

Jahresbericht 2014





Die Eawag ist das Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs. Zu diesem gehören neben den beiden Hochschulen ETH Zürich (ETHZ) 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 491 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Forschung, Lehre und Beratung tätig.

Umschlagbild

2014 bestand die Blue Diversion Toilet Feldtests in einem Slum in Nairobi. Das Projekt ist ein Beispiel für den erfolgreichen Wissenstransfer in Entwicklungsländer. Damit dieser gelingt, setzt die Eawag auf praxisorientierte Forschung sowie inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit. (Foto: Eawag und EOOS)

Editorial



Aldo Todaro

Eine Brücke zwischen Theorie und Praxis zu schlagen, ist eines der Hauptanliegen der Eawag. Unser Engagement für die lösungsorientierte Forschung zeigte sich 2014 in zahlreichen Projekten: Forschende der Eawag spielten im Nationalen Forschungsprogramm «Nachhaltige Wassernutzung» (NFP 61) eine tragende Rolle. Zudem erarbeiteten sie wissenschaftliche Grundlagen zur nachhaltigen Wärmenutzung von Seen, zur Priorisierung von Flussrevitalisierungen oder zu den Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf die Umwelt.

Exzellenz als Grundlage lösungsorientierter Forschung

Die Wissenschaft muss vorausschauend agieren und gesellschaftliche Entwicklungen antizipieren. Fortschritte bei der lösungsorientierten Forschung bedingen einen stetigen Austausch mit der Praxis. Die praxisorientierten Eawag-Kurse (Peak) – eine Institution seit über 20 Jahren – sind eine wichtige Plattform für den Dialog zwischen Forschenden der Eawag und Wasserfachleuten aus der Verwaltung, der Industrie oder von Planungsbüros. Die Probleme der Praxis betreffen meist verschiedene Wissenschaftsdisziplinen gleichzeitig. Mit ihrer inter- und transdisziplinären Ausrichtung ist die Eawag dazu prädestiniert, in lösungsorientierten Forschungsprojekten fachübergreifend mit den Akteuren des Wassersektors zusammenzuarbeiten. Die eingebrachte Expertise beruht auf wissenschaftlicher Exzellenz, der sich die Eawag in hohem Mass verpflichtet fühlt. Wir sind sehr stolz auf die hohe internationale Wertschätzung, die unsere wissenschaftlichen Leistungen im vergangenen Jahr erfahren haben.

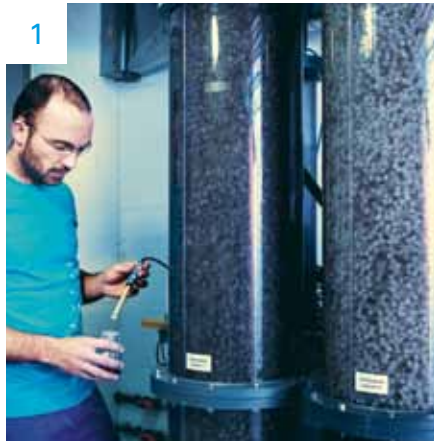
Investitionen und Innovationen für die Zukunft

Für wissenschaftliche Exzellenz braucht es eine moderne Infrastruktur. Deshalb passt die Eawag ihre Anlagen kontinuierlich den Forschungsbedürfnissen an. Ende 2014 schlossen wir die Bauarbeiten am neuen Experimentiergebäude «Aquatikum» ab. In diesem können wir Experimente in grösserem Massstab durchführen. Schon bald werden die ersten Versuche anlaufen. Zurzeit planen wir eine Aussenanlage für ökologische Untersuchungen. Die Anlage soll im Frühling 2016 in Betrieb gehen. Gespannt schauen wir zudem der Fertigstellung der Grundkonstruktion des experimentellen Gebäudes «Nest» entgegen. In diesem wichtigen Gemeinschaftsprojekt mit der Empa erforschen wir neue Verfahren beim Wasser- und Abwassermanagement unter realistischen Bedingungen.

Die Eawag ist stets bestrebt, neue Kanäle für den Transfer von Wissen in die Praxis zu erschliessen. So lancierten wir 2014 zusammen mit der ETH Lausanne zum Beispiel zwei Online-Kurse über Wasserfragen und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern. 2015 führen wir den Eawag-Infotag erstmals in Lausanne durch und freuen uns, die Kontakte zu den Westschweizer Wasserfachleuten auszubauen.

Janet Hering

Direktorin



Aldo Todaro



Sabine Rock



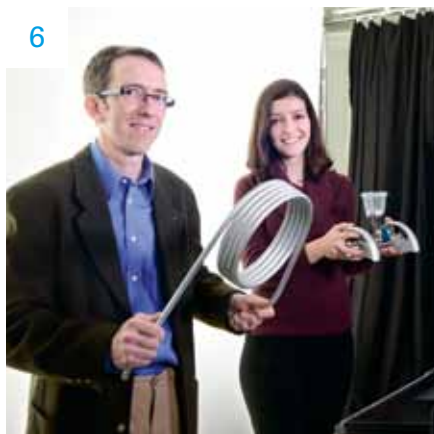
IWA



Andri Bryner



Andreas Jordi



Fabian Suter



Setac

Höhepunkte 2014

1 Wertvoller Dünger aus Urin. Zusammen mit der Wasserversorgung von Durban (Südafrika) hat ein interdisziplinäres Team von Eawag-Forschenden ein cleveres Sanitärsystem entwickelt. Kleine Aufbereitungsanlagen gewinnen aus dem Urin die Nährstoffe zurück, die als Dünger verkauft werden können. Das System entlastet die Umwelt, ist erschwinglich und fördert das lokale Unternehmertum. Durban plant nun eine grössere Anlage, um mehr Haushalte in die Urinsammlung einzubinden (Seite 7). Auch in der Schweiz ist die Urinaufbereitung in grösserem Stil ein Thema: Die Eawag möchte die Anlagen mit Industriepartnern in Serie herstellen. Bild: Urinreaktor an der Eawag.

2 Wasserressourcen unter Nutzungsdruck. Gesellschaftliche und ökonomische Entwicklungen wie der Siedlungsdruck beeinflussen die Wasserressourcen in der Schweiz vielerorts weit stärker als der Klimawandel. Der bessere Schutz der Grundwasserressourcen ist deshalb dringend nötig. So lautet das Fazit des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Wassernutzung» (NFP 61), das im November 2014 zu Ende gegangen ist. Beim NFP 61 waren Eawag-Forschende in fünf von 16 Projekten federführend und in drei weiteren beteiligt. Zudem war die Eawag für zwei der vier thematischen Synthesen verantwortlich (Seite 7). Bild: Podiumsdiskussion zum Projektabschluss.

3 Innovationspreis für Blue Diversion Toilet. Die International Water Association hat die von der Eawag und dem Designbüro EOOS entwickelte Blue Diversion Toilet mit dem Innovationspreis für das beste Projekt im Bereich der angewandten Forschung ausgezeichnet. Das neuartige WC ist zudem bis Januar 2016 im Deutschen Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München ausgestellt. Weitere Praxistests mit der Toilette in Nairobi

sind erfolgreich verlaufen. Nun sucht das Projektteam Industriepartner und Investoren, um eine grössere Stückzahl zu produzieren und weitere Erfahrungen zu sammeln. Bild: Projektleiterin Tove Larsen bei der Preisverleihung.

4 Bundesrat Schneider-Ammann zu Besuch. Im August 2014 machte sich der Bildungsminister Johann Schneider-Ammann persönlich ein Bild von der Arbeit der Eawag. Das Wasserforschungsinstitut gehört zu den Flaggschiffen der Schweizer Bildungs- und Forschungslandschaft, sagte er bei seiner Visite. Er betonte, dass der Rückhalt für die Eawag im Parlament hervorragend sei. Schneider-Ammann lobte die konsequente Frauen- und Familienförderung sowie die nachhaltige Ausrichtung der Eawag (Seite 21). Bild: Frederik Hammes erklärt dem Bundesrat die Durchflusszytometrie.

5 Ein Fest für den revitalisierten Chriesbach. Geschätzte 500 Besucher kamen ans Fest für den aufgewerteten Eawag-Hausbach. Nach der offiziellen Eröffnung mit dem Zürcher Baudirektor Markus Kägi liessen sie sich an Führungen das Bauprojekt erklären, fischten Kleintiere aus dem Bach, informierten sich an verschiedenen Posten über die Arbeit der Eawag oder genossen Sonne und Wasser auf den Steinstufen sitzend. Unter der Leitung des Kantons Zürich und mit Unterstützung der Eawag wurde der Chriesbach wieder in einen vielfältigen Lebensraum umgestaltet. Das Gewässer dient auch als Forschungsort für Studierende und Erlebnisraum für Erholungsuchende. Bild: Entenrennen im Chriesbach.

6 Lehren übers Internet. Mit Massive Open Online Courses (Moocs) setzt die Eawag eine neue Form der Wissensvermittlung ein. Gemeinsam mit der ETH Lausanne hat sie 2014 zwei solche Online-Kurse durchgeführt: zur Wasseraufberei-

tung und zur Planung sanitärer Systeme. Weitere sind geplant. Die Kurse sind kostenlos und werden jeweils in Englisch mit französischen Untertiteln abgehalten. Sie richten sich an Studierende und Praktiker im Wassersektor vor allem aus Entwicklungsländern. Am ersten Kurs haben über 8000 Personen teilgenommen (Seite 13). Bild: Aufzeichnung eines Mooc.

7 Dialog zwischen Wissenschaft, Verwaltung und Industrie. Bei der Organisation des 24. Jahrestreffens der Society of Environmental Toxicology and Chemistry (Setac Europe) waren mehrere Eawag-Wissenschaftlerinnen federführend. Der internationale Anlass in der Basler Messe stand im Zeichen des Brückenbaus: Umweltprobleme lassen sich nur gemeinsam lösen, lautete das Credo. Während fünf Tagen tauschten sich Fachleute aus Wissenschaft, Verwaltung und Industrie bei Fachveranstaltungen und beim sozialen Rahmenprogramm aus.

Spitzenforschung im Dienst der Praxis und der Politik



Im Molekulargenetiklabor der Eawag macht Labortechnikerin Salome Mwaiko Sequenzanalysen vom Erbgut verschiedener Organismen. Dank dieser modernen Analysen können die Fisch- und Evolutionsbiologen Ole Seehausen und Katie Wagner (im Hintergrund) die genetische Vielfalt von Wasserlebewesen untersuchen. (Foto: Aldo Todaro)



Mensch und Umwelt

Im Zentrum der Eawag-Forschung stehen das Wohlergehen des Menschen, funktionsfähige Ökosysteme und Strategien bei Nutzungskonflikten. Sie ist stark auf praxisbezogene Themen und gesellschaftliche Bedürfnisse ausgerichtet.

Fundierte Entscheidungsgrundlagen

Die Forschenden erarbeiten wissenschaftlich fundierte Grundlagen für Entscheidungsträger im Wassersektor und in der Politik. So beruht der Entscheid des Bundes, die grossen Kläranlagen zur Reduktion von Mikroverunreinigungen in den Gewässern technisch aufzurüsten, auf langjähriger Forschung der Eawag. Die angelaufene Umsetzung begleitet das Wasserforschungsinstitut wiederum wissenschaftlich. Beim Nationalen Forschungsprogramm NFP 61 zur nachhaltigen Wassernutzung waren Eawag-Forscher in fünf von 16 Projekten federführend und in drei weiteren beteiligt. Gemeinsam mit der WSL hat die Eawag ein Forschungsprogramm über die Folgen der Energiewende für Umwelt und Gesellschaft in der Schweiz gestartet. Zudem arbeitet sie in den neu lancierten NFP 70 und 71 zur Energiestrategie 2050 des Bundes mit.

Zukunftsträchtige Technologien

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Eawag entwickeln innovative Technologien zur Lösung von Umweltproblemen. Zusammen mit der Empa baut die Eawag das modulare Experimentalgebäude «Nest», an dem die beiden Institute mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft zukünftige Wohn- und Arbeitsformen, neue Konstruktionsmethoden und energieeffi-

ziente Technologien erforschen (Seite 23). Eawag-Forscher haben gemeinsam mit südafrikanischen Partnern ein Sanitärsystem entwickelt, das erschwinglich ist, wertvollen Dünger produziert, das Unternehmertum fördert und die Gewässerverschmutzung reduziert (Seite 7).

Internationale Spitzenforschung

Die Forschenden der Eawag stehen im konstanten Dialog mit den Fachleuten in der Praxis. Diese arbeiten in Projekten mit oder speisen ihre Anliegen ein. Ein wichtiges Bindeglied stellt dabei die Beratende Kommission der Eawag dar, die sich aus Mitgliedern aus Industrie, Politik, Verbänden, Bundesämtern und NGOs zusammensetzt. Die von der Praxis geschätzte Expertise der Eawag beruht auf herausragenden Leistungen in der angewandten Forschung und in der Grundlagenwissenschaft. Zahlreiche Publikationen in renommierten Fachzeitschriften unterstreichen die Stellung der Eawag als eines der weltweit führenden Wasserforschungsinstitute (Seite 7). Forschende werden für ihre Arbeit regelmässig ausgezeichnet (Seite 21). So hat der Schweizerische Nationalfonds Juliane Hollender in seinen Forschungsrat berufen. Kathrin Fenner erhielt vom Europäischen Forschungsrat ein bedeutendes Forschungsstipendium zugesprochen.

Von der Zelle bis zum Ökosystem

Die Forschung der Eawag ist disziplinübergreifend und bindet die betroffenen Akteure mit ein. Sie verfolgt einen systemischen Ansatz: Prozesse und Wirkzusammenhänge sollen auf allen Ebenen, von der Zelle bis zum Ökosystem, verstanden werden.

Max Maurer



1

Das Siedlungsgebiet in der Schweiz wird weiter wachsen und den Druck auf die Gewässer und das Grundwasser erhöhen. Solche sozio-ökonomischen Faktoren beeinflussen die Wasserressourcen und deren Nutzung stärker als der Klimawandel, haben Forschende der Eawag im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61 herausgefunden.

Die Stadt Durban sammelt den Urin ein und bereitet ihn in einer zweistufigen Pilotanlage auf: Zuerst wird das Ammonium im Urin nitrifiziert. So wird der Stickstoff stabilisiert, damit er sich bei der Zwischenlagerung und der anschließenden Verdampfung nicht verflüchtigt. Zudem verliert der Urin dadurch seinen penetranten Geruch. Danach wird der Urin konzentriert.

2



Maximilian Grau

Aldo Todaro



3

Buntbarsche haben in afrikanischen Seen eine unglaubliche Artenvielfalt entwickelt. Wie Untersuchungen der Eawag zeigen, sind genetische Vielfalt und lokale Artbildungsprozesse dafür entscheidend. Mit genetischen Methoden untersuchen die Forschenden nun auch, wie die Artenvielfalt in Schweizer Seen entstanden ist. Erste Ergebnisse lassen ähnliche Mechanismen vermuten.

1 Mensch beeinflusst Wasserressourcen mehr als Klima

Wie steht es um das Wasserschloss Schweiz, wenn mit dem Klimawandel die Temperaturen steigen und die Niederschläge abnehmen? Welche Entwicklungen werden die Wassernutzung in Zukunft prägen? Antworten auf diese Fragen gibt das Nationale Forschungsprogramm «Nachhaltige Wassernutzung» (NFP 61), an dem die Eawag massgeblich mitgearbeitet hat. Nach fünf Jahren Forschung wurde es 2014 abgeschlossen.

In den Berggebieten, insbesondere im Hochgebirge, hat die Klimaerwärmung den grössten Einfluss auf die Wasserressourcen. Wegen der steigenden Temperaturen schmelzen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts die Gletscher je nach Szenario zu rund 90 Prozent weg. Die Schneefallgrenze wandert weiter nach oben. Die schwindenden Gletscher machen neuen Seen Platz, die der Wasserwirtschaft und dem Tourismus neue Chancen bieten – sie bergen aber auch Gefahren wie plötzliche Seeausbrüche mit nachfolgenden Flutwellen.

Im dicht besiedelten und intensiv genutzten Mittelland hingegen werden sich sozioökonomische und technische Veränderungen viel stärker auf die Wasserressourcen und deren Nutzung auswirken als das Klima. Wie stark zum Beispiel die Schweizer Landwirtschaft 2050 auf Bewässerung angewiesen sein wird, hängt weniger von der Klimaerwärmung ab als von der zukünftigen Ausgestaltung der Agrarpolitik. Ein wichtiger Einflussfaktor ist zudem das Wachstum von Wirtschaft und Bevölkerung: Die Ausweitung des Siedlungsgebiets wird neue Nutzungskonflikte mit dem Grundwasserschutz mit sich bringen. Auch die Nutzung des Grundwassers für die Wärmeabfuhr oder Kühlung wird weiter zunehmen.

Für diese Entwicklungen ist die Schweizer Wasserwirtschaft nicht optimal gerüstet, kommt das NFP 61 zum Schluss. Es fehlen sowohl übergeordnete Visionen und Strategien als auch konkrete Abstimmungen zwischen Gemeinden und Kantonen.

Die Forschenden empfehlen, das Thema Wasser frühzeitig in alle Politikbereiche einzubeziehen. Dazu solle der Bund eine nationale Wasserstrategie erstellen

2 Urin für eine gute Ernte

Die Städte und Gemeinden in Südafrika sind per Verfassung dazu verpflichtet, alle Haushalte mit sanitären Einrichtungen auszustatten. Weil Wasser in der Stadt Durban knapp ist und eine Abwasserinfrastruktur vielerorts fehlt, setzt die dortige Regierung in den Vororten auf Trockentoiletten mit Urinentrennung – 90 000 Haushalte wurden seit 2003 damit ausgestattet.

Die separate Sammlung von Urin macht Sinn, denn er enthält einen grossen Teil der Nährstoffe wie Stickstoff oder Phosphor, die eine Kläranlage sonst aufwendig aus dem Abwasser entfernen muss. Und wird der Urin entsprechend aufbereitet, können diese Nährstoffe wieder als Düngemittel eingesetzt werden.

Aus diesen Gründen lancierte die Stadt Durban gemeinsam mit der Eawag, der regionalen Universität sowie den ETHs Zürich und Lausanne das Projekt Vuna – was in Zulu «Ernte» bedeutet. Unterstützt von der Bill-und-Melinda-Gates-Stiftung nahmen die Projektpartner erstmals das gesamte System von der Urinsammlung bis zum fertigen Düngeprodukt unter die Lupe.

Durban baute einen Sammelservice für Urin auf und die Forschenden entwickelten ein zweistufiges Verfahren, um das Wasser von den Nährstoffen zu trennen: Bakterien wandeln in einem ersten Schritt die Hälfte des Stickstoffs im Urin von Ammonium in Nitrat um. Im zweiten Schritt wird die Flüssigkeit verdampft und auf drei Prozent des ursprünglichen Volumens reduziert. Darin sind alle Nährstoffe enthalten. Das Verfahren testeten die Forschenden in Pilotanlagen an der Eawag in Dübendorf und im Wasserwerk in Durban. Das Endprodukt schneidet im Vergleich zu synthetischen Düngern sehr gut ab. Neben den wichtigsten drei Nährstoffen Stickstoff, Phosphor und Kalium enthält der Urindünger auch zahlreiche Spurenelemente wie Eisen, Zink

oder Bor. Eine Herausforderung jedoch bleibt: Arzneimittelrückstände. Diese sollen mit Aktivkohle entfernt werden. Im Labor konnten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler diesen Aufbereitungsschritt bereits erfolgreich durchführen.

3 Rasche Buntbarschevolution dank genetischer Vielfalt

In nur 15 000 Jahren entwickelten sich im ostafrikanischen Viktoriasee 500 Buntbarscharten. Wie diese rasche Artenbildung möglich war, haben 27 Forschungsinstitute weltweit in einem gemeinsamen Projekt untersucht. Dazu haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler das Genom von fünf Buntbarscharten analysiert und die Geschichte des Erbguts rekonstruiert. Die in «Nature» publizierten Resultate zeigen, dass die Vorfahren der Buntbarsche in einer Phase ohne grossen Selektionsdruck in ihrem Erbgut besonders viele Mutationen anhäufte. Ole Seehausen, Fisch- und Evolutionsbiologe an der Eawag und Co-Leiter der Studie, erklärt: «Damals war diese Variation wohl ziemlich nutzlos; aber sie wurde unglaublich nützlich, als die Fische die ostafrikanischen Seen besiedelten. Dort gaben ihnen vielfältige ökologische Nischen plötzlich Gelegenheit für unterschiedliche Anpassungen.» Die Forschenden betonen deshalb, dass der Schutz der Artenvielfalt wesentlich vom Erhalt der genetischen Diversität abhängt.

Nebst genetischen Faktoren sind auch lokale Artenbildungsprozesse entscheidend für die Vielfalt, wie eine weitere Studie von Seehausen und seinen Kollegen zeigt: In afrikanischen Seen führte vor allem die lokale Entstehung neuer Arten – und nicht die Einwanderung bestehender – zu einer hohen Vielfalt der Buntbarsche. Die Forschenden stellten auch einen Zusammenhang zwischen der Grösse des Lebensraums und der Vielfalt fest. Neben Fläche und Sonneneinstrahlung beeinflusst vor allem die Tiefe der Seen die Artenvielfalt: Grosse Tiefen sind die beste Voraussetzung für vielfältige ökologische Nischen.

Forschende der Eawag entnehmen Wasserproben für das Pestizidscreening. Bei 31 Stoffen lagen die Konzentrationen über dem Grenzwert der Gewässerschutzverordnung. Die Forschenden gehen davon aus, dass die kurzfristigen Spitzenkonzentrationen zum Teil sogar um ein Vielfaches höher liegen – bei einzelnen Substanzen über dem Wert, ab dem sie akut toxisch wirken.

4



Ivo Falikas

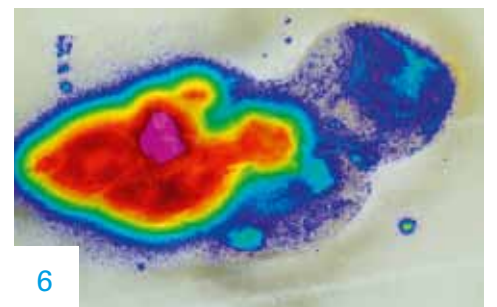
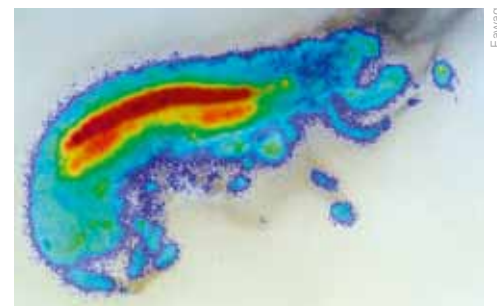
Linda Strande



5

Die Pilotanlage in Kampala produzierte mit getrocknetem Fäkalschlamm bei 800 Grad Backsteine. Deren Qualität unterschied sich kaum von anderen Backsteinen, die in der Region produziert werden.

Spitzschlammschnecken und Bachflohkrebse nehmen Schadstoffe im Körper sehr unterschiedlich auf. Entscheidend für die giftige Wirkung ist die Konzentration im Nervengewebe – diese ist beim Kleinkrebs (oben) viel höher als bei der Schnecke (unten).



6

Eawag

Bakterien: Diversität in der Einheit

Lange Zeit ging die Forschung davon aus, dass gewisse Bakterien dank Genmutationen Antibiotika überleben. In den letzten Jahren hat die Wissenschaft jedoch entdeckt, dass genetisch völlig identische Individuen unterschiedlich anfällig sind gegenüber Antibiotika. Welcher Mechanismus dahintersteckt, hat Umweltmikrobiologe Martin Ackermann zusammen mit Kollegen untersucht. Sie machten mit automatisierten Mikroskopen Langzeitaufnahmen von Bakterien in Mikrofluidik-Chips und analysierten die Merkmale von einzelnen Individuen quantitativ. Dabei konnten sie zeigen, dass diejenigen Bakterien ein Antibiotikum überleben, bei denen spezifische Gene angeschaltet sind. Sind diese Gene aktiv, äussern die Bakterien ein bestimmtes Verhalten, das für den Verlauf der Infektion wichtig ist. Gleichzeitig wird ihr Wachstum verlangsamt, was wiederum die Anfälligkeit gegenüber Antibiotika reduziert.

Die Resultate zeigen, dass auch innerhalb von genetisch identischen Populationen von Bakterien biologische Vielfalt existiert. Die Forschenden vermuten, dass sich Bakterien dank dieser Diversität an plötzliche Veränderungen in der Umwelt anpassen können. Mit dem gleichen experimentellen Aufbau lassen sich solche Phänomene auch bei Bakterien in Gewässern untersuchen – beispielsweise wie Bakterien diese Diversität nutzen, um auf eine Änderung der Nährstoffverfügbarkeit zu reagieren.

4 Pestizidcocktail in Schweizer Flüssen

Schweizer Gewässer sind nicht ganz so sauber, wie bis anhin geglaubt. Das förderte ein umfassendes Pestizidscreening in den fünf mittelgrossen Flüssen zutage. So umfassend wurde noch nie nach Pestiziden in Schweizer Gewässern gesucht. Die Forschenden untersuchten die Flüsse auf alle löslichen synthetischen Pflanzenschutzmittel und Biozide. Von diesen insgesamt über 300 Substanzen wiesen sie 104 in den Wasserproben nach.

31 Substanzen überschritten den Grenzwert der Gewässerschutzverordnung von

0,1 Mikrogramm pro Liter für einzelne Wirkstoffe. Vereinzelt traten sogar Konzentrationen von 1 Mikrogramm pro Liter auf. Als problematisch beurteilen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ein weiteres Ergebnis: Durchschnittlich wiesen sie 40 Stoffe pro Probe nach. In 78 Prozent der Proben lag die aufaddierte Konzentration aller Substanzen über 1 Mikrogramm pro Liter. Diese Pestizidmischung, so befürchteten sie, beeinträchtigt die Organismen im Wasser – selbst wenn die Konzentration jedes einzelnen Stoffes das ökotoxikologische Qualitätskriterium nicht überschreitet. Juliane Hollender, Leiterin der Abteilung für Umweltchemie, unterstreicht: «Es wird immer deutlicher, dass neben Tests mit einzelnen Stoffen auch eine Beurteilung der Mischungstoxizität nötig wird.»

Die chemische Verunreinigung der Gewässer stellt auch für rund die Hälfte der Gewässer in ganz Europa ein ökologisches Risiko dar. Zu diesem Schluss kommt eine europäische Studie mit Beteiligung der Eawag. Bei rund 15 Prozent könnten sogar akut toxische Effekte auf Gewässerorganismen auftreten.

5 Fäkalschlamm als Industriebrennstoff

2,7 Milliarden Menschen benutzen als sanitäre Einrichtung Latrinen oder Klärgruben, die an keine Kanalisation angeschlossen sind. Diese kostengünstige Alternative zu Kanalisation und Kläranlage ist jedoch nur nachhaltig, wenn der Fäkalschlamm gesammelt, transportiert, behandelt und verwertet wird. In den meisten Städten südlich der Sahara wird der Fäkalschlamm jedoch unsachgemäss im Stadtgebiet entsorgt. Um diese Situation zu verbessern, untersuchten Linda Strande und ihre Kollegen von der Abteilung Wasser und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern zusammen mit Projektpartnern in Dakar (Senegal), Kampala (Uganda) und Accra (Ghana) wirtschaftlich interessante und technisch machbare Verwertungsmöglichkeiten.

Im Fokus stand dabei der Einsatz des Fäkalschlammes als alternativer Brennstoff in Zement- und Baustofffabriken,

die in den Städten der Subsahara allgegenwärtig sind. Wie die Forschenden zeigen konnten, weist Fäkalschlamm einen genügend hohen Brennwert auf, um als alternativer Brennstoff zu bestehen. Bevor er als Festbrennstoff eingesetzt werden kann, muss der Schlamm aber getrocknet werden. Diesen Prozess untersuchten die Forschenden in einer Pilotanlage in Dakar. Schliesslich demonstrierten sie in zwei eigens für das Projekt konstruierten Brennöfen, dass der Fäkalschlamm in der Industrie ohne Qualitätseinbussen eingesetzt werden kann.

Dieser Verwertungsweg ist auch ökonomisch interessant: Wenn der Fäkalschlamm als Brennstoff verkauft wird anstatt als Bodenverbesserer, lässt sich damit 2- bis 35-mal mehr Umsatz erzielen.

6 Ungleich empfindlich

Aquatische Lebewesen reagieren unterschiedlich empfindlich auf Pestizide. So sind Spitzschlammesschnecken den Nervengiften Diazinon und Imidacloprid gegenüber viel toleranter als Bachflohkrebse. Mit bildgebenden Verfahren hat ein Team um Kristin Schirmer von der Abteilung Umwelttoxikologie zusammen mit Kollegen aus der Schweiz, England und Finnland ein Grund dafür aufgedeckt: Während sich die Gifte bei den Kleinkrebsen vor allem im Nervengewebe anreichern, geschieht dies bei den Schnecken in weniger sensiblen Körperregionen. Mit diesen bildgebenden Verfahren können sich die Forschenden ein Bild davon machen, welche Substanzen bei verschiedenen Lebewesen welche Organe beeinträchtigen oder welche Wirkstoffe von den Organismen effizient herausgeschafft werden. So kann nicht nur die Empfindlichkeit wirbelloser Wassertiere gegenüber Pestiziden systematisch gemessen, modelliert und erklärt werden. Die Methode könnte auch bei der Entwicklung neuer Pestizide mithelfen, die nur noch gezielt auf spezifische Organismen wirken und für die anderen Arten nicht gefährlich sind.

Begehrte Fachkräfte und profilierte Jungforschende

An den praxisorientierten Eawag-Kursen (Peak) vertiefen Fachleute aus der Praxis ihr Wissen oder lernen neue Methoden kennen. Der Austausch mit Praktikerinnen und Praktikern an den Peak ist ein wichtiger Baustein für den Wissenstransfer. (Foto: Aldo Todaro)

Praxisnahe Ausbildung

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Eawag leisten einen wichtigen Beitrag für die praxisnahe Ausbildung von Wasserfachleuten. 2014 unterrichteten sie über 4700 Stunden an Hochschulen und Fachhochschulen (Seite 27). Die Lehrtätigkeit basiert auf eigener Forschung und deckt auch thematische Nischen ab. Grosses Gewicht liegt auf der Vermittlung praktischer Fähigkeiten im Feld und Labor. Die Zusammenarbeit mit den anwendungsorientierten Fachhochschulen wurde verstärkt.

Erfolgreiche Doktorierende

Forschende betreuten 2014 rund 140 Doktorarbeiten und 145 Bachelor- und Masterarbeiten. Die Doktorierenden stammen aus 34 Ländern, die Hälfte aus der Schweiz und Deutschland. Der transdisziplinäre Ansatz der Forschung kommt auch bei der Ausbildung der Studierenden zum Tragen. Diese sind in einzelnen Fachbereichen verortet, bekommen das Thema Wasser aber ganzheitlich vermittelt. Die Auswahl der Doktoratskandidaten und die Betreuung der Doktorierenden folgen einem strukturierten Verfahren. Die Eawag stellt damit sicher, dass die fähigsten Jungwissenschaftler an den Forschungsthemen arbeiten. Das Vorgehen garantiert den Doktorierenden umgekehrt eine optimale Unterstützung. Für ihre Leistungen werden Eawag-Doktorierende regelmässig ausgezeichnet – und sie sind auf dem Arbeitsmarkt sehr gefragt (Seite 13).

Kontakte knüpfen

Für den akademischen Nachwuchs aus der ganzen Welt bietet die Eawag Som-

merschulen an. Neben der Auseinandersetzung mit einem spezifischen Thema ist der Austausch mit anerkannten Forschenden ein wichtiger Bestandteil der Veranstaltungen. 2014 führte die Abteilung «Systemanalyse und Modellierung» eine Sommerschule zur mathematischen Analyse von Umweltsystemen durch.

Wissenstransfer in die Praxis

Die Eawag betrachtet die Weiterbildung von Praktikerinnen und Praktikern als grundlegende Aufgabe. Die praxisorientierten Eawag-Kurse (Peak) verzeichnen auch nach 20 Jahren starken Zulauf (Seite 13). Sie vermitteln aktuelles Forschungswissen und dienen dem Dialog zwischen der Wissenschaft und der Praxis. Dasselbe Ziel hat auch der jährliche Infotag, an dem 2014 rund 300 Fachleute teilnahmen (Seite 13). Bei den Peak und beim Infotag arbeitet die Eawag mit den Fachverbänden zusammen.

Neue Unterrichtsformen

Um die Fachleute in Entwicklungsländern zu erreichen, setzt die Eawag auch auf neue Vermittlungsformen wie Massive Open Online Courses (Moocs). Die Abteilung «Wasser und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern» führte zusammen mit der ETH Lausanne 2014 zwei solche Online-Kurse durch (Seite 13). Mit dem Eawag Partnership Program for Developing Countries (EPP) fördert das Wasserforschungsinstitut den Wissenstransfer in Entwicklungs- und Schwellenländer. Das EPP ermöglicht talentierten Studierenden und Doktorierenden einen Aufenthalt an der Eawag von drei bis sechs Monaten.

Peter Penicka



1

Über 8000 bzw. 6000 Personen haben an den Massive Open Online Courses zur Wasseraufbereitung in Haushalten und zur Planung sanitärer Systeme und Technologien teilgenommen. 48 Prozent der Teilnehmenden stammten aus Ländern mit mittleren und tiefen Einkommen.

Eawag-Alumnus Sébastien Meylan im «Feld-einsatz» für die Sanierung der Sondermülldeponie in Monthey (VS). Bei seiner Arbeit in der Industrie schätzt er unter anderem die pragmatische Vorgehensweise. Zwar sei weniger Zeit vorhanden, in die Tiefe zu gehen. Dafür seien die Entscheidungswege effizient: «Im Gegensatz zur Forschung muss ich für meine Projekte nicht zuerst das Geld zusammensuchen, ich kann gleich loslegen.»



Cirno

2

Andres Jordi



3

Am Eawag-Infotag informierten sich rund 300 Wasserfachleute über neue Erkenntnisse zum Grundwasser, das über Oberflächengewässer gespeist wird. Der Boden wirkt dabei als wichtige Barriere, die aber nicht unüberwindbar ist.

1 Online lehren – weltweit lernen

Die Forschungsabteilung «Wasser und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern» (Sandec) startete zusammen mit der ETH Lausanne eine Serie von Massive Open Online Courses (Moocs) zum Thema «Water, Sanitation and Hygiene (Wash) in Developing Countries». Ziel ist es, Studierenden und Praktikern auf der ganzen Welt umfassendes Wissen im Bereich Wasser, sanitäre Einrichtungen und Hygiene zu vermitteln. Der erste Mooc im April gab eine Einführung in die Wasseraufbereitung in Haushalten. Das zweite Modul im Oktober befasste sich mit der Planung sanitärer Systeme und Technologien. Die Moocs sind kostenlos und dauern fünf Wochen. 2015 wird Sandec den ersten Kurs mit angepassten Inhalten erneut durchführen. Zudem plant die Abteilung einen neuen Mooc zum Thema Abfallbewirtschaftung (Solid Waste Management).

2 Alumnus Sébastien Meylan: «Ich kann viel bewirken»

Mit orangem Helm und Jacke im gleichen Ton betritt Sébastien Meylan ein grosses, zeltartiges Gebäude. Drinnen graben Bagger den Boden auf und verladen das Erdreich in Container. Als Projektleiter der Sanierung der Sondermülldeponie Pont Rouge (Wallis) macht sich der Chemieingenieur und ehemalige Eawag-Doktorand von Zeit zu Zeit ein Bild vor Ort. Während gut 20 Jahren haben hier die ansässigen Chemiefirmen ihre Abfälle deponiert – damals völlig legal. Meylans Arbeitgeber, die Compagnie industrielle de Monthey (Cimo), ist nun beauftragt, die Altlast zu beseitigen. «Eine solche Altlastensanierung ist ein komplexes Projekt», erklärt Meylan. «Bis zum Start der Sanierung 2011 brauchte es einige Jahre Vorbereitungszeit mit Schadstoffmessungen, Analysen, technischen Abklärungen und Planungsarbeiten.»

Sébastien Meylan ist seit Anfang mit dabei. Mit der Altlastensanierung wird verhindert, dass Schadstoffe weiter ausgewaschen werden und ins Grundwasser und die Umwelt gelangen. Mit der Mobilität von Schadstoffen in der Umwelt

beschäftigte er sich während seiner Dissertation an der Eawag. Nach einem Postdoc drängte es den jungen Forscher jedoch in die Industrie. «An der Eawag hatte ich die Gelegenheit, hochstehende Forschung zu betreiben. In meiner jetzigen Tätigkeit kann ich mit diesem Wissen viel bewirken», so der Eawag-Alumnus.

In seinem Job braucht er vor allem Projektmanagement-Fähigkeiten. Erfahrungen darin hat er bereits an der Eawag gesammelt, als er als Postdoktorand nebst der wissenschaftlichen Arbeit auch für das Management des interdisziplinären Forschungsprojekts verantwortlich war. Sein Fachwissen ist für ihn aber unentbehrlich, zum Beispiel um effizient mit den verschiedenen Umwelt-Beratungsfirmen zusammenzuarbeiten. In diesen Firmen begegnete er auch immer wieder anderen ehemaligen Eawag-Mitarbeitenden.

Peak-Kurse vermitteln Praktikern neustes Wissen

Welche Fische sind in Schweizer Gewässern heimisch? Welche Lebensräume besiedeln sie und welche Bedrohung stellen eingeführte Arten dar? Zu diesem Thema bildeten sich über 40 Fachleute aus der Praxis an einem praxisorientierten Eawag-Kurs (Peak) weiter.

Während Basiskurse wie der Peak zur Fischtaxonomie den Teilnehmenden die Grundlagen für das Verständnis von Umweltproblemen vermitteln, geben Vertiefungskurse anhand konkreter Beispiele und Fallstudien eine Gesamtsicht auf spezifische Problemstellungen. In einem dieser Kurse erfuhren die Teilnehmenden beispielsweise, wie Sanitär- und Wasserdienstleistungen mit innovativen Geschäftsmodellen entlang der gesamten Wertschöpfungskette günstig und nachhaltig gestaltet werden können. In Anwenderkursen lernten die Teilnehmenden praktische Methoden kennen – zum Beispiel, wie die hochauflösende Massenspektrometrie in der organischen Spurenanalytik eingesetzt wird. Insgesamt wurden 2014 sieben Peak mit über 270 Teilnehmenden durchgeführt.

Seit über 20 Jahren gehören die praxisorientierten Kurse zur gefragten Weiterbildung für Fachleute aus Wirtschaft, Verwaltung sowie Ingenieur- und Umweltbüros. Ein wichtiger Aspekt ist auch der Austausch unter den Teilnehmenden sowie zwischen Wissenschaft und Praxis.

3 Infotag: Wasserversorgung und Uferfiltration

80 Prozent des Schweizer Hahnenwassers stammt aus Grundwasser. Und dieses wird zu einem Drittel aus versickerndem Flusswasser gespeist. Auf dem Weg durch den Boden werden Schadstoffe zurückgehalten oder abgebaut. Diese Uferfiltration ist meist die einzige Barriere zwischen Fluss- und Trinkwasser. Doch kann sie auch in Zukunft sauberes Trinkwasser garantieren? Zu dieser Frage tauschten sich am Eawag-Infotag «Wasserversorgung und Uferfiltration – ein System unter Druck?» rund 300 Fachleute aus Wissenschaft, Wasserwirtschaft, Verwaltung und Politik aus und liessen sich neue Forschungserkenntnisse vorstellen.

Wie gut Schadstoffe auf der Bodenpassage zurückgehalten oder abgebaut werden, zeigt ein Projekt an der Thur. Eawag-Forschende konnten 100 Schadstoffe sowohl im Fluss- als auch im Grundwasser nachweisen. Die Konzentrationen im Grundwasser waren aber generell geringer als im Fluss, weil diverse Stoffe während der Passage durch die Uferfiltrationszone oft schon auf den ersten Metern eliminiert werden. Der Abbau verlangsamt sich jedoch im Winter oder bei tiefen Wassertemperaturen.

Diese Resultate zeigen, dass der Boden zwar ein guter Filter ist. Er ist aber nicht unüberwindbar. Wie es um die Wasserqualität in Flüssen steht, ist deshalb entscheidend für die Uferfiltration. In neueren Untersuchungen hat die Eawag unterhalb von Kläranlagen zwischen 100 und 160 verschiedene organische Mikroverunreinigungen nachgewiesen. Die beschlossenen Massnahmen zu Flussrevitalisierungen und zur Elimination von Mikroverunreinigungen in Kläranlagen zielen deshalb in die richtige Richtung und zeugen vom vorsorgenden Gewässerschutz in der Schweiz.

Dialog und enge Zusammenarbeit mit den Akteuren

Die chemische Verunreinigung des Rheins wird seit 1993 in der Internationalen Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein (RÜS) systematisch beobachtet. Der Umweltchemiker Matthias Ruff (links) diskutiert mit Steffen Ruppe der RÜS Ergebnisse der Analyse von Spurenstoffen. (Foto: Aldo Todaro)

Im Austausch mit der Praxis

Die Eawag fördert die Umsetzung von Forschungsergebnissen in die Praxis. Die Eawag-Forschenden arbeiten in zahlreichen Projekten mit Praktikerinnen und Praktikern zusammen (Seite 17). Sie übernehmen Beratungen, die private Dienstleister nicht erbringen können. Sie speisen ihr Fachwissen bei der Mitarbeit in nationalen und internationalen Gremien ein und unterhalten ein grosses Netzwerk von Kontakten. Über Dienstleistungsaufträge gelangen aktuelles Wissen und neue Technologien aus der Eawag in die Praxis.

Gefragte Kompetenzzentren

Die Eawag betreibt verschiedene Kompetenzzentren, die sich mit den Herausforderungen im Wassersektor befassen. Sie fördern den Austausch zwischen den Forschungsdisziplinen und der Praxis und initiieren mit diesen gemeinsame Forschungsprojekte. So untersucht zum Beispiel das Kompetenzzentrum Trinkwasser zusammen mit dem Kanton Basel-Landschaft im Projekt «Regionale Wasserversorgung Basel-Landschaft 21» die Belastung des Grund- und Trinkwassers in verschiedenen Gebieten des Kantons. Die Fischereiberatungsstelle, welche die Eawag mit dem Bundesamt für Umwelt und dem Schweizerischen Fischereiverband betreibt, informiert über wissenschaftliche Erkenntnisse und berät bei Fragen zur Bewirtschaftung und Gewässerökologie. Das Ökotoxzentrum der Eawag und der ETH Lausanne untersucht und beurteilt Effekte von Chemikalien auf die aquatische Umwelt (Seite 17). Die Eawag beteiligt sich an der Dialogplattform Wasser-Agenda 21, dem Netzwerk wichtiger Akteure der Schweizer Wasserwirtschaft.

Gut vernetzt

Für den Dialog mit den Wasserfachleuten in der Praxis ist die Zusammenarbeit mit den entsprechenden Verbänden essenziell. Mit dem Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) pflegt die Eawag traditionell einen regen Austausch. In den letzten Jahren intensivierte sie die Verbindung mit dem Schweizerischen Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW). Den Infotag 2014 führte sie in Kooperation mit dem SVGW durch (Seite 13). Auch mit der Industrie ist die Eawag im Gespräch. So wurde mit dem Wirtschaftsverband von Chemie, Pharma, Biotech (Science Industries) ein regelmässiger Ideenaustausch vereinbart. Wichtige Partner stellen die Kantone und der Bund dar. Eawag-Forschende unterstützen zum Beispiel den Kanton Basel-Stadt bei der Analyse von Spurenstoffen in der Rheinüberwachungsstation Weil (RÜS). Sie haben in den letzten Jahren die analytische Neuausrichtung der Station wissenschaftlich und technisch begleitet.

Anwenderorientierte Publikationen

Die Eawag bereitet ihre Forschungsergebnisse praxisingerecht auf. Sie veröffentlichte 2014 drei Faktenblätter mit wissenschaftlichen Fakten zu politisch relevanten Themen (Seite 17). Die Faktenblätter bieten Orientierungs- und Argumentationshilfen für Entscheidungsträger. Ein zusammen mit dem WHO Collaborating Center herausgegebenes Handbuch präsentiert NGOs und Behörden anwenderorientiertes Wissen, wie Entwicklungsländer mit arsen- und fluoridbelastetem Trinkwasser umgehen können.

Markus Forte/Ex-Press/BAFU



1

Aufweitung des Linthkanals in Benken (SG). Revitalisierungsmassnahmen sollten prioritär der Vernetzung dienen und weitergehend eine natürlichen Strömungs- und Geschiebedynamik sowie eine gute Wasserqualität fördern. Schliesslich sollten sie die Voraussetzungen schaffen, dass sich Gewässer wieder dynamisch selber entfalten können.



Piet Spaak

2

Auf Daphnien und weitere Organismen können Chemikaliengemische toxisch wirken, auch wenn die einzelnen Substanzen in unbedenklichen Konzentrationen vorliegen. Dies zeigte ein Ringtest, an dem sich das Ökotoxzentrum von Eawag und ETH Lausanne beteiligte.



iStockphoto

3

Gute Aussichten am Bodensee: Ohne negative Auswirkungen auf Ökosystem und Wasserqualität könnte dem Seewasser zu Heizzwecken ein Gigawatt Wärme entnommen werden. Diese Leistung entspricht ungefähr derjenigen eines Kernkraftwerks.

1 Bei Revitalisierungen Prioritäten richtig setzen

In den kommenden Jahrzehnten will die Schweiz rund 4000 Kilometer Fliessgewässer revitalisieren. Doch bei welchen Gewässern lohnt sich eine Aufwertung besonders? Welche Massnahmen sind zielführend? Um die Kantone bei der Priorisierung und Planung zu unterstützen, beauftragte das Bundesamt für Umwelt die Eawag, entsprechende Entscheidungsgrundlagen zu erarbeiten.

Zur Bestimmung der Gewässerabschnitte, bei denen Aufwertungsmassnahmen ökologisch besonders zielführend sind, entwickelten die Forschenden ein Priorisierungsschema. An erster Stelle steht dabei das Erholungspotenzial eines Gewässerabschnitts. Dieses ist abhängig vom Einzugsgebiet, von den dort vorhandenen Arten zur Wiederbesiedelung oder von der Einbindung verschiedener Flächen ins Gewässernetz. Hohe Priorität haben zudem Gebiete mit seltenen Spezies, einer grossen Artenvielfalt und solche, die eine spezielle Funktion beispielsweise als Laichhabitate oder als Migrationskorridore haben.

Welche Massnahmen sinnvoll sind, analysierten die Forschenden anhand von 62 Erfolgskontrollen von Revitalisierungsprojekten in der Schweiz und in Deutschland. Eine gute Vernetzung erwies sich dabei als vordringlich. Weiter sind eine naturnahe Hydro- und Geschiebedynamik sowie eine gute Wasserqualität zu fördern.

In einer weiteren Studie untersucht Fischbiologe Armin Peter zusammen mit seinen Mitarbeitenden und Partnern, wie die Fischwanderung bei Flusskraftwerken verbessert werden kann. Dank Fischtreppen oder Umgehungsgerinnen können Nasen, Barben und Co. zwar flussaufwärts wandern. Flussabwärts folgen sie jedoch der Strömung und geraten in die Turbinen. In Modellversuchen wird zurzeit untersucht, wie die Fische mit speziellen Rechen umgelenkt werden können. Die ersten Resultate sind erfolgversprechend.

2 Gefährliche Chemikalien-Cocktails

Chemische Substanzen liegen in der Umwelt meist als komplexes Gemisch vor. Um mehr über das Risiko solcher Chemikalien-Cocktails zu erfahren, hat sich das von der Eawag und der ETH Lausanne gemeinsam betriebene Ökotoxzentrum zusammen mit 15 anderen Labors an einem Ringtest beteiligt. Die Forschenden testeten zwei Mischungen aus Pflanzenschutzmitteln, Medikamenten, Schwermetallen und anderen Substanzen auf ihre toxische Wirkung. In beiden Mischungen lagen alle Einzelsubstanzen in Konzentrationen vor, die nach der aktuellen Gesetzgebung der Europäischen Union als unbedenklich gelten. Die Wissenschaftler führten 35 verschiedene Biotests mit insgesamt 11 Organismen durch. Die Substanzmischungen bewirkten toxische Effekte bei Bakterien, Fadenwürmern, Krebsen, Amphibien und Fischen. Die Ergebnisse zeigen, dass chemische Mischungen auch dann schädlich wirken können, wenn die einzelnen Schadstoffe in scheinbar harmlosen Konzentrationen auftreten. Damit wird die aktuelle Risikobeurteilung von Chemikalien infrage gestellt, die heute allein aufgrund der Toxizität der Einzelsubstanzen erfolgt.

3 Grosses Energiepotenzial in Seen

Statt mit fossiler Energie zu heizen, die Wärme aus Seen nutzen – mit Blick auf eine nachhaltige Energieversorgung ist dies eine interessante Alternative. Doch wie viel Wärme kann einem See entzogen werden ohne negative Folgen auf das Ökosystem oder die Wasserqualität? Dieser Frage ist Alfred Wüest mit seiner Gruppe Aquatische Physik am Beispiel des Bodensees nachgegangen.

Die Studie, die vom Programm Interreg IV unterstützt wurde, geht von einem realistischen Nachfrageszenario mit einem Leistungsbedarf von rund einem Kilowatt pro Einwohner aus. Hochgerechnet auf eine Million Menschen rund um den Bodensee ergibt sich eine Wärmeleistung von insgesamt etwa einem Gigawatt oder zwei Watt pro Quadratmeter Seeoberfläche.

Um den räumlichen und zeitlichen Verlauf der Temperaturen im See abzuschätzen, verwendeten die Forschenden ein mathematisches Turbulenzmodell. Sie berechneten unterschiedliche Szenarien, bei denen sie Entnahmemengen, Temperaturdifferenzen und Tiefen für die Wasserentnahme und die -rückgabe variierten. Alle Modellierungen ergaben nur geringe Änderungen der Wassertemperatur und vernachlässigbare Effekte auf die Durchmischung des Sees im Winter und die Stagnation im Sommer. Der See würde an der Oberfläche um maximal 0,2 Grad Celsius kühler, wenn ein Gigawatt Leistung zu Heizzwecken entnommen würde. Wird das Seewasser zusätzlich zum Kühlen im Sommer genutzt, schwankt es nur um 0,1 Grad Celsius. Denn die Einleitung des verbrauchten, warmen Kühlwassers im Sommer vermag die winterliche Wärmeentnahme teilweise zu kompensieren.

Faktenblätter liefern Entscheidungsgrundlagen

Zu politisch wichtigen Themen stellt die Eawag Entscheidungsträgern in Politik und Verwaltung die neusten Erkenntnisse aus der Forschung zur Verfügung. Für Diskussionsstoff sorgen derzeit Pflanzenschutzmittel. Deshalb hat die Eawag zusammen mit dem Ökotoxzentrum zwei Faktenblätter dazu herausgegeben. Eines stellt das aktuelle Wissen zum Vorkommen und zur Wirkung dieser Stoffe in Gewässern dar, das andere geht auf ihre ökotoxikologische Beurteilung ein.

Zudem hat die Eawag mit einer Stellungnahme auf einen Artikel in der «Neuen Luzerner Zeitung» reagiert. Darin forderten Fischer, die Leistung der Kläranlagen rund um den Vierwaldstättersee zu drosseln und den Phosphoreintrag in den See zu steigern. Damit möchten sie Fischwachstum und Fangerträge erhöhen. Die Eawag lehnt diesen Vorschlag entschieden ab. Ein zentrales Argument ist die Erhaltung der Artenvielfalt: Forschungsergebnisse zeigen, dass ein hoher Nährstoffgehalt zum Verschwinden endemischer Arten führen kann.

Attraktive Arbeitsbedingungen für herausragende Leistungen

Der Kinderpavillon bietet Kindern von Eawag- und Empa-Mitarbeitenden ein zweites Zuhause. Das Betreuungsangebot ist ein Beispiel, wie die Eawag die Chancengleichheit fördert und fortschrittliche Arbeitsbedingungen schafft. (Foto: Aldo Todaro)

Moderne Forschungsinfrastruktur

Die Eawag bietet ihren Mitarbeitenden ein exzellentes Arbeitsumfeld. Forschende profitieren von einer erstklassigen Infrastruktur. Zeitgemässe Laboratorien und ein moderner Gerätepark ermöglichen chemische und molekularbiologische Analysen, um die aktuellen Forschungsfragen zu bearbeiten. Die Zusammenarbeit mit dem Genetic Diversity Center und dem Functional Genomics Center der ETH Zürich erweitert die Analysekapazitäten. Die Versuchskläranlage, Kalt- und Warmwasseraquarien sowie Mesokosmen-Tanks erlauben Experimente in grösserem Massstab. Das Freiluftlabor im revitalisierten Chriesbach dient ebenfalls der Forschung und Lehre. Um für neue Forschungsaktivitäten gerüstet zu sein, investiert die Eawag kontinuierlich in ihre Infrastruktur. 2014 wurden die Bauarbeiten für das neue Experimentiergebäude «Aquatikum» grösstenteils abgeschlossen (Seite 23). Die Vorbereitungen für den Bau von 36 Versuchsteichen für Experimente unter natürlichen Bedingungen sind angelaufen.

Umweltvorbild Eawag

Der betriebliche Umweltschutz ist der Eawag seit jeher sehr wichtig (Seite 28). Sie nimmt innerhalb der Bundesinstitutionen eine Pionierrolle ein. So erfüllt beispielsweise das neu gebaute «Aquatikum» den Energiestandard «Minergie P-Eco». Die Eawag setzt sich für eine klimaneutrale Deckung des Mobilitätsbedarfs und für eine Strom- und Wärmeproduktion vollständig aus erneuerbaren Energien ein. Weitere Massnahmen für einen ressourcenschonenden

Betrieb sind die naturnahe Umgebungsgestaltung, das Personalrestaurant mit Bio-Produkten, Anreize für die Benutzung des öffentlichen Verkehrs und des Fahrrads oder Kompensationsabgaben für unvermeidliche Flugreisen. Ein Umweltteam motiviert die Mitarbeitenden zu umweltschonendem Verhalten und macht Optimierungsvorschläge (Seite 23). Mit ihren proaktiven Bestrebungen liegt die Eawag ganz auf der Linie der Initiative «Energie-Vorbild Bund», die der Bund 2014 lanciert hat.

Motivierte Mitarbeitende

Die Eawag verpflichtet sich zur Chancengleichheit. 2014 beteiligte sie sich am Förderprogramm «Mentoring Deutschschweiz» für Nachwuchswissenschaftlerinnen. Zusammen mit den anderen Instituten des ETH-Bereichs führte sie eine Initiative zur Karriereplanung junger Forscherinnen weiter. Frauen in Kaderpositionen werden gezielt gefördert. Mit 30 Prozent ist ihr Anteil überdurchschnittlich hoch. Tove Larsen wurde als zweite Frau in die Direktion der Eawag gewählt (Seite 21). 2014 hat die Eawag gemeinsam mit der Empa, dem PSI und der WSL die Swiss Dual Career Platform ins Leben gerufen. Die Plattform hilft den Lebenspartnerinnen bzw. -partnern ausländischer Forschender bei der Integration und Stellensuche (Seite 21). Die Eawag unterstützt wenig verdienende Eltern bei der Kinderbetreuung in der Kinderkrippe. Erkrankte oder behinderte Mitarbeitende werden so weit wie möglich in den Arbeitsprozess integriert. Eine Befragung zeigt, dass die Eawag-Mitarbeitenden mit ihrer Arbeitssituation ausserordentlich zufrieden sind.

Andreas Jordi



1

Zur Einweihung des Revitalisierungsprojekts am Chriesbach in Dübendorf hat die Eawag die Bevölkerung eingeladen.



Oliver Bartschlagler

2

Doktorandin Lisa Scholten nimmt am ETH-Tag den Otto-Jaag-Gewässerschutz-Preis entgegen.

Peter Penicka



3

Armin Peter forschte an der Eawag während 34 Jahren über Restorationsökologie.

Die Eawag im Dialog

1 In direktem Kontakt mit der Bevölkerung. Im Frühjahr wurde die Revitalisierung des Chriesbachs vor der Haustür der Eawag in Dübendorf beendet. Für die Angehörigen und die Bevölkerung gab es die Möglichkeit, sich unter freiem Himmel über die Forschung der Eawag im und am Chriesbach zu informieren. Rund 500 Kinder und Erwachsene nutzten die Gelegenheit. Der Höhepunkt war ein Entenrennen auf dem revitalisierten Bach, bei dem die schnellsten Plastikenten und deren Besitzer attraktive Preise gewinnen konnten.

Tag der Fischwanderung in Luzern. Viel positives Echo erhielt auch ein Infoanlass am Tag der Fischwanderung im Mai 2014 in Luzern. An einem Wehr an der Reuss im Stadtkern erläuterten Fachleute der Eawag zusammen mit Angehörigen des Naturmuseums Luzern die wichtigsten Aspekte der Fischmigration in den vielen mit technischen Hindernissen versehenen Flüssen der Schweiz.

Bundesrat Schneider-Ammann zu Besuch. Eine ebenso grosse Bedeutung wie der Wissenstransfer und der Austausch mit der Bevölkerung hat der Dialog mit Vertreterinnen und Vertretern der Politik. So hatte die Eawag im August 2014 Besuch von Johann Schneider-Ammann, Vorsteher des Eidgenössischen Departements für Wirtschaft, Bildung und Forschung. Der Bundesrat informierte sich über aktuelle Forschungsprojekte und diskutierte mit Forschenden. Die Eawag gehöre zu den Flaggschiffen der Bildungs- und Forschungslandschaft in der Schweiz, sagte Schneider-Ammann.

EU sendete Wissenschaftsberaterin. Auch Vertreter der Europäischen Union interessieren sich für die Forschung der Eawag. Die Beraterin für Wissenschaft des EU-Präsidenten, Anne Glover, kam im Mai 2014 an die Eawag, um mit Forschenden und Vertretern der Direktion Fragen der Zusammenarbeit mit anderen europäischen Forschungsinstitutionen zu diskutieren.

Auszeichnungen

2 Auszeichnungen von Industrie und Wissenschaft. Eawag-Wissenschaftler finden für ihre Arbeit Anerkennung in der Wirtschaft und in der Forschung. Im Berichtsjahr erhielten drei Dissertationen eine Auszeichnung: Lisa Scholten (Systemanalyse) erhielt den Otto-Jaag-Gewässerschutz-Preis. Und je eine ETH-Medaille ging an Pascal Wunderlin (Verfahrenstechnik) und an Tobias Sommer (Oberflächengewässer). Die Studentin Alexandra Fumasoli erhielt für ihre Masterarbeit über eine Methode zur Rückgewinnung von Phosphat aus Urin grosse Anerkennung in Form des Huber Technology Prize 2014 im Bereich «Zukunft Wasser». Überdies wurden mehrere Forscher für ihre Publikationen ausgezeichnet. So erhielt zum Beispiel der Umweltsozialwissenschaftler Bernhard Truffer den IAMOT Research Publication Award für seine zahlreichen Publikationen im Bereich Technologiemanagement. Thomson Reuters zeichnete Christa Mc Ardell (Umweltchemie) und Urs von Gunten (Wasserressourcen und Trinkwasser) als «highly cited researchers» aus. Florian Altermatt (Aquatische Ökologie) erhielt eine Förderprofessur des Schweizerischen Nationalfonds (SNF). Die Professur ist mit dem Institut für Evolutionsbiologie und Umweltwissenschaften der Universität Zürich assoziiert. Juliane Hollender, Leiterin der Abteilung Umweltchemie, wurde zudem in den SNF-Forschungsrat gewählt.

Personelles

3 Anerkannte Fachleute pensioniert. Mehrere anerkannte Forschende haben im Berichtsjahr das Pensionsalter erreicht und sind in den Ruhestand getreten. Jürg Beer, Titularprofessor an der ETH Zürich und seit 1988 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Oberflächengewässer, hat die Eawag im Januar 2014 verlassen. Armin Peter, Leiter der Gruppe Restorationsökologie, ist Ende 2014 nach 34 Jahren Mitarbeit in Pension gegangen. Er gilt in

der Schweiz als profunder Fischkenner und hat sich in seiner Forschung vor allem mit Auf- und Abstieg von Fischen in verbauten Gewässern beschäftigt.

Wechsel in der Eawag-Direktion.

Im Berichtsjahr hat Tove Larsen, Gruppenleiterin in der Abteilung Siedlungswasserwirtschaft, Einsitz in die Direktion genommen. Ebenso ist Alfred Wüest, Professor für Aquatische Physik an der ETH Lausanne, zum Direktionsmitglied gewählt worden. Er folgt auf Bernhard Wehrli, Professor für Aquatische Chemie an der ETH Zürich, der per Ende Februar 2015 aus der Direktion ausgetreten ist. Der Bundesrat bestätigte die Direktorin Janet Hering für eine weitere Amtszeit. Diese hat Anfang Januar 2015 begonnen und dauert vier Jahre.

In der Forschungsabteilung Wasser und Trinkwasserressourcen hat Michael Berg, Leiter der Gruppe Schadstoffhydrologie, die Leitung der Abteilung übernommen. Von 2005 bis 2015 war Rolf Kipfer, Leiter der Gruppe Umweltisotope, mit dieser Aufgabe betraut.

Chancengleichheit

Eine Plattform zum Netzwerken.

Als Institutionen mit internationaler Ausstrahlung haben die Forschungsanstalten des ETH-Bereichs regen Zulauf von Arbeitnehmenden aus dem Ausland. Häufig bringen die neuen Mitarbeitenden den Partner oder die Partnerin mit in die Schweiz. Diese sind meist gut qualifiziert und erhoffen sich in der Schweiz weitere berufliche Entwicklungsmöglichkeiten. Um die Eingewöhnung und das Networking dieser Partnerinnen und Partner zu unterstützen, haben die vier Forschungsanstalten Eawag, Empa, PSI und WSL auf Initiative der Eawag die Swiss Dual Career Platform im Internet eingerichtet. Durch die Kollaboration mit den anderen Institutionen des ETH-Bereichs kann sich langfristig ein breites und wirkungsvolles Netzwerk von Gleichgesinnten entwickeln.

Peter Penicka



4

Besonderes Augenmerk legt die Eawag auf das Entwicklungspotenzial ihrer Mitarbeitenden. Das Eawag-Symposium bietet eine Plattform, wo junge Forschende ihre Arbeit präsentieren und diskutieren können.



Aldo Todaro

5

In der umgebauten Versuchshalle «Aquatikum» finden Experimente aus der Trinkwasserforschung und zu aquatischen Lebensräumen statt.

Stefan Kubli



6

Doktorierende der vier Forschungsanstalten profitieren von den Ausbildungsangeboten der gemeinsamen Bibliothek.

4 Mitarbeitendenbefragung trägt

Früchte. Die Inputs aus der Mitarbeitendenbefragung von 2013 waren die Basis für verschiedene Massnahmen im Personalmanagement. So wurden Führungspersonen dazu aufgefordert, ein besonderes Augenmerk auf das Entwicklungspotenzial, aber auch auf eine mögliche Arbeitsüberlastung ihrer Mitarbeitenden zu legen. Darüber hinaus sind sie angehalten, die Arbeitsabläufe in ihren Teams zu überprüfen und zu verbessern. Das Angebot der Führungsschulungen fokussierte sich 2014 auf diese Themengebiete.

Infrastruktur

5 Alte Versuchshalle umgebaut.

Auf dem Gelände der Eawag in Dübendorf entsteht seit 2014 das «Aquatikum», ein Um- und Anbau der seit 1968 bestehenden Versuchshalle. Er bietet Forschenden mehr Raum, um aufwendige ökologische Projekte umzusetzen. Die unterschiedlich genutzten Räume dienen dazu, Ökosysteme im Modell und unter verschiedenen Umweltbedingungen zu erforschen. Ebenso werden Forschende aus den Bereichen Aquatische Ökologie, Umwelttoxikologie und Trinkwasserforschung in den neuen Forschungsräumen Experimente durchführen. Auf dem angrenzenden Areal plant die Eawag zudem eine Anlage mit Versuchsteichen, die sie 2015 realisieren will.

«Nest» – Forschungsplattform von Empa, ETH und Eawag. Im August 2014 haben die Empa, die ETHs Zürich und Lausanne sowie die Eawag den Grundstein für das modulare Experimentalgebäude «Nest» gelegt. Seit Herbst entsteht ein sogenannter Backbone. Er enthält die Zuleitungen für Strom, Wasser und Klima des Gebäudes. Dieses ist so konzipiert, dass man die einzelnen Raumeinheiten austauschen kann. Externe Firmen und Forschende aus verschiedenen Forschungsrichtungen der Material-, Energie- und Bautechnik haben so die Möglichkeit, in einem realen Gebäude neue Baumaterialien und Gebäudeinfrastrukturen zu

testen. Die Eawag beteiligt sich mit einem neuen Konzept für die Abwasserinfrastruktur am Projekt.

Umweltmanagement

Vorbild beim Energieverbrauch. Grosse Forschungseinrichtungen müssen regelmässig an neue Anforderungen angepasst werden. Diese Erneuerungsphasen nutzt die Eawag, um nachhaltige Energiekonzepte in ihrem Betrieb einzuführen. So hat sie bei der Sanierung der Forschungsgebäude am Standort Kastanienbaum in den letzten Jahren Massnahmen ergriffen, um den Verbrauch an nicht erneuerbarer Energie zu senken. Etappenweise wurde die Gebäudehülle saniert und die Haustechnik erneuert. Kernstück der Haustechnik ist eine neue Lüftungszentrale mit Wärmerückgewinnung und Kühlung mit Seewasser. Durch die Sanierung konnte der Heizölverbrauch im Jahr 2014 auf ein Minimum gesenkt werden. Die Eawag nimmt damit ihre Vorbildfunktion als Bundesinstitution wahr und stellt sich den Herausforderungen der Energiestrategie 2050 für den Betrieb des ETH-Bereichs.

Kollaboration im ETH-Bereich

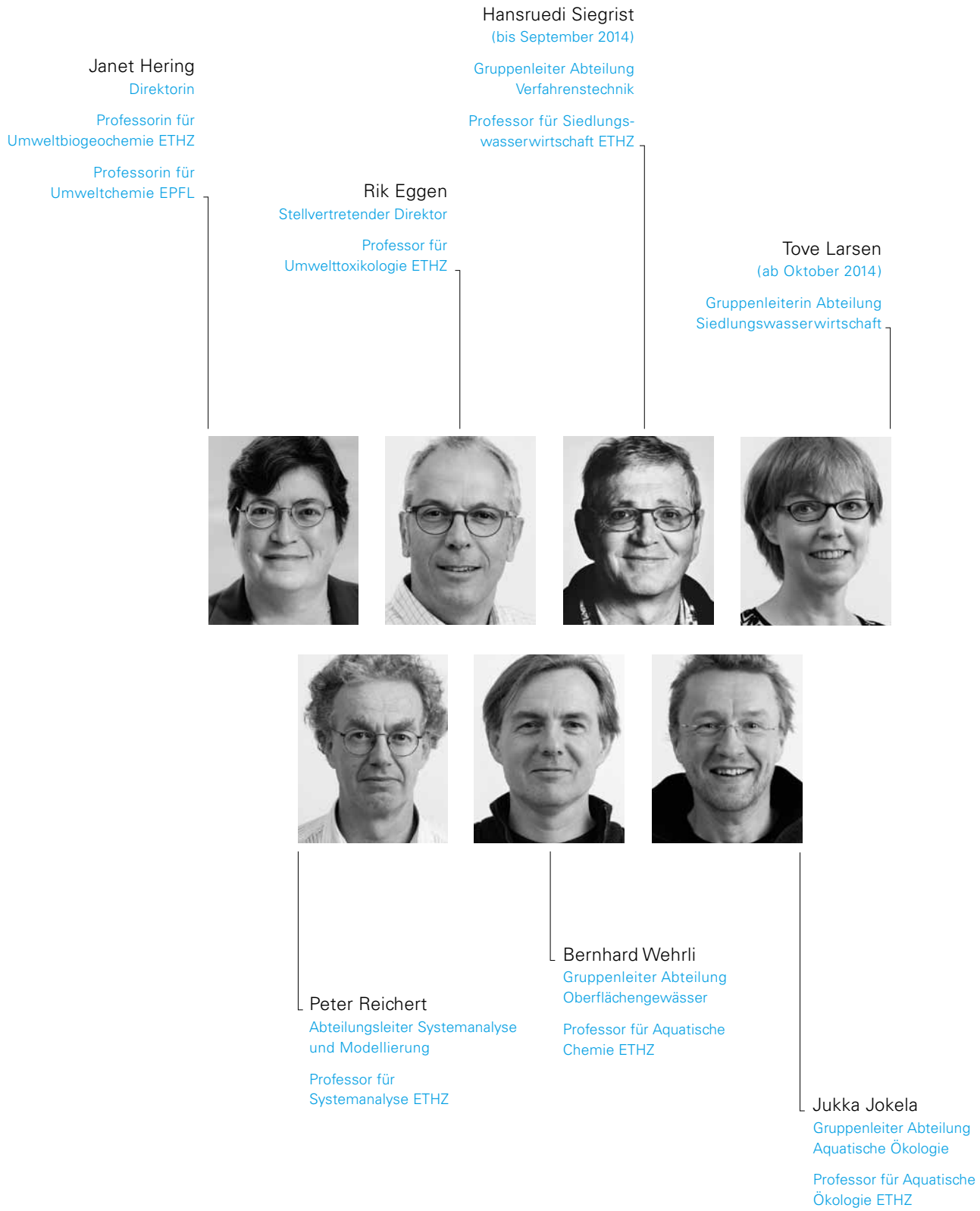
6 Kurse für Doktorierende der vier Forschungsanstalten.

Neben der engen Zusammenarbeit in der Forschung nutzen die Forschungsanstalten auch Synergien in anderen Bereichen. Die gemeinsame Bibliothek Lib4RI hat ihr Ausbildungsangebot für Doktorierende der vier Forschungsanstalten Eawag, Empa, PSI und WSL im Jahr 2014 weiter ausgebaut. So können die jungen Forschenden in verschiedenen Kursen lernen, wie man wissenschaftliche Literatur recherchiert. Sie erhalten zudem Informationen rund um den Publikationsprozess und zum Literaturmanagement. Das Interesse an diesem Angebot ist gross und hat 2014 zu einer Verdoppelung der bisherigen Kursstunden geführt.

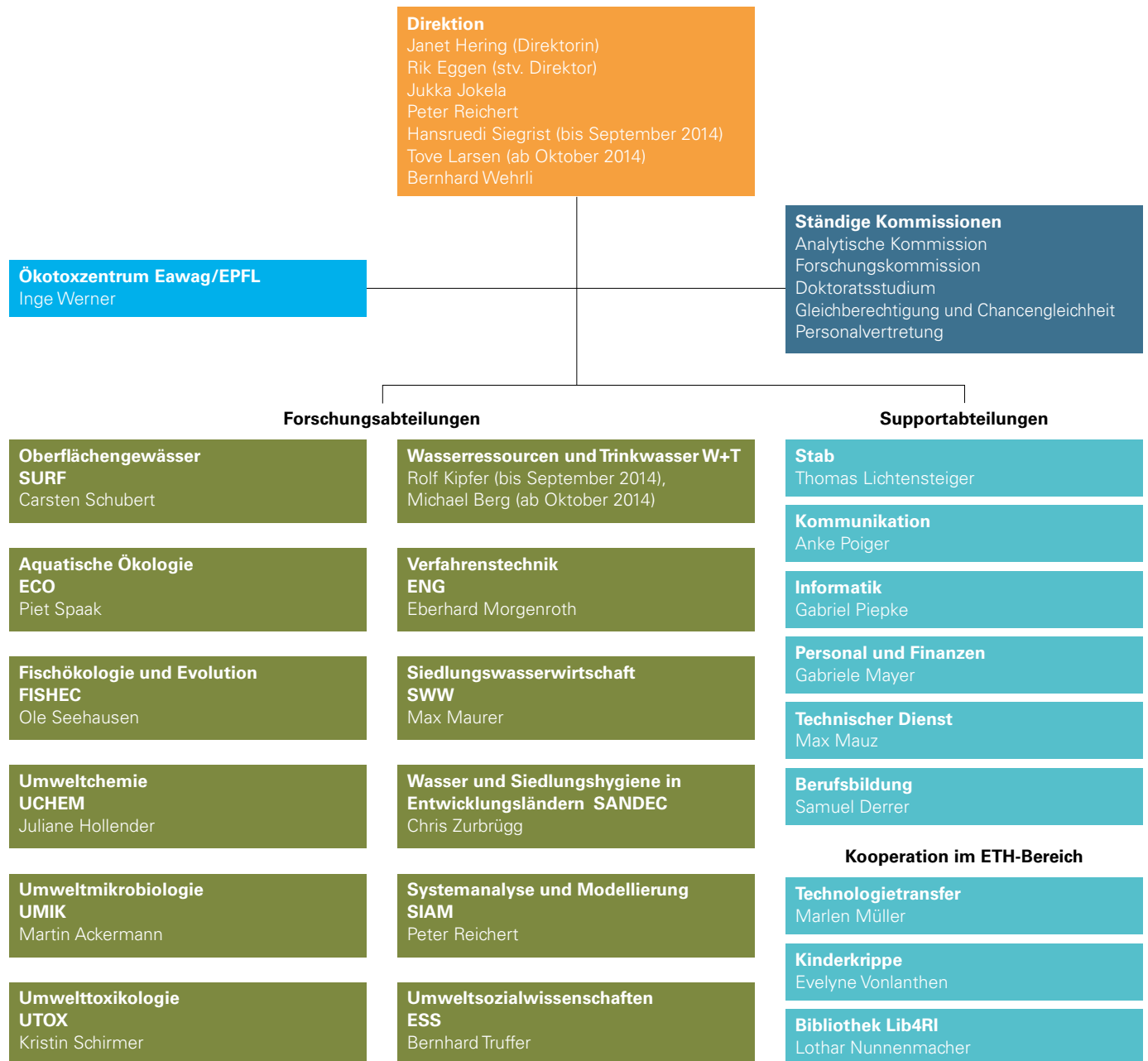
Nutzung von Forschungseinrichtungen

der Hochschulen. Zunehmend sind in der Umweltforschung Fragestellungen aus der Bioinformatik zu lösen. Das Genetic Diversity Center (GDC) am Institut für integrative Biologie an der ETH Zürich ist auf solche Untersuchungen spezialisiert. Die Eawag pflegt deshalb eine intensive Zusammenarbeit mit dem GDC, welche die Forschenden 2014 intensiv nutzten. Die Kollaboration ermöglicht es der Eawag, auch im Wassersektor diese Art von Forschung effizient umzusetzen. Sie intensiviert überdies den Austausch mit den Forschenden des Departements Umweltsystemwissenschaften der ETH Zürich.

Direktion



Organisation



Beratende Kommission

Ursula Brunner (Präsidentin), Ettler Suter Rechtsanwälte, Zürich

Claus Conzelmann, Leiter Safety, Health and Environmental Sustainability, Nestlé Suisse SA, Vevey

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

Gabi Hildesheimer, FehrAdvice & Partner AG, Zürich

Peter Hunziker, Geschäftsführer Hunziker Betatech, Winterthur

Martin Sager, Direktor Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches, Zürich

Michael Matthes, Bereichsleiter Umwelt, Sicherheit und Technologie, Wirtschaftsverband Science Industries, Zürich

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

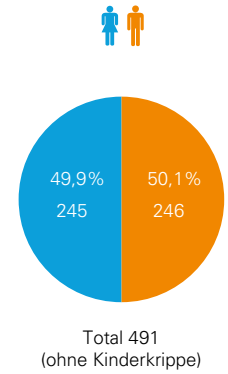
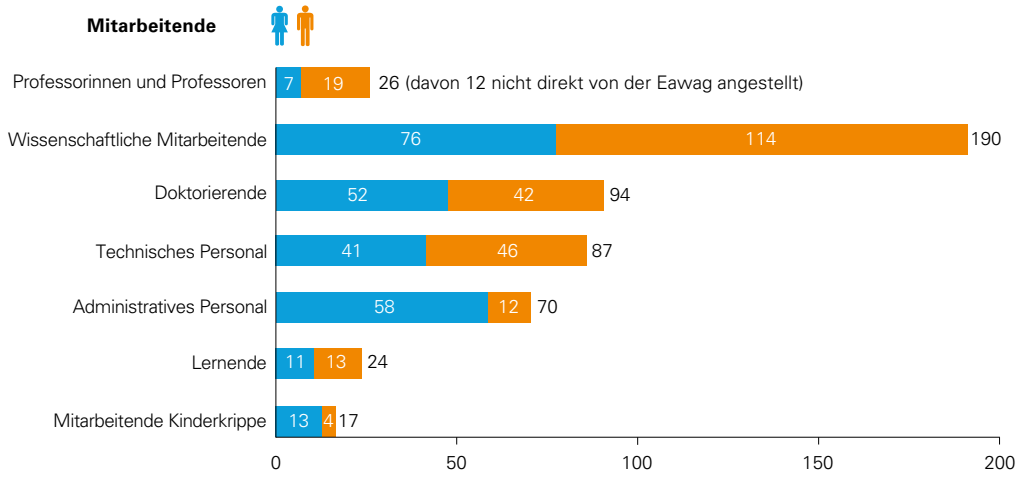
Reto Schneider, Leiter Emerging Risk Management, Swiss Re, Zürich

Felix von Sury, Berater Von Sury Consulting, Solothurn

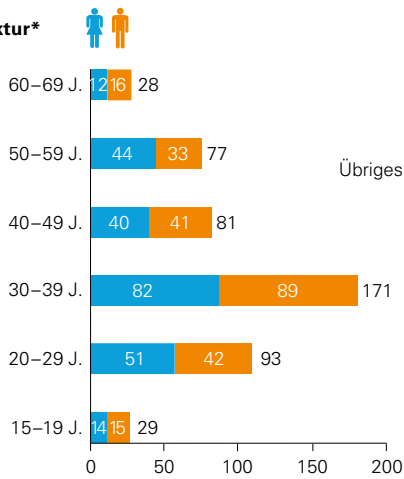
Thomas Weibel, Nationalrat Grünliberale Kanton Zürich

Personal

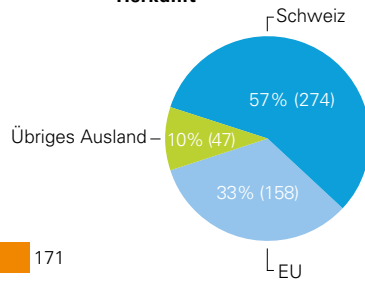
Mitarbeitende



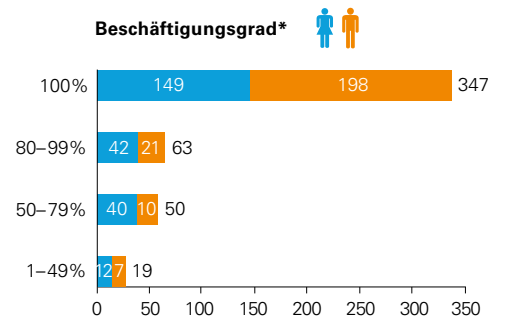
Altersstruktur*



Herkunft*



Beschäftigungsgrad*

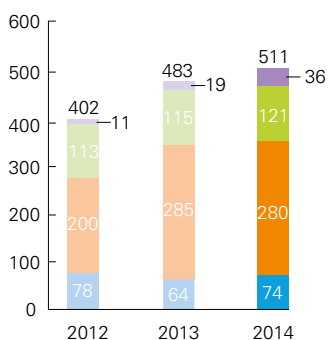


*Ohne Kinderkrippe und ohne 12 nicht direkt von der Eawag angestellte Mitarbeitende

Forschung

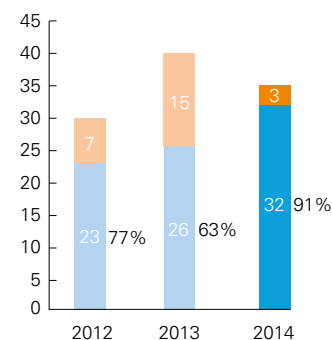
Publikationen

■ Impaktfaktor > 8 ■ Impaktfaktor < 4
■ Impaktfaktor 4-8 ■ Nicht referenziert



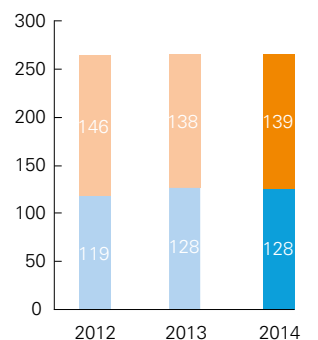
Forschungsanträge Schweizerischer Nationalfonds

👍 Bewilligt 👎 Nicht bewilligt



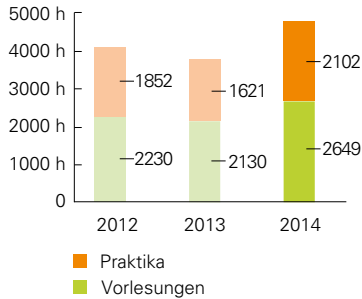
Mitarbeit in Kommissionen

■ Nationale Kommissionen ■ Internationale Kommissionen

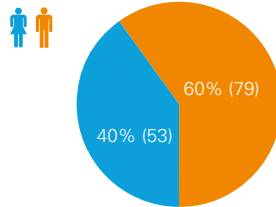


Lehre

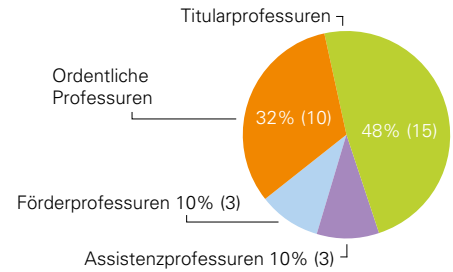
Lehraufwand



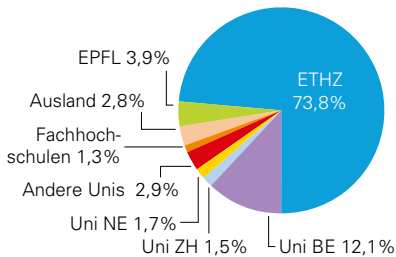
Anzahl Dozierende



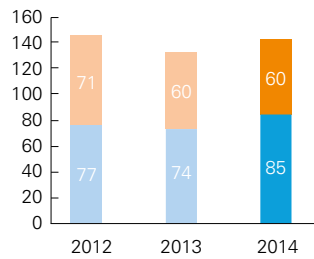
Professuren



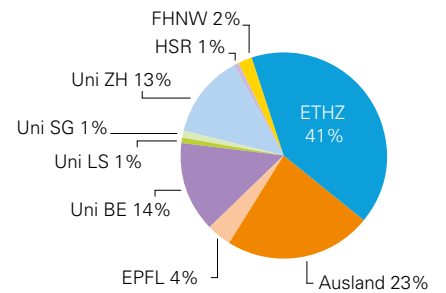
Lehre an verschiedenen Hochschulen



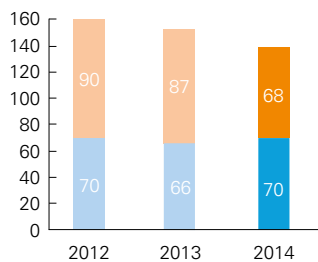
Betreute Bachelor- und Masterarbeiten



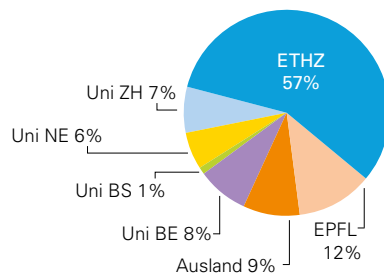
Herkunft Studierende



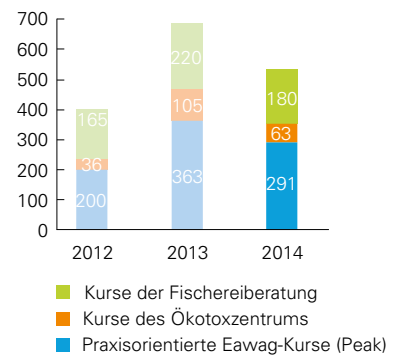
Betreute Dissertationen



Herkunft Doktorierende



Praktische Aus- und Weiterbildung (Teilnehmende)



Auszeichnungen

Preis

- Global Project Innovation Award der International Water Association
- IAMOT Research Publication Award der International Association for Management of Technology
- RIFCON Best Publication Award der Society of Environmental Toxicology and Chemistry Europe
- Social Impact Award des Journals of Service Management
- Engineering Award der School of Engineering der Universität KwaZulu-Natal
- Otto-Jaag-Gewässerschutz-Preis der ETH Zürich
- Huber Technology Prize der Huber-Technology-Stiftung
- ETH-Medaille für Dissertation der ETH Zürich
- ETH-Medaille für Dissertation der ETH Zürich
- ETH-Medaille für Masterarbeit der ETH Zürich
- ETH-Medaille für Masterarbeit der ETH Zürich

Preisträger

- Blue Diversion Toilet
- Bernhard Truffer, Umweltsozialwissenschaften
- Stephan Fischer, Umwelttoxikologie
- Heiko Gebauer, Umweltsozialwissenschaften
- Eawag
- Lisa Scholten, Systemanalyse
- Alexandra Fumasoli, Verfahrenstechnik
- Pascal Wunderlin, Verfahrenstechnik
- Tobias Sommer, Oberflächengewässer
- Michael Besmer, Umweltmikrobiologie
- Heidi Käch, Aquatische Ökologie

Finanzen

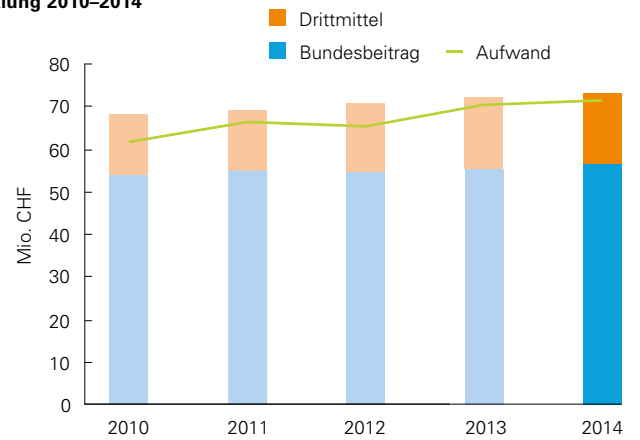
Erfolgsrechnung 2014

Personal	47 316 048
Material	2 596 998
Betrieb und Infrastruktur	17 052 686
Abschreibungen	2 386 224
Rückstellungen	2 102 976
Aufwand	71 454 932
Bundesbeitrag	56 851 494
Drittmittel	16 443 753
Diverse Erlöse	825 684
Ertrag	74 120 931
Ergebnis	2 665 999

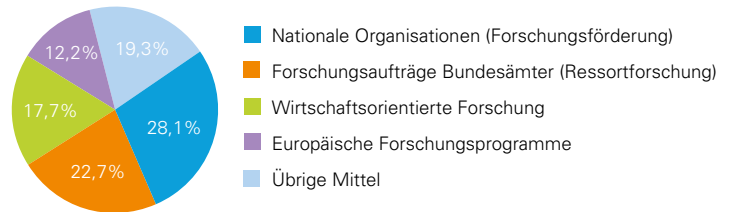
Investitionen	8 883 961
Immobilien	6 936 005
Mobilien	1 919 189
Informatik	28 767

alle Angaben in CHF

Entwicklung 2010–2014

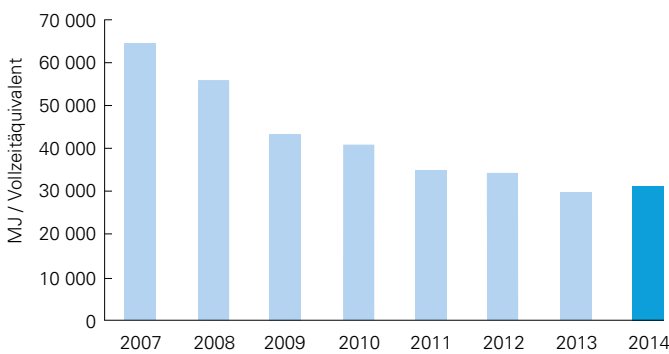


Drittmittel 2014

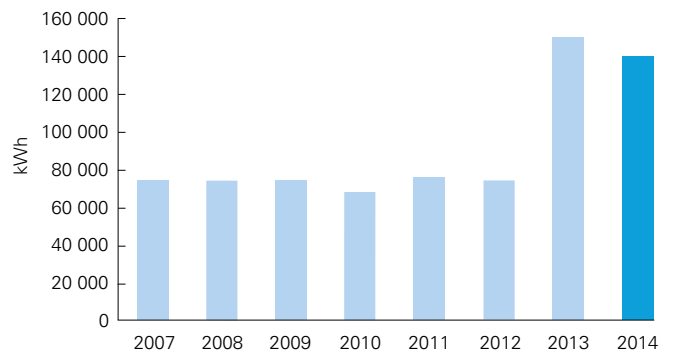


Umwelt

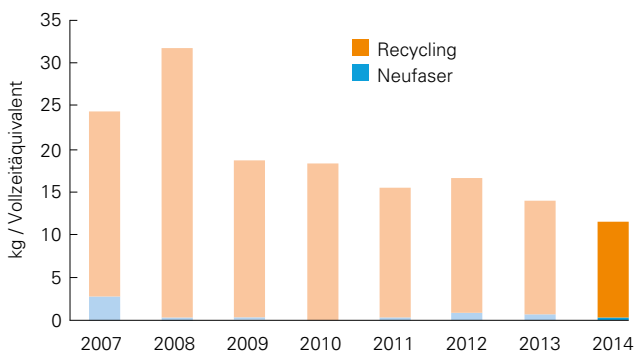
Energieverbrauch pro Kopf



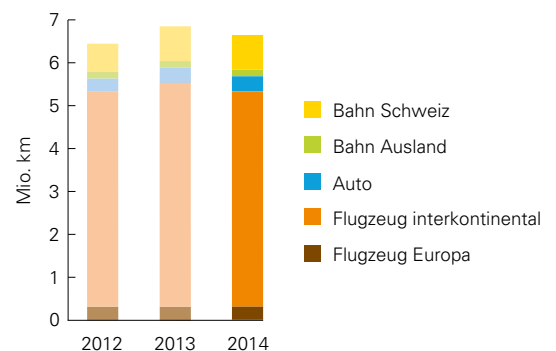
Stromproduktion aus Fotovoltaik



Papierverbrauch pro Kopf



Dienstreisen



Der Jahresbericht 2014 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 und Französisch erhältlich.

Impressum

Redaktion: Andres Jordi / Mitarbeit: Irene Bättig (Sprachwerk), Anke Poiger
Grafik: Peter Penicka

Übersetzung: Jeff Acheson, Laurence Frauenlob

© Eawag, Mai 2015

Abdruck mit Quellenangabe erwünscht:

«Eawag – Aquatic Research; Jahresbericht 2014».

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

Inhalt

Editorial	1
Höhepunkte 2014	2
Forschen	
Spitzenforschung im Dienst der Praxis und der Politik	4
Lehren	
Begehrte Fachkräfte und profilierte Jungforschende	10
Beraten	
Dialog und enge Zusammenarbeit mit den Akteuren	14
Institution	
Attraktive Arbeitsbedingungen für herausragende Leistungen	18
Direktion und Organisation	24
Die Eawag in Zahlen	26