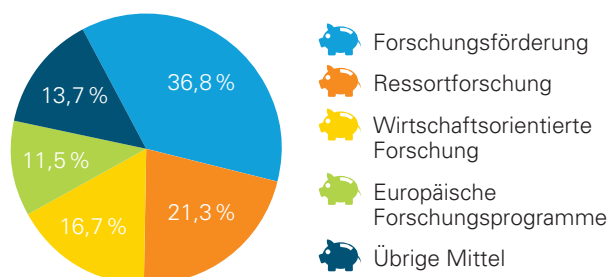
Investitionen	6 181 458	5 030 479	4 710 682
Immobilien	3 121 000	2 723 000	2 278 386
Mobilien	3 006 300	1 820 471	2 386 126
Informatik	54 158	487 008	46 170

alle Zahlen in CHF

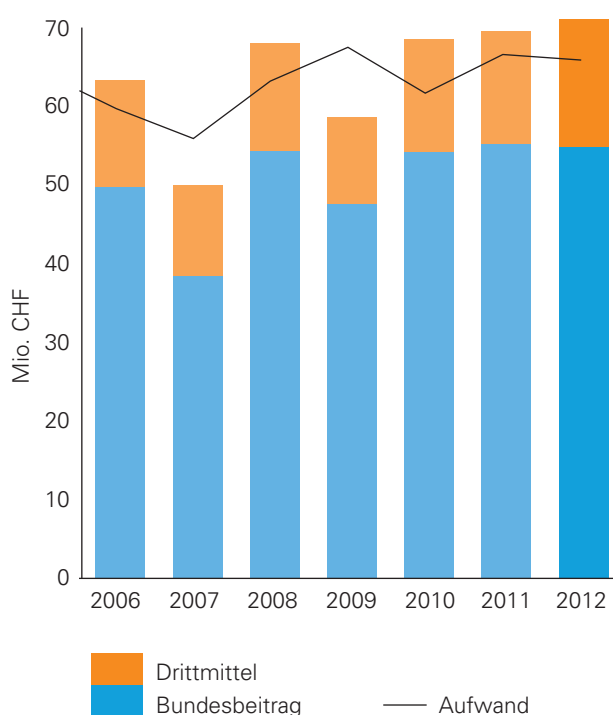
Ausgabenverteilung 2012



Drittmittel 2012



Entwicklung 2006–2012



Der Jahresbericht 2012 zeigt einen kleinen Ausschnitt aus Forschung, Lehre und Beratung an der Eawag. Unter www.lib4ri.ch/institutional-bibliography/eawag.html finden Sie alle Eawag-Publikationen samt Zusammenfassungen der einzelnen Artikel. Einzelne Publikationen können frei heruntergeladen werden.

Der Jahresbericht ist auch in Englisch erhältlich.

Impressum

Redaktion: Andres Jordi / Mitarbeit: Fabio Bergamin, Andri Bryner, Michael Keller, Thomas Lichtensteiger, Beatrix Mühlethaler, Anke Poiger, Annette Ryser, Anke Schäfer, Evelin Vogler, Felix Würsten / Übersetzung: Jeff Acheson / Grafik: Peter Penicka, Peter Nadler
© Eawag, Mai 2013

Abdruck mit Quellenangabe erwünscht:

«Eawag – Aquatic Research; Jahresbericht 2012».

Belegexemplare an: Eawag, Kommunikation, Postfach 611, 8600 Dübendorf

Eawag, Überlandstrasse 133, Postfach 611, 8600 Dübendorf
Telefon +41 (0)58 765 55 11, Fax +41 (0)58 765 50 28

Eawag, Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum
Telefon +41 (0)58 765 21 11, Fax +41 (0)58 765 21 68

www.eawag.ch

Eawag
Überlandstrasse 133
Postfach 611
8600 Dübendorf
Telefon +41 (0)58 765 55 11
Fax +41 (0)58 765 50 28
www.eawag.ch
info@eawag.ch

