

Jahresbericht 2019





Inhalt

Editorial	04
Eawag in Zahlen	06
Highlights 2019	08
Forschen	10
Lehren	22
Beraten	30
Institution	40

Coverbild Die Ökologinnen Ewa Merz und Thea Kozakiewicz bei der Feldarbeit auf dem Greifensee (ZH). Unter Wasser sieht man das Aquascope, eine Unterwasserkamera, die die winzigen Lebewesen im Greifensee in Echtzeit erfasst. Mehr dazu auf Seite 20.



Eawag

Im Fokus der Forschungstätigkeit der Eawag steht die Frage, wie die Wasser- und Gewässernutzung durch den Menschen mit dem Erhalt von widerstandsfähigen aquatischen Ökosystemen in Balance gebracht werden kann. 32 Professorinnen und Professoren und über 200 wissenschaftliche Mitarbeitende treffen an der Eawag auf ein einzigartiges Forschungsumfeld, um Fragen nachzugehen, die neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Lösungen für grundlegende gesellschaftliche Herausforderungen liefern. Die Interdisziplinarität und der Wissenstransfer zu Behörden und Interessengruppen aus Wirtschaft und Gesellschaft spielen dabei eine wichtige Rolle. Mehr als 4500 Lehrstunden an Schweizer Hochschulen und die Betreuung von knapp 160 Bachelor- und Masterarbeiten und 135 Doktorierenden pro Jahr tragen zur Ausbildung junger Fachkräfte für den Schweizer Wassersektor bei.

Wasserforschung für Nachhaltigkeit und die Ziele einer nach- haltigen Entwicklung



Im Jahr 2019 schlossen sich viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler den Protestbewegungen der Jugend an, um gegen die Untätigkeit der Regierungen in der Klimapolitik zu demonstrieren. Denn die Welt ist nicht auf Kurs, um die Sustainable Development Goals (SDGs) bis 2030 zu erreichen - was auch zahlreiche Forschungsberichte zeigen. Besonders bei den umweltpolitischen Nachhaltigkeitszielen mangelt es an Fortschritt, auch bei SDG 13 «Klimaschutz und Anpassung».

Wie engagiert sich die Eawag für eine nachhaltige Zukunft und die SDGs?

Die Arbeit der Eawag ist wichtig für das SDG 6 «Sauberes Wasser und sanitäre Einrichtungen». Unsere Abteilung für Siedlungshygiene, Wasser und Abfall für die Entwicklung (Sandec) hat massgeblich dazu beigetragen, die Millenniums-Entwicklungsziele zu erreichen und arbeitet weiterhin auf die Erreichung des SDG 6 hin. So publizierte Sandec im Jahr 2019 das neue Kompendium «Trinkwassersysteme und -technologien von der Quelle bis zum Konsumenten» (S. 39) und erweiterte das Angebot der «Massive Open Online Courses» (S. 29). Die Eawag entwickelt auch neue Methoden und Technologien, um die Wasserqualität einschliesslich der Vorkommen von Pestiziden und anderen Mikroverunreinigungen in den Gewässern der Schweiz (S. 12) zu beurteilen.

Wasser ist nicht nur der Schwerpunkt des SDG 6, sondern auch der blaue Faden, der alle SDGs verbindet. Die systematische Erfassung von Amphipoden (S. 8) und die Entwicklung neuer Technologien zur Quantifizierung von Algenarten (S. 20) helfen uns, die Biodiversität im Süsswasser zu verstehen und zu schützen (SDG 15 «Leben an Land»). Der Aufbau einer Kreislaufwirtschaft durch die Rückgewinnung der Nährstoffe Stickstoff und Phosphor aus Urin (S. 37), wird die Nachfrage nach natürlichen Ressourcen verringern (SDG 12 «Nachhaltiger Konsum und Produktion») und SDG 11 «Nachhaltige Städte und Gemeinden»).

Die SDGs weisen den Weg in eine nachhaltige Zukunft, doch einfach wird die Reise nicht. So veranschaulicht die Bekämpfung des Legionellen-Erregers in Sanitäreanlagen (S. 32), zum Beispiel einen Zielkonflikt innerhalb der SDGs. Energie sparen (SDG 13 «Klimamassnahmen») birgt Risiken für die menschliche Gesundheit und gefährdet SDG 3 «Gesundheit und Wohlergehen». Um solche Zielkonflikte zu lösen, sind das Verstehen und Erforschen von politischen und sozialen Systemen gefragt (S. 34).

Damit die Schweiz und die Welt eine nachhaltige Zukunft erreichen, forschen die Ingenieure, Natur- und Sozialwissenschaftler der Eawag weiterhin gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen inner- sowie ausserhalb des ETH-Bereichs.

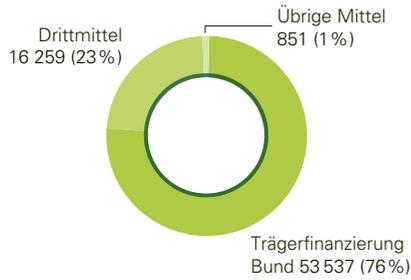

 Janet Hering
 Direktorin Eawag

Die Eawag in Zahlen

Finanzen

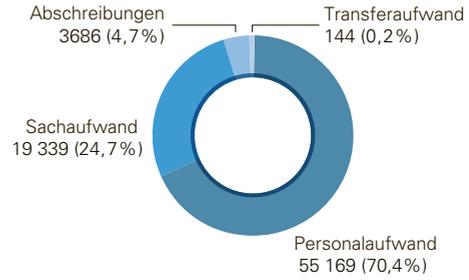
Operativer Ertrag (in Tausend CHF)

70 647 



Operativer Aufwand (in Tausend CHF)

78 338 

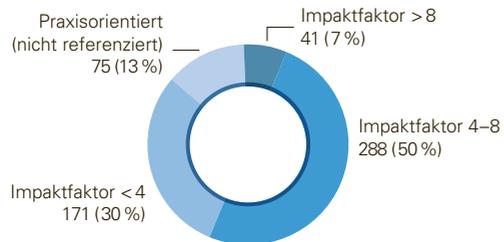


Da die Zahlen gerundet sind, weichen die Summen der Einzelbeträge vom jeweiligen Total ab (siehe separate Jahresrechnung 2019).

Forschung

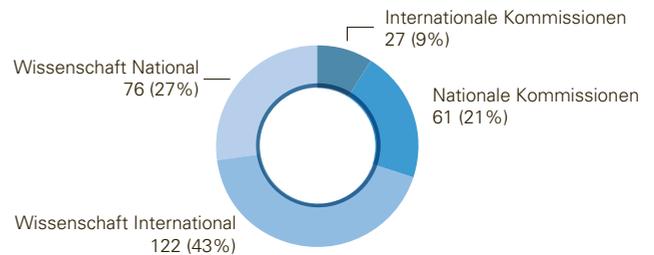
Publikationen

575 



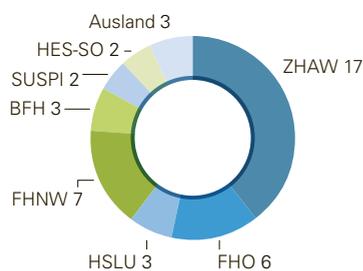
Mitarbeit in Kommissionen

286 



Gemeinsame Projekte mit Fachhochschulen

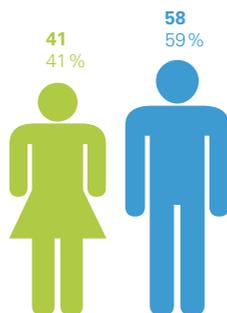
43 



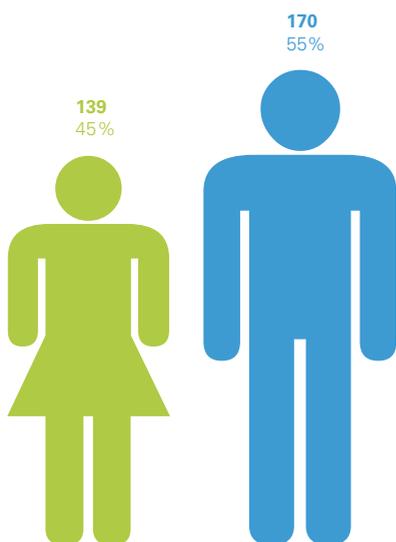
Personal

Mitarbeitende nach Funktion

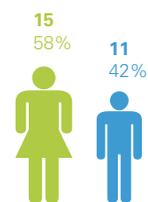
507  49,7%  50,3% 



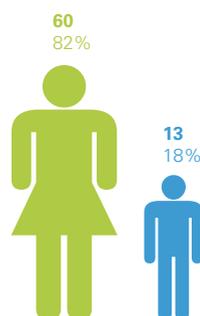
Technik 99



Wissenschaft 309



Lernende 26

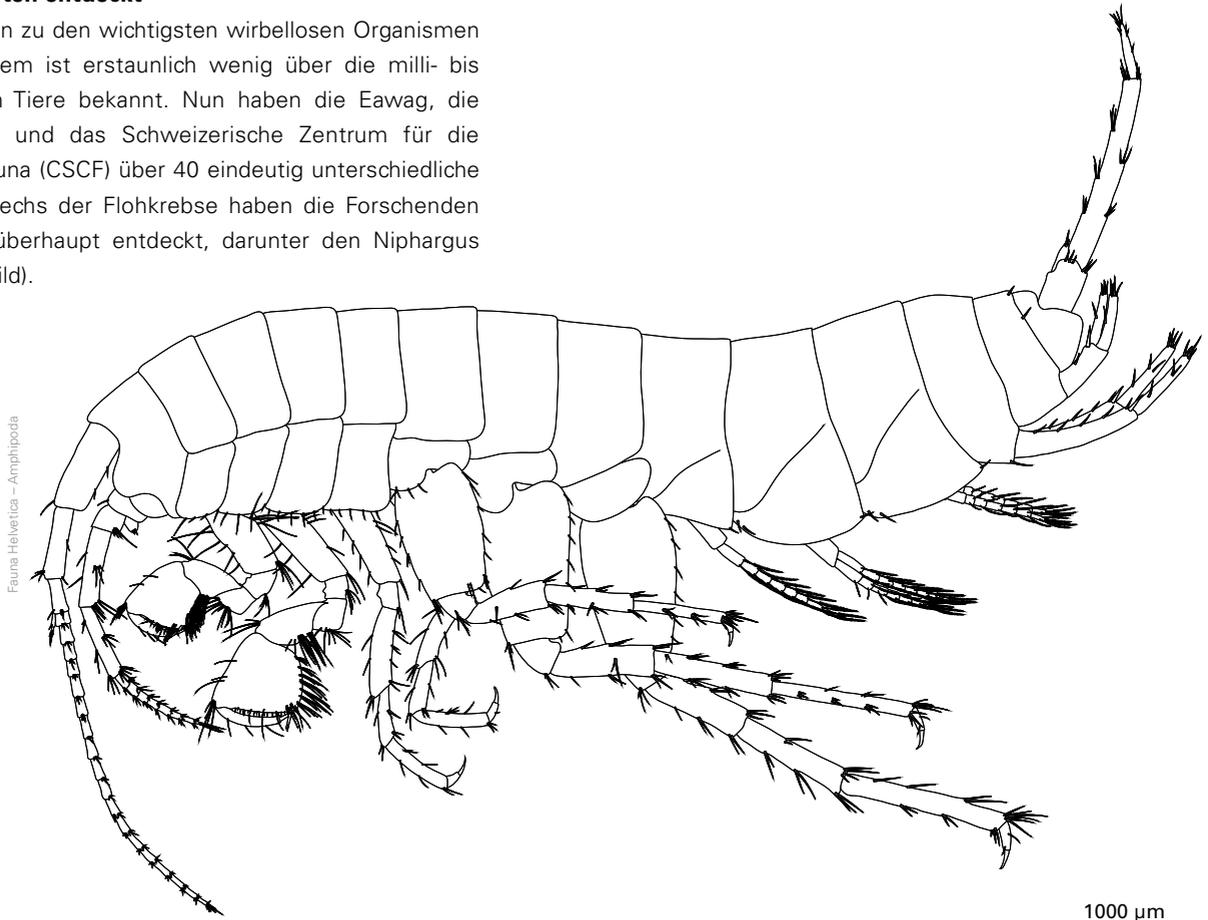


Administration 73

Highlights 2019

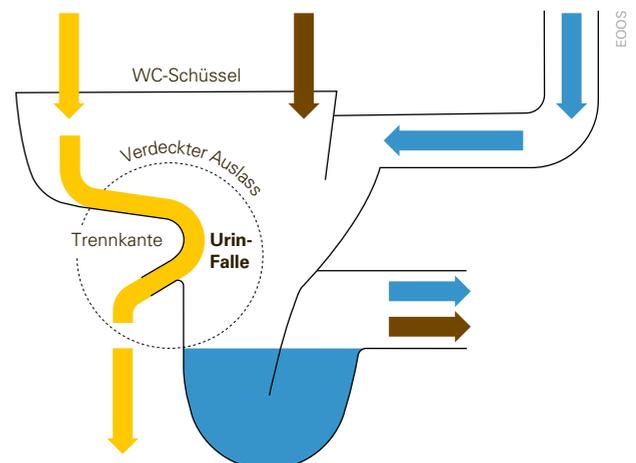
Neue Flohkrebsearten entdeckt

Flohkrebse gehören zu den wichtigsten wirbellosen Organismen im Wasser. Trotzdem ist erstaunlich wenig über die milli- bis zentimetergrossen Tiere bekannt. Nun haben die Eawag, die Universität Zürich und das Schweizerische Zentrum für die Kartografie der Fauna (CSCF) über 40 eindeutig unterschiedliche Arten erforscht. Sechs der Flohkrebse haben die Forschenden zum ersten Mal überhaupt entdeckt, darunter den *Niphargus luchoffmanni* (im Bild).



Neue NoMix-Toilette lanciert

Urin enthält wertvolle Nährstoffe. Es gibt deshalb Sinnvolleres, als diese via Toilettenspülung in die Kanalisation zu schicken. Daran, Urin bereits an der Quelle vom Spülwasser zu trennen, haben Ingenieurinnen und Ingenieure der Eawag lange gearbeitet. Mit der Trenntoilette namens «save!» erzielten sie nun mit den Industriepartnern EOOS und Laufen einen Durchbruch: Der Urin wird mithilfe des sogenannten Teekanneneffekts zu einem verdeckten, separaten Auslass geleitet (Urine trap).



Plattform «LéXPLORE» im Genfersee verankert

Seit Februar 2019 treibt die hundert Quadratmeter grosse Forschungsplattform namens «LéXPLORE» auf dem Genfersee. Mit an Bord: unzählige Sonden und Sensoren, mit deren Hilfe Forschende der Eawag, EPFL und den Universitäten Lausanne und Genf ökologische Vorgänge im Genfersee zu verstehen versuchen.



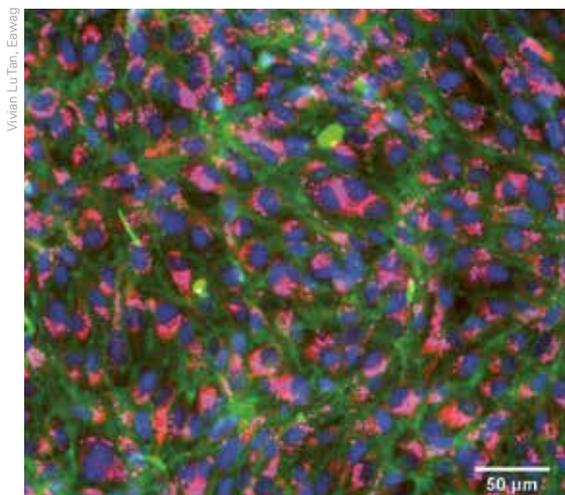
Natacha Pasche

Fischzellentest erhält internationales Gütesiegel

Die Eawag erforscht seit langem Alternativen, um Fischversuche zu reduzieren oder sogar zu ersetzen. Nun wurde erstmals ein Toxizitätstest mit gezüchteten Kiemenzellen für Fische ISO-zertifiziert. Mit dem Test lässt sich die akute Giftigkeit von Wasserproben und Chemikalien auf Fische bestimmen. Erfahren Sie mehr dazu auf Seite 35.

Das Unterwassermikroskop «Aquascope» am WEF

Unter dem Motto «Innovationen aus der Schweiz für die Schweiz» traf die Eawag, als Teil des ETH-Bereichs, Gäste aus der Schweizer Politik und Wirtschaft zum Austausch am WEF in Davos. Francesco Pomati (links im Bild) präsentierte das Aquascope, ein Unterwassermikroskop, das hochaufgelöste Bilder von Seeplankton automatisiert weiterverarbeitet. Erfahren Sie mehr zum Aquascope auf Seite 20.



Vivian Lu, Tan, Eawag



Simone Krahl, Eawag



Forschen

Praxisrelevante Themen und gesellschaftliche Herausforderungen spielen bei der Forschung der Eawag eine zentrale Rolle. Im Fokus stehen das Wohlergehen des Menschen, funktionsfähige Ökosysteme und Strategien bei Konflikten rund ums Wasser. Dabei verfolgen die Forscherinnen und Forscher einen systematischen Ansatz und wollen Prozesse und Zusammenhänge ganzheitlich verstehen. Dazu tragen auch die disziplinübergreifende Mitarbeit in nationalen und internationalen Forschungsnetzwerken und der Austausch mit Fachleuten aus der Praxis und Verwaltung bei.

Im Bild Umweltingenieur Christoph Ort (vorne) und Umweltchemiker Heinz Singer verlagern ihr Labor ins Feld: Der Schlauch wird Wasser aus dem Bach direkt in den Anhänger im Hintergrund leiten, wo ein hochsensibles Massenspektrometer verschiedene Substanzen fast in Echtzeit detektiert.

Mobiles Massenspektrometer misst Wasserqualität in Echtzeit

Verschmutzungen in Gewässern lassen sich dank eines neuen Messgeräts automatisch und über Wochen hinweg messen – direkt im Feld statt im Labor. Das dazu nötige Massenspektrometer steht in einem Anhänger. Und Resultate können auf dem Mobiltelefon in Echtzeit verfolgt werden.



Christoph Ort (links) und Heinz Singer im MS²field-Anhänger.

Regen lässt Pflanzen wachsen, aber er wäscht auch Pflanzenschutzmittel von den Feldern in Flüsse und Bäche. Mithilfe von regelmässigen Wasserproben lassen sich die Konzentrationen dieser Substanzen in Gewässern überwachen. Bisher jedoch bestimmte man nur Mittelwerte oder entnahm Stichproben. Spitzenkonzentrationen, wie sie bei Regenfällen vorkommen, werden so nicht oder nur selten erfasst.

Um dieses Problem zu lösen, haben Christoph Ort von der Abteilung Siedlungswasserwirtschaft und Heinz Singer von der Abteilung Umweltchemie 2017 ein Projekt gestartet: Sie bestückten einen Autoanhänger mit einem hochempfindlichen Messgerät – einem Massenspektrometer (MS). Damit wollen sie Substanzen automatisch, beinahe kontinuierlich und direkt im Gewässer oder der Kanalisation messen – statt nach der Probennah-

me im Labor. Daher rührt auch der Name des Projekts «MS²field», also etwa «Massenspektrometer ins Feld».

Dank dem MS²field müssen die Wasserproben nicht mehr alle einzeln abgefüllt ins Labor gebracht und dort gelagert werden. Stattdessen wird das zu untersuchende Wasser ständig mithilfe eines Schlauchs durch den Anhänger gepumpt. Dort werden alle paar Minuten wenige Milliliter Wasser automatisch aufbereitet und für die Analyse an das Massenspektrometer weitergeleitet. Letzteres identifiziert ein breites Spektrum von Schadstoffen in der Wasserprobe. «So können wir hoch-dynamische Prozesse live verfolgen, sogar auf dem Mobiltelefon», schwärmt der Umweltingenieur Christoph Ort.

Bei einem ersten Testlauf im Februar 2019 untersuchte das Team um Ort und Singer Abwasser der Kläranlage Fehrltorf im Kanton Zürich. Dabei analysierten sie während vier Wochen über zweitausend Proben des

Rohabwassers und deckten Schwankungen und Tagesverläufe auf, die man so bisher nicht kannte. «Mit konventioneller Probenahme und -aufbereitung hätte das mehrere Monate gedauert», sagt Ort.

Bei diesen Messungen entdeckten die Forschenden etwa Stoffe, die unter der Woche tagsüber vorkommen, aber am Wochenende nicht auftauchen. Das weist auf industrielle Abwassereinleitungen hin. Die zeitlichen Muster, die MS²field generiert, können auch helfen, um andere Quellen von Verschmutzungen zu identifizieren. Oder aber um Spitzenkonzentrationen von Verunreinigungen in Abwässern nicht zu verpassen. «Man könnte das System in Zukunft auch nutzen, wenn eine Klär-



Das MS²field im Einsatz in Saint-Ursanne (JU).

anlage bei Regenwetter nicht das gesamte Abwasser behandeln kann», sagt Ort. Dann könne man stark belastetes Abwasser zurückhalten, anstatt es ungewollt in ein Gewässer zu entlasten.

«Das Gerät ist für den Betrieb unter optimalen Laborbedingungen ausgelegt», sagt der Umweltanalytiker Heinz Singer. Doch im Anhänger schwanken etwa Temperatur oder Feuchtigkeit viel stärker als im Labor. Auch die Stromversorgung und die Bereitstellung von Stickstoff müssen kontinuierlich gewährleistet werden. Dass das mobile System schon ein halbes Jahr nach Projektstart zuverlässig funktionierte, freut die Forscher. Das sei nicht selbstverständlich und vor allem dem interdisziplinären Team an der Eawag zu verdanken, sind Ort und Singer unisono überzeugt.

In Zukunft soll die Erfahrung der beiden dabei helfen, Massenspektrometer sogar noch kompakter zu machen. «Wir haben viel gelernt, welche Komponenten noch platzsparender verbaut und energieeffizienter betrieben werden können. Die nächste Version unseres Systems könnte weniger als halb so gross sein», schätzt Singer. Und ist sich sicher: In einigen Jahren kann man mit tragbaren Massenspektrometern für Umweltsanierungen rechnen. «Dafür haben wir in diesem Projekt einen wichtigen Schritt gemacht – vom Labor ins Feld.»

Edelmetall zeigt die Wege von Nanoplastik

Winzige Plastikpartikel in der Grössenordnung von 100 Nanometern (Millionstel Millimeter) werden in vielen Produkten angewendet, etwa als Zusätze in Shampoos und Kosmetika. Viele von ihnen landen noch während der Nutzung des Produkts direkt im Abwasser. Zusammen mit weiterem Plastik gelangen sie auf die Kläranlagen. Doch bisher gelang es nicht, sie dort zu messen. Denn anders als grössere Partikel (Mikroplastik), können sie nicht herausgesiebt und gewogen oder gezählt werden. Also war – abgesehen von Modellrechnungen – auch nicht klar, wieviel Nanoplastik in Kläranlagen zurückgehalten wird.

Jetzt hat eine Gruppe von Forschenden der Eawag und ETH Zürich eine Methode entwickelt, wie die Wege von Nanoplastik verfolgt werden können: Sie haben dazu Plastikteilchen hergestellt, in deren Kern sie das Edelmetall Palladium eingebaut haben. In einer in «Nature Nanotechnology» publizierten Arbeit zeigen die Forschenden auf, wie sie damit das Verhalten von Nanoplastik im Belebtschlammverfahren einer Kläranlage im Labormassstab untersucht ha-

ben. Laut Projektleiterin Denise Mitrano werden die Nanoplastikpartikel sehr rasch an die Klärschlammflocken gebunden, am Ende beträgt die Elimination über 98 Prozent. «Solange der Klärschlamm nicht auf die Felder gebracht, sondern wie in der Schweiz verbrannt wird, gelangt also über die ARA nur sehr wenig Nanoplastik in die Umwelt», sagt Mitrano. Das ist ein positiver Befund. Doch Mitrano ergänzt: «Auch wenn nur ein kleiner Prozentsatz in den Gewässern landet, kann sich das flussabwärts zu höheren Konzentrationen aufsummieren.» Insbesondere, weil auch diffuse Quellen, wie Pneuabrieb von Strassen, zur Belastung beitragen. In einem aktuellen Projekt untersuchen Eawag-Forschende unter der Leitung von Ralf Kägi gemeinsam mit der Wasserversorgung Zürich (WVZ) den Rückhalt von kleinen Plastikpartikeln in verschiedenen Stufen der Trinkwasseraufbereitung. «Wir wollen wissen, ob kleinste Plastikpartikel die Trinkwasseraufbereitung überhaupt passieren können», sagt Kägi. Derzeit laufen Experimente im Labor, danach sind Experimente auf den Pilotanlagen der WVZ geplant.

Neue Nachweismethoden für Pflanzenschutzmittel etabliert

Pestizide, Insektizide, Fungizide und anderen Substanzen beeinflussen das Leben in Schweizer Gewässern. Welche von ihnen besonders problematisch sind, zeigte die Eawag dieses Jahr in verschiedenen Studien – auch dank der Entwicklung eines neuen Analyseverfahrens.



Alessandro Della Bella

Selektive und nachweisstarke Analyse der Pyrethroidinsektizide mittels Tandem-Massenspektrometrie gekoppelt an die Gaschromatographie. Im Bild der wissenschaftliche Mitarbeiter Michael Patrick.

Fließgewässer in der Schweiz sind in landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten häufig stark mit Pflanzenschutzmitteln (PSM) belastet. Das zeigte die Eawag erstmals 2014 mit Spezialuntersuchungen im Rahmen der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (Nawa). 2019 präsentierte die Eawag mit Partnern weitere Resultate. Das Programm Nawa Spez beruht auf einem Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Durchgeführt wurde es von der Eawag und dem Oekotoxzentrum, unterstützt von fünf Kantonen und der Plattform Wasserqualität des VSA (Verband Schweizer Abwasser und Gewässerschutzfachleute).

Neue Messkampagne ab 2017

Vom März bis im Oktober 2017 untersuchte das Nawa Spez-Team Proben aus fünf kleineren Bächen mit unterschiedlichen landwirtschaftlichen Nutzungen in den Einzugsgebieten laufend auf PSM. Pro Standort fanden

die Forschenden zwischen 71 und 89 Wirkstoffe, insgesamt 145 Stoffe. Umweltqualitätskriterien, für jeden Stoff aus ökotoxikologischen Tests abgeleitet, wurden in allen fünf Bächen überschritten. Über dreieinhalb bis sechseinhalb Monate lang bestand ein Risiko für eine schleichende Schädigung der Organismen. Während 14 bis 74 Tagen war das Risiko so hoch, dass mit akuten Beeinträchtigungen der Lebensgemeinschaften gerechnet werden muss.

Der aktuell gültige Grenzwert für organische Pestizide der Gewässerschutzverordnung von 0.1 µg/l wurde von 66 Wirkstoffen ein- oder mehrmals überschritten, darunter von den zwei Herbiziden Glyphosat und Mecoprop. Hinzu kommt, dass einige Stoffe bereits in Konzentrationen unterhalb 0.1 µg/l schädlich sind.

Durchbruch in Analytik

Pyrethroide und Organophosphate sind Beispiele, die schon in niedrigsten Konzentrationen neurotoxisch wir-

kende Insektizide. Ihr Nachweis war bisher kaum möglich. Sie sind bei der Gewässerüberwachung bisher durch die Maschen gefallen. Probenahme und Analytik müssen extra auf diese Stoffe ausgerichtet sein. So werden die Substanzen zum Beispiel in ungekühlten Wasserproben bereits nach wenigen Tagen stark abgebaut. Ihr Nachweis war bisher kaum möglich.

Durchbruch in Analytik

Forschende der Abteilung Umweltchemie etablierten ein Verfahren, womit die neurotoxisch wirkenden Insektizide in minimalen Konzentrationen nachgewiesen werden können: Um möglichst wenig Verluste zu haben, müssen die Proben durchgängig bis in die Labore gekühlt werden. Dort werden sie so aufbereitet, dass nicht nur die gelösten, sondern auch die an Partikel gebundenen Insektizide erfasst werden. Für den Nachweis der einzelnen Wirkstoffe wird anschliessend die Gaschromatographie gekoppelt an die Massenspektrometrie eingesetzt. Mit der Entwicklung des neuen Verfahrens haben die Forschenden dann auch Messwerte publiziert. Diese zeigen, dass, die Pyrethroid- und Organophosphat-Insektizide mengenmässig zwar weniger als ein Prozent aller in der Schweiz als Pflanzenschutzmittel eingesetzter Pestizide ausmachen, sie aber toxischer sind, als alle anderen PSM zusammen. An fünf von sechs untersuchten Bächen wurden die Qualitätskriterien regelmässig überschritten. Es muss eine chronische, teilweise sogar akute Schädigung von Organismen befürchtet werden. Vor diesem Hintergrund hat der Bund im Fall von zwei Organophosphat-Insektiziden bereits gehandelt und die Bewilligungen von Produkten, die Chlorpyrifos und Chlorpyrifos-methyl enthalten, beendet.

Auch Sedimente kontaminiert

Abhängig von den physikalisch-chemischen Eigenschaften können sich PSM auch an Bachsedimente binden. Diese sind wichtig, weil sie als Lebensraum und Laichplatz für viele Wasserorganismen dienen und eine wesentliche Rolle im Nährstoffkreislauf spielen. Offensichtlich wirken sie aber auch als Senke für Schadstoffe. Über PSM-Konzentrationen im Sediment und toxische Effekte wusste man bisher allerdings wenig. Daher haben die Eawag und das Oekotoxzentrum parallel zur Nawa-Spez-Studie die Sedimente in den

untersuchten Fließgewässern bewertet. Die Resultate zeigen: Auch in Bachsedimenten können Pflanzenschutzmittel zu schädlichen Wirkungen auf Organismen führen. Betroffen sind vor allem Kleinkrebse.

Neuer Trinkwasser-Höchstwert für Chlorothalonil-Metaboliten

Nicht nur in Oberflächengewässern und Bachsedimenten, sondern auch im Schweizer Grundwasser finden sich Abbauprodukte von Pestiziden. Das hat ein aufwendiges Screening der Eawag und der ETH Zürich zutage gefördert.

Die auch Metaboliten genannten Abbauprodukte stammen vorwiegend von Pestiziden aus der Landwirtschaft. 13 Stoffe wurden dabei erstmals im Grundwasser festgestellt, 15 traten in Konzentrationen über 0.1 µg/l auf. Das ist der Anforderungswert für Pestizide aus der Gewässerschutzverordnung. Ins Visier der Forschenden geraten sind insbesondere Metaboliten von Chlorothalonil, einem Mittel, das gegen Pilzbefall im Getreide-, Gemüse-, Wein- und Zierpflanzenbau eingesetzt wird. Ein Chlorothalonil-Metabolit wurde in sämtlichen Proben gefunden. Seit dem 12.12.2019 gilt nun für alle Chlorothalonil-Metaboliten ein Trinkwasser-Höchstwert von 0.1 µg/l.



Andri Bryner, Eawag

Entnahme von Sedimentproben am Schaffhauser Hoobach.

Die Debatte um Pflanzenschutzmittel in Bächen, im Grundwasser und im Trinkwasser ist zurzeit politisch brisant. Zwei Volksinitiativen wollen Verbesserungen herbeiführen. Der Bundesrat hat einen Aktionsplan verabschiedet. Als unabhängige Forschungsstelle gibt die Eawag keine Abstimmungsempfehlungen ab. Ein nachhaltiger Umgang mit Wasser und Gewässern ist aber Teil ihres Mandats. Daher erhalten Expertinnen und Experten der Eawag regelmässig die Möglichkeit, wissenschaftliche Fakten ins Parlament einzubringen.

Versuchsteiche: zwischen Reagenzglas und See

Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung im Labor sind häufig nicht 1:1 auf natürliche Gewässer übertragbar. Gleichzeitig ist es nicht möglich, kontrollier- und wiederholbare Experimente in Seen durchzuführen. Deshalb hat die Eawag eine in Europa einzigartige Anlage mit Versuchsteichen gebaut. Dieses Jahr präsentierten Biologinnen und Biologen der Abteilung Aquatische Ökosysteme erstmals Resultate aus der Versuchsteichanlage.

1. Die Forschenden platzierten Ährige Tausendblätter sowie Wandermuscheln in unterschiedlichen Kombinationen in zwanzig Teichen. In den Teichen befanden sich entweder nur Muscheln oder nur Wasserpflanzen, beide zusammen oder keine von beiden. Alle zwei Wochen versetzten sie die Teiche mit Phosphor und Nitrat und erhöhten deren Mengen von Mal zu Mal. Zusätzlich gab es als Kontrollsystem Teiche ohne Muscheln und Wasserpflanzen, die nicht gedüngt wurden.





2. In den Teichen, in denen sich nur Muscheln oder nur Wasserpflanzen befanden, nahm die Algenblüte verglichen mit dem Kontrollsystem zwar kurz nach Nährstoffzugabe zu, klang dann aber wieder ab. Doch: Sobald beide Arten zusammen auftraten, trübte sich das Wasser stark, die Algenblüte nahm zu und blieb länger bestehen, wenn die Nährstoffkonzentrationen erhöht wurden. Hinzu kommt, dass in diesem Fall eine Blaualge überhandnahm.

3. Wie lässt sich das erklären? «Die Muscheln und Wasserpflanzen klären das Wasser zwar, sie reduzieren aber vor allem den Anteil an Grünalgen», sagt die Eawag-Biologin Anita Narwani. Die Blaualgen hingegen sind resistenter und konnten sich mit zunehmendem Nährstoffgehalt und abnehmender Grünalgenpopulation stark vermehren.

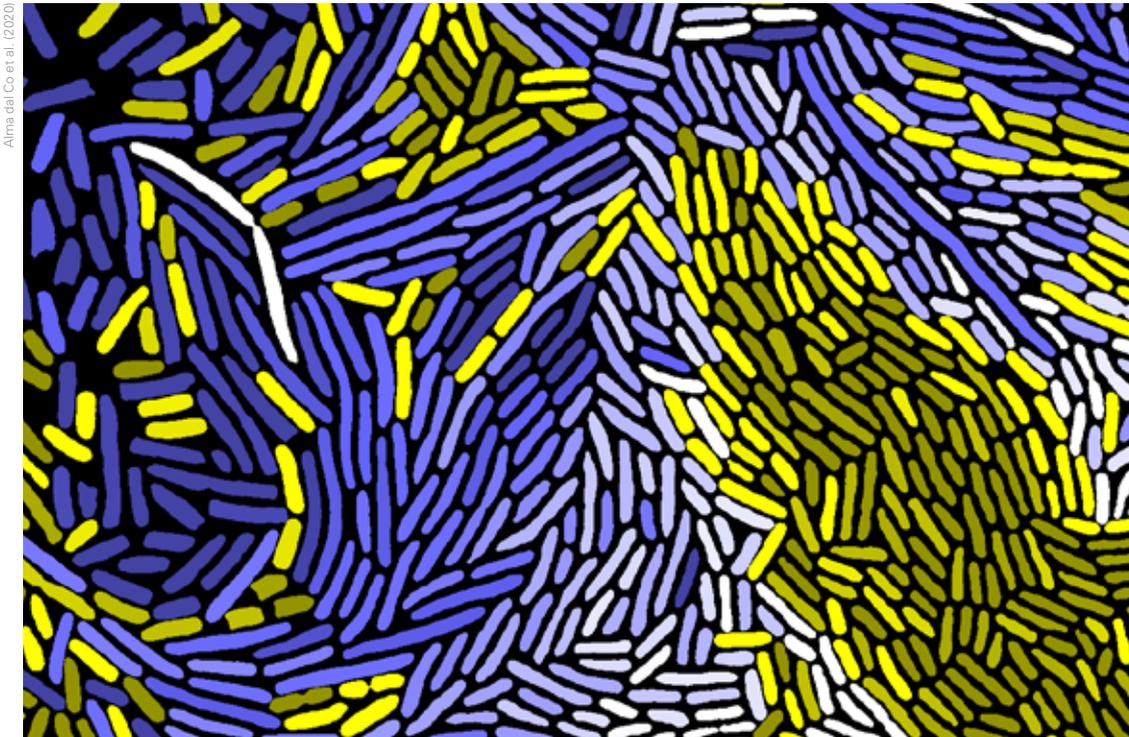
Interaktionen im Mikrobiom

Mikrobielle Gemeinschaften führen wichtige Funktionen in aquatischen Systemen aus. Diese kommen oft durch Interaktionen zwischen Organismen innerhalb der Gemeinschaft zustande. Bekannt etwa ist, dass Mikroorganismen Stoffwechselprodukte oder Signalmoleküle austauschen: Einige Bakterien produzieren bestimmte Aminosäuren, die andere nicht herstellen können. Diese für das Wachstum wichtigen Substanzen werden über Diffusion ausgetauscht. Das gelingt aber nur bis zu einer gewissen Entfernung zwischen den Bakterienindividuen. Die Grösse dieses Interaktionsbereichs war bisher unbekannt – Alma dal Co, Martin Ackermann und anderen Mitarbeitenden aus der Abteilung Umweltmikrobiologie ist es gelungen, diese Interaktionen nun messbar zu machen.

Die neuartige Methode kombiniert Mikrofluidik, Mikroskopie und automatisierte Bildanalyse. Die Forschenden haben ein Gerät entwickelt, in dem sie Zellen kontrolliert wachsen lassen und dieses Wachstum unter dem Mikroskop beobachten kön-

nen. Erste Messungen zeigen, dass Bakterienzellen oft nur über Distanzen von wenigen Tausendstel Millimetern miteinander interagieren. Bereits ab einem Abstand von zwei Zelllängen bricht diese Interaktion fast vollständig zusammen. «Ein Mikrobiom ist somit nicht immer in der Lage, Stoffwechselprozesse kollektiv durchzuführen, da seine Aktivitäten fast ausschliesslich auf Interaktionen zwischen einzelnen benachbarten Bakterienzellen beruhen», sagt der Mikrobiologe Ackermann.

Um diese Wechselwirkungen und ihren Einfluss auf die Eigenschaften der mikrobiellen Verbände leichter zu verstehen, entwickelten die Forschenden ein mathematisches Modell, das die Wachstumsraten anhand der vorhandenen Aminosäuren vorhersagt. Auf diese Weise lassen sich fast alle Mikroben-Gemeinschaften untersuchen: Die Forschenden wenden die Methode unter anderem bei Mikroorganismen an, die in aquatischen Lebensräumen am Kohlenstoffzyklus beteiligt sind.



Eine mikroskopische Aufnahme von zwei verschiedenen Bakterienstämmen (gelb und blau). Hell eingefärbte Bakterien wachsen schneller, da sie vom anderen Stamm Aminosäuren erhalten.

Dank Genanalyse – Herkunft der Stichlingsvielfalt im Bodensee entschlüsselt

Genetische Mutationen sind selten, trotzdem entstehen manchmal relativ rasch neue Arten. Wie ist das möglich? Die erst vor kurzem im Bodensee entstandenen See- und Bachökotypen von Stichlingen geben darauf eine überraschende Antwort.

Die meisten Fischer nehmen den kleinen Dreistachligen Stichling kaum wahr. Er ist zu klein und stachelig für eine Mahlzeit. Doch am Bodensee lernten ihn Berufsfischer vor einigen Jahren unfreiwillig besser kennen, denn die Stichlingspopulation hat sich jüngst vervielfacht. Das führte dazu, dass Stichlinge manchmal die Netze der Fischer verstopfen. Dieses Aufeinandertreffen ist relativ neu, denn Stichlinge traten historisch gesehen nicht im Einzugsgebiet des Bodensees auf. Sie wurden aber im 19. Jahrhundert vom Menschen eingeführt, zu einer Zeit, als die bunten Stichling-Männchen beliebte Haustierfische waren.

Aufrechterhaltung phänotypischer Unterschiede

Stichlinge sind heute nicht nur enorm häufig im Bodensee, sondern sie werden auch bis zu elf Zentimeter lang. Dicke Knochenplatten an den Körperseiten und lange Dornen an Rücken und Bauch bilden einen Schutzpanzer vor Raubfischen und fischfressenden Vögeln. Vor mehr als einem Jahrzehnt begann Ole Seehausen, Leiter der Abteilung Fischökologie an der Eawag und Professor an der Universität Bern, gemeinsam mit Biologiestudierenden mit der Erforschung des Stichlings im Bodensee.

Bald fiel ihnen der grosse Unterschied zwischen Stichlingen aus dem See und Stichlingen aus Bächen, die den See umgeben, auf: In Bächen sind die Fische kleiner, weniger gepanzert und haben sich darauf spezialisiert, bodenlebende Wirbellose statt Plankton zu fressen.

Eine Analyse genomweiter DNA-Sequenzen durch den Biologen David Marques der Abteilung Fischökologie ergab, dass die Ökotypen von Seen und Bächen genetisch nicht sehr unterschiedlich sind, mit Ausnahme einiger kurzer Segmente auf mehreren Chromosomen, was darauf hinweist, dass die Ökotypen erst seit der Besiedlung des Bodensees vor etwa 150 Jahren entstanden sind. Aber wie konnten diese genetischen Unterschiede in so kurzer Zeit entstehen?

Hybride zwischen West und Ost

Analysen von Ole Seehausen und David Marques haben etwas bisher Unbekanntes in der Stichling-Biologie aufgedeckt: Zwei Süsswasserpöpopulationen, die sich über Tausende von Generationen isoliert in unterschiedlichen Einzugsgebieten unabhängig voneinander entwickelt haben, sodass Taxonomen sie als verschiedene Arten beschrieben (*Gasterosteus gymnotus* in Westeuropa und *G. aculeatus* in Osteuropa), trafen plötzlich im Bodenseeraum in der Mitte eines Kontinents wieder aufeinander und bildeten eine Hybridzone an der Grenze zwischen See- und Bachlebensräumen.

Nicht alle Bäche rund um den Bodensee beherbergen aber den gleichen «Bachstichling»: Stichlinge in den Bächen nördlich und westlich des Sees sind grösstenteils westeuropäischen Ursprungs. In den Bächen südlich des Bodensees, den die Studierenden von Ole Seehausen seit einem Jahrzehnt studieren, wie auch im See leben hingegen Stichlinge überwiegend osteuropäischen Ursprungs. Der genetische Austausch zwischen West- und Osteuropäischen Stichlingen in den Unterläufen von Bächen führte dazu, dass in diesen Bächen südlich des Bodensees relativ rasch neue Bachstichlinge innerhalb der osteuropäischen Linie entstanden.



David Marques

See- (links) und Bach-Ökotypen im Bodensee des Dreistachligen Stichlings unterscheiden sich in vielen phänotypischen Merkmalen, etwa in der Körpergrösse, Ernährungsmorphologie, Färbung der Weibchen (oben) und Brutfärbung der Männchen (unten).

Aquascope: Licht ins Dunkel der Unterwasserwelten

Seit Frühling 2018 fotografiert das neu entwickelte Unterwassermikroskop Aquascope im Greifensee die unterschiedlichsten Planktonarten. Erstmals lassen sich so die empfindlichen Organismen in ihrer natürlichen Umgebung ungestört beobachten – ein wichtiger Schritt, um Wasserqualität und aquatische Biodiversität automatisiert zu überwachen.



Der Waaserfloh *Bosmina* unter dem Mikroskop. Seine Grösse beträgt 500 bis 1'000 Mikrometer.

Die Live-Bilder des Aquascopes enthüllen eine fantastische Unterwasserwelt. Eine Vielzahl an wunderlichen Kreaturen tummelt sich im Greifensee: sternförmige, zylindrische, mit Hörnern oder extravagant Frisuren. Das im Wasser schwebende Phyto- und Zooplankton regt aber nicht nur die Fantasie an, es ist auch ein Indikator des ökologischen Zustands von Gewässern. Daher ist die Beobachtung des Planktons bei der Überwachung der Gewässerqualität zentral. Das Aquascope kann hierzu einen wichtigen Beitrag liefern. Es basiert auf der Scripps Plankton Kamera des Jaffe Laboratory of Underwater Imaging der Universität Kalifornien. Dieses besteht aus einer leistungsstarken LED-Lichtquelle und einem bildgebenden Unterwassermikroskop mit zwei Vergrößerungen. Durch einen Hohlraum zwischen Lichtquelle und Kameras strömt das Wasser samt Plankton frei hindurch. So können die Forschenden die Kleinstlebewesen in ihrer natürlichen Umgebung ungestört be-

obachten. Ein grosser Vorteil, denn die empfindlichen Organismen müssen nicht mehr wie bisher üblich gefangen und aus ihrem Umfeld gerissen werden, was ihre natürlichen Strukturen meist zerstört.

Scharfe Bilder trotz trüben Wassers

Der Biologe Francesco Pomati der Abteilung Aquatische Ökosysteme hat die Scripps Kamera, die für den Einsatz in maritimen Ökosystemen entwickelt wurde, mit seinen Mitarbeitenden an die Verhältnisse von Seen angepasst. «Wir veränderten die Konfiguration des Instruments, bauten zwei Objektive mit unterschiedlichen Vergrößerungen ein und verkürzten den Abstand zwischen Lichtquelle und Kameras. Nur so erreicht auch im trüben Seewasser genug Licht die Objektive, um scharfe Fotos zu schiessen». Die Kamera nimmt dabei nur das vom Plankton gestreute Licht auf, daher erscheinen die Mikroorganismen hell vor dunklem Hintergrund.

Seit April 2018 befindet sich das Aquascope auf der Forschungsplattform im Greifensee in einer Testphase. Jede Stunde schießt es während zehn Minuten ein Bild pro Sekunde, das ganze Jahr über. Ein im Aquascope eingebauter Laptop sendet die hochaufgelösten Bilder in Echtzeit zur Eawag. Dort kann das Team von Pomati die digitalen Formate bereits wenige Minuten später am Bildschirm auswerten.

Pomati wirft bereits einen Blick in die Zukunft: «Verläuft die Testphase erfolgreich, kann das Aquascope die übliche Methode ersetzen, bei der die Proben manuell gesammelt und im Labor unter dem Mikroskop sortiert, bestimmt und gezählt werden müssen». Damit eröffnen sich für die Forschenden ganz neue Einblicke in die Unterwasserwelt. «Direkt im See können wir Biodiversität und Dynamik der Planktongemeinschaft automatisiert und in Echtzeit beobachten und deutlich mehr Informationen gewinnen». Aber auch die Überwachung der Gewässer sollte einfacher werden, denn mit dem Aquascope lassen sich die biologische Wasserqualität und giftige Blaualgenblüten tagesaktuell vorhersagen.

Maschinelles Lernen statt langwieriger Auswertungen

Die enorme Datenmenge stellt die Forschenden jedoch auch vor neue Herausforderungen. «Wenn wir die Plankton-Fotos von Auge klassifizieren, können

wir nur einen Teil auswerten», erklärt Pomati. Deshalb startete er vor kurzem ein Projekt mit den Physikern Thomas Lorimer, Carlo Albert und Marco Baiti Jesi von der Abteilung Systemanalyse und Modellierung. Ihr Ziel: Maschinelles Lernen soll zukünftig die automatische Klassifizierung ermöglichen. Dazu entwickeln und trainieren die Forschenden Algorithmen mithilfe der zahlreichen Fotodaten, um Arten und interessante Eigenschaften der Plankton zu identifizieren. «Vor allem seltene Planktonarten sind aber nicht einfach zu erfassen, da wir hier nur wenige Fotos haben», sagt Pomati.



Jonas Steiner

Eawag Forscherinnen versenken das Aquascope im Greifensee, um das Unterwasserleben aufzunehmen.

Die Schweizer Gewässer und der Klimawandel

Zum einen führt der Klimawandel zu einem Temperaturanstieg in Gewässern. Zum anderen beeinflussen durch ihn ausgelöste Verschiebungen in der Saisonalität die Durchmischung von Seen. Solche direkten physikalischen Auswirkungen des Klimawandels sind wissenschaftlich gut verstanden und vorhersagbar. Doch wie reagiert die biologische Umwelt auf diese Veränderungen? Und wie wirken sich indirekte Effekte, beispielsweise die veränderte Landnutzung, auf die Gewässer aus? Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt haben Florian Altermatt von der Abteilung Aquatische Ökologie und Christian Stamm von der Abteilung Umweltchemie die Auswirkungen des Klimawandels auf Schweizer Gewässer untersucht. Sie führten dazu eine breite Literaturrecherche durch, bei der sie auch globale Studien in mit der Schweiz vergleichbaren Ökosystemen beizogen, und befragten Fachleute.

«Der Bericht trägt das aktuelle Wissen zusammen, beispielsweise wie sich der Wassertemperaturanstieg auf

das Artenvorkommen bei Fischen und anderen Wasserlebewesen auswirkt oder wie Algenblüten durch Veränderungen in der Durchmischung auftreten können», so Altermatt. Nicht weniger wichtig als direkte Klimaeffekte, aber schwieriger abschätzbar, seien indirekte Einflüsse: Setzt die Landwirtschaft aufgrund des wärmeren Klimas vermehrt auf Ackerbau statt Viehwirtschaft und entstehen in der Folge neue Stoffflüsse oder Pestizideinträge?

Obwohl in der Schweiz einiges unternommen wird, lassen sich die Auswirkungen des Klimawandels auf Flora und Fauna kaum verhindern. Unbestritten sind die Folgen für die Artenvielfalt: Arten, die Wärme und Trockenheit tolerieren, haben eine grössere Chance, sich gegenüber den anderen durchzusetzen. Der Rückzug kälteliebender Arten in höhere Lagen wird nur möglich sein, wenn die Durchgängigkeit der Fliessgewässer gewährleistet ist. Die Resultate des Berichts sind auf alpine Systeme weltweit übertragbar.



Lehren

Die Lehre an der Eawag geht über den ETH-Bereich hinaus und basiert auf eigener Forschung. Dabei deckt sie thematische Spezialgebiete ab und berücksichtigt verschiedene Nutzungen des Wassers und deren Auswirkungen auf die Ökosysteme. Neben der Lehre und Betreuung von Studierenden und Doktorierenden leisten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Eawag an den Hochschulen einen wertvollen Beitrag für die praxisnahe Ausbildung. Zusätzlich zur akademischen Lehre engagiert sich die Eawag für die Weiterbildung von Praktikerinnen und Praktikern sowie in der Berufsbildung.

Im Bild Damit sich die neuen Lernenden untereinander und ihre Betreuungspersonen kennenlernen, ist die Waldprojektwoche in Berggün mittlerweile zur Tradition geworden. In dieser Woche arbeiten die Lernenden viel, reparieren etwa Wildschutzzäune oder setzen alte Wege in Stand. Die Abteilung Berufsbildung organisiert diese Woche jeweils gemeinsam mit der Bildungswerkstatt Bergwald.

Unsere Lernenden: Die Fachkräfte von morgen

Die Eawag engagiert sich seit vielen Jahren in der beruflichen Grundausbildung für Laborantinnen und Laboranten, Kauffrauen und Kaufmänner sowie Informatikerinnen und Informatikern. Im Rahmen der Laborantenausbildung arbeitet die Eawag mit externen Ausbildungspartnern zusammen, etwa mit Bachema und Coca-Cola. Im Jahr 2019 schlossen neun junge Menschen ihre Lehre erfolgreich ab, zehn Lernende starteten im August an der Eawag ins Berufsleben. *Melanie A. Gonzalez, Lernende Kauffrau im 2. Lehrjahr, schrieb die Porträts.*

Peter Penicka, Eawag



Ifedayo Ogunsola, Informatiker EFZ
Systemtechnik, 3. Lehrjahr

Richtet Ifedayo, den alle Dayo nennen, nicht gerade Computersysteme für die Mitarbeitenden der Eawag ein oder überwacht die Netzwerke, dann trifft man ihn auf dem Fussballplatz. Er spielt bei den A-Junioren des FC Kilchberg-Rüschlikon. Dort pfeift er auch als Schiedsrichter bei Spielen der D-Junioren. Informatiker war sein Berufswunsch, da er es mag, am Ende des Tages die getane Arbeit zu sehen – zum Beispiel eine neu entwickelte Software. «Das offene und freundliche Arbeitsklima an der Eawag sagt mir besonders zu», sagt Dayo.



Soraya Oesch, Kauffrau EFZ
Dienstleistung und Administration
3. Lehrjahr

Ein Merkblatt über die spannende Forschung und umweltfreundliche Einstellung der Eawag machte Soraya neugierig genug, um sich zu bewerben. Nun im dritten Lehrjahr schätzt sie vor allem die gute Vorbereitung zur Lehrabschlussprüfung sowie die neu geschlossenen Freundschaften, «die sicher auch nach der Lehre bestehen bleiben», sagt sie. Als Ausgleich zu ihrem Bürojob tanzt Soraya fünf Mal die Woche Jazz, Dancehall, Locking und Ballett. Nach der Lehre möchte sie eine 3-jährige Tanzausbildung absolvieren, um als Bühnentänzerin die Welt zu bereisen.

Peter Penicka, Eawag



Severin Stierli, Laborant EFZ
Fachrichtung Biologie, 2. Lehrjahr

«Seit meiner Kindheit möchte ich Meeresbiologie werden», sagt Severin. Schon immer interessierte er sich für Biologie und entschied sich daher nach einer Reihe von Schnuppertagen in verschiedenen Instituten für die Lehre an der Eawag – das herzliche Arbeitsumfeld hat ihn überzeugt. Nun sammelt er am liebsten gemeinsam mit dem Team Wasserproben aus dem Greifensee, in denen er anschliessend das Zooplankton analysiert. Nach der Lehre möchte er die Passerelle absolvieren, danach Biologie studieren und im Ausland seinen Kindheitstraum verwirklichen.



Nadine Fritschi, Laborantin EFZ
Fachrichtung Chemie, 2. Lehrjahr

«Bereits meine Mutter absolvierte ihre Lehre an der Eawag», erzählt Nadine. Die Entscheidung, auch ihre Lehre am Wasserforschungsinstitut zu absolvieren, fiel sie während des Nationalen Zukunftstags. Nun unterstützt sie die Forschenden etwa bei Entnahmen von Wasserproben, dem Herstellen von Lösungen und Präparieren von Sedimentbohrkernen. Am liebsten aber mag sie die Arbeit am Ionenaustauschromatografen. In ihrer Freizeit trainiert Nadine fleissig im Turnverein Volketswil. Nach der Lehre möchte sie nach Australien reisen, um Englisch zu lernen.

Peter Penicka, Eawag

Erster schweizweiter Workshop zu maschinellem Lernen

Maschinelles Lernen ist auch aus der Umweltforschung kaum mehr wegzudenken. Doch so aufregend das klingt: Maschinelles Lernen birgt nicht nur neue Möglichkeiten, sondern auch Gefahren.

Im Januar veranstaltete die Eawag gemeinsam mit der ETH Zürich, der WSL und weiteren Partnern den ersten «Machine Learning Workshop» der Schweiz, an dem über 120 Umwelt- und Geowissenschaftler teilnahmen. Ziel des Workshops war es, Schweizer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler innerhalb dieses Gebiets zu vernetzen. Am ersten Tag erhielten die Teilnehmenden eine praktische Einführung in das Programmieren von maschinellem Lernen. Am zweiten Tag sprachen internationale Experten über die Chancen des maschinellen Lernens in der Umwelt- und Geoforschung.

Grosse Datenmengen bergen Datenschutzrisiken

Maschinelles Lernen funktioniert nur mithilfe grosser Datenmengen. Auch im Fall der Siedlungswasserwirtschaft, in der zum Beispiel mit Bildern von

Flutereignissen, Regenwasserdaten oder Abwasserdaten von einzelnen Haushalten gerechnet wird. Das Anwenden dieser grossen Datenmengen birgt allerdings auch Gefahren bezüglich Datenschutz, wie Forschende der Abteilung Siedlungswasserwirtschaft in der Fachpublikation «Smart urban water systems: what could possibly go wrong?» aufzeigen. Denn Wasser- und Abwasserdaten geben unter anderem Aufschluss über die Lebensgewohnheiten der Bevölkerung. Also darüber, wann jemand zu Hause ist, zu welchen Zeiten er welche Mengen Wasser entnimmt – bis hin zu sehr heiklen Informationen, wie etwa welche Medikamente oder Drogen in einem Haushalt konsumiert werden. Solche Daten müssen sicher übertragen und vor Zugriffen unbefugter Dritter geschützt werden.

Peter Pemicko, Eawag



João Leitão von der Abteilung Siedlungswasserwirtschaft organisierte den Workshop mit. In seiner Forschung konzentriert er sich unter anderem auf die Entwicklung städtischer Hochwassermodelle und die Verbesserung von Risikoanalysen für Hochwasserereignisse mithilfe grosser Datenmengen.

Machine Learning wird zu einem immer wichtigeren Thema in der Forschung. Warum?

Zwar handelt es sich nicht um ein völlig neues Forschungsgebiet – Ansätze gab es bereits in den 1950er-Jahren – doch die jüngsten Fortschritte in der Datenerfassung und Rechnerkapazität erlauben immer interessantere und vielfältigere Anwendungen. Umwelt- und Geowissenschaftler haben nun begonnen, das Potenzial von maschinellem Lernen zu erkennen und zu nutzen.

Was unterscheidet maschinelles Lernen von der künstlichen Intelligenz?

Das sind zwei grundsätzlich verschiedene Ansätze. Künstliche Intelligenz bedeutet, dass Computer so programmiert sind, um sich an verschiedene Situationen anzupassen. Maschinelles Lernen hingegen konzentriert sich auf die Idee, Computer zu trainieren, Daten ohne ständige menschliche Aufsicht zu verarbeiten.

Welche neuen Möglichkeiten eröffnet das maschinelle Lernen für die Wasserforschung?

Erstens lassen sich repetitive Aufgaben automatisieren, etwa Objekte in Bildern erkennen. Zweitens lassen sich datengesteuerte Modelle entwickeln, die Ergebnisse deutlich schneller als physikalische Modelle liefern können. Nicht zu unterschätzen ist aber, dass solche Modelle viele und hochwertige Daten brauchen. Das ist unerlässlich, um sie zu generalisieren.

An der Eawag habe ich gelernt, auch einmal die Initiative zu ergreifen.

Der Tessiner Matteo Bonalumi (38) studierte an der ETH Zürich Geologie. An der Eawag verfasste er seine Doktorarbeit und arbeitete danach beim Kanton Bern im Bereich Konzessionsvergaben an Wasserkraftwerke. Seit Frühling 2019 ist er beim Bundesamt für Energie Ansprechperson, bei Investitionsbeiträgen für erweiterte und erneuerte Kleinwasserkraftanlagen.



Matteo Bonalumi hat vor acht Jahren seine Doktorarbeit an der Eawag abgeschlossen. Während seines beruflichen Werdegangs konnte er sich seither laufend mit neuen Aspekten ums Wasser befassen: Zum Wasser, dessen Nutzung und den damit verbundenen Folgen, sind Rechtsfragen gekommen und seit Neuestem auch wirtschaftliche Überlegungen. Die Zeit an der Eawag habe sein Verständnis für die Zusammenhänge zwischen den oft getrennt bearbeiteten Bereichen gestärkt, sagt er heute.

Der Geologe Matteo Bonalumi kümmerte sich anfangs lieber ums warme Wasser. In seiner ETH-Diplomarbeit befasste er sich mit hydrothermalen Systemen auf Island. Doch statt weiterer Badefreuden in der Blauen Lagune bei Reykjavik wendete er sich in seiner Doktorarbeit kalten Stauseen in den Schweizer Bergen zu. Er untersuchte in einem abteilungsübergreifenden Projekt an der Eawag, wie sich der Pumpspeicherbetrieb bei Wasserkraftwerken auf ober- und unterliegende Seen auswirkt. Konkret: Wie verändert das Turbinieren und anschliessende Hinaufpumpen des Wassers die Temperaturen und die Trübung in den beiden betroffenen Gewässern? Im Fall des geplanten – aber bisher nicht realisierten – Ausbaus der Kraftwerke im bündnerischen Puschlav konnte er zum Beispiel aufzeigen, wie stark die Zeit der Eisbildung auf dem höher liegenden Lago Bianco verkürzt und wie oft der tiefer gelegene Lago Poschiavo milchig würde.

Gut gefördert, aber auch gefordert an der Eawag

Heute, gut acht Jahre nach Abschluss der Arbeit, blickt Matteo Bonalumi noch immer sehr zufrieden auf die Zeit an der Eawag zurück: «Wir hatten ein super Team», sagt er und ergänzt, «trotzdem – oder gerade deswegen – habe ich in dieser Zeit gelernt, selbstständig zu arbeiten und auch einmal die Initiative zu ergreifen.» Das ist ein Lob an seine Kolleginnen und Kollegen, aber vor allem an seine Betreuer. Diese, so Bonalumi, hätten ihn immer kritisch aber positiv begleitet und gefordert. Er räumt dabei auch ein: «Ich war froh, dass ich ein derart praktisches Thema behandeln konnte. Nicht in jeder Dissertation sind die Aussichten nämlich so gut, zu einem in der Praxis nutzbarem Resultat zu gelangen.»

Nutzbar waren für ihn dann vor allem das gewonnene Wissen über Wasserkraftwerke und die Erfahrung im Umgang mit deren Betreibern. Denn nach seiner Zeit an der Eawag arbeitete er während sieben Jahren beim Kanton Bern im Bereich Konzessionserteilungen an Wasserkraftwerke. Manchmal, so Bonalumi, sei allerdings vor allem soziales Geschick gefordert, um zwischen all den verschiedenen Perspektiven von Kraftwerksbetreibern, Umweltschützern, Politikern und Behörden einen gangbaren Weg zu finden. Seit Frühling 2019 ist Matteo Bonalumi beim Bundesamt für Energie.

Mit der Eawag bleibt Bonalumi verbunden, sei es als Newsletter-Abonnent oder Teilnehmer am jährlichen Infotag. Am meisten schätzt er jedoch den direkten Austausch mit den Ex-Kolleginnen und Ex-Kollegen «Mit einigen gehe ich heute noch ab und zu ein Feierabendbier trinken.»

Win-Win für Studierende und Betreuende

Jedes Jahr werden an der Eawag rund 140 Masterstudierende betreut und oft direkt in Forschungsprojekte involviert. Diese Einbettung, die flachen Hierarchien sowie die interdisziplinäre Kultur der Eawag führen immer wieder zu ausgezeichneten Master-Abschlüssen.

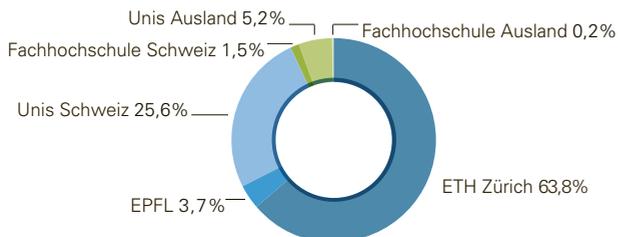
An der Eawag sind Masterarbeiten meist in Forschungsprojekte eingebunden. Das hat für die Studierenden den Vorteil, dass sie sich innerhalb eines vorgegebenen Rahmens bewegen können und trotzdem die Flexibilität haben, eigene Perspektiven einzubringen. Dominik Boller, dessen Masterarbeit in den Umweltingenieurwissenschaften von der ETH ausgezeichnet wurde, hat gerade dies sehr geschätzt: «Ich hatte viel Freiheit, um meine eigenen Ideen umzusetzen. Die Offenheit der Forschenden sowie die ultraflachen Hierarchien waren sehr motivierend, man musste keine Angst haben, manchmal Dinge zu hinterfragen.» Auch für Livia Britschgi und Viviane Furrer, ebenfalls Gewinnerinnen der ETH-Auszeichnung, war es sehr wertvoll, dass sie direkt auf Gruppenleitende zugehen und Fragen stellen konnten oder auch in der Werkstatt bereitwillig Unterstützung erhalten haben, um ihre Versuche aufzubauen.

Die betreuenden Personen profitieren ebenfalls von der Zusammenarbeit mit Masterstudierenden, da diese ihnen immer wieder frische Sichtweisen und teilweise neue Ansätze oder Methoden näherbringen. Samuel Renggli, Betreuer in der Eawag Abteilung Sandec, schätzt es zu sehen, wie sich originelle Ideen entwickeln und Unsicherheiten abgebaut werden: «Masterstudierende können bereits konkrete Forschungsarbeit leisten und im besten Fall ist dies für das ganze Forschungsprojekt nützlich.»

Um ihr Wissen den Studierenden weitergeben zu können, hält die Eawag verschiedene gemeinsame Professuren mit den ETHs Zürich und Lausanne sowie mit nationalen und internationalen Hochschulen.

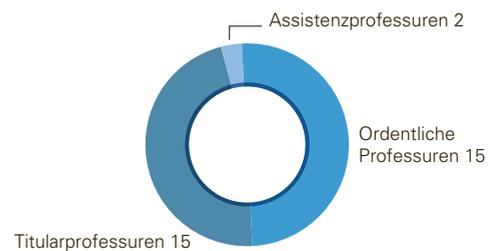
Lehre an verschiedenen Hochschulen

4539 h



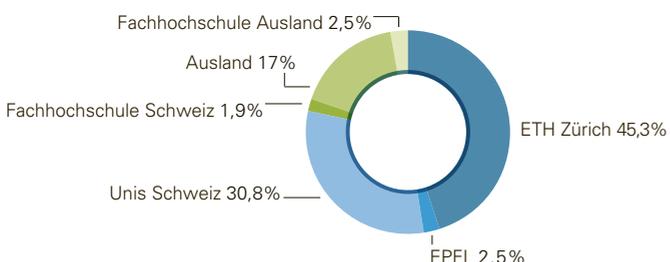
Professuren

32



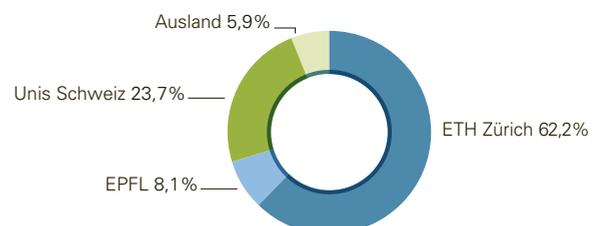
Betreute Bachelor- und Masterarbeiten

159



Betreute Doktorarbeiten

135



Goldene Eule für Lenny Winkel

Jahr für Jahr verleiht der Verband der Studierenden an der ETH Zürich (VSETH) die Goldene Eule an besonders engagierte Lehrpersonen. Basierend auf einer Online-Umfrage unter den Studierenden wird von den Fachvereinen des VSETH pro Department eine Lehrperson auserkoren. Am Departement Umweltsystemwissenschaften ging diese Auszeichnung 2019 an Lenny Winkel. Die Umweltnaturwissenschaftlerin, die in der Abteilung Wasserressourcen und Trinkwasser die Forschungsgruppe Anorganische Umweltgeochemie leitet, ist seit 2018 ausserordentliche Professorin für Anorganische Umweltgeochemie an der ETH. Im Bachelorstudiengang Umweltnaturwissenschaften organisiert sie das «Praktikum Biogeochemie» und doziert die Vorlesung «Chemie aquatischer Systeme». Im Masterstudiengang Umweltnaturwissenschaften lehrt sie zur Biogeochemie von Spurenelementen und leitet zwei Kurse zum wissenschaftlichen Arbeiten.

Lenny Winkel freut sich sehr über die Auszeichnung: «Sie ist sozusagen ein Publikumspreis – das ist eine wunderschöne Bestätigung meiner Arbeit.» In der

Lehrfähigkeit sieht Winkel die ideale Ergänzung zur Forschung, die ihr hilft, sich stets selbst zu reflektieren. Sie schätzt den Kontakt und das direkte Feedback der Studierenden und hat grosses Interesse daran, deren Meinung zu hören. «Andere Sichtweisen geben mir neue Inputs für meine Forschungsarbeit.» Ihr Ziel ist es, die Studierenden zum kritischen Denken zu befähigen: «Sie sollen verstehen, dass man in der Umweltnaturwissenschaft nichts isoliert betrachten kann. Darum ist es mir wichtig, ihnen das Verständnis für komplexe Zusammenhänge und Wechselwirkungen zu vermitteln.»



Peter Penicka, Eawag

Eine Erfolgsgeschichte: die Massive Open Online Courses

Seit 2014 bietet die Eawag in Zusammenarbeit mit der ETH Lausanne kostenlose Online-Kurse zu den Themen Trinkwasseraufbereitung, Siedlungshygiene sowie Abfall- und Fäkalschlammmanagement in Entwicklungsländern an. Gemeinsam bilden die Kurse die MOOC-Serie «Sanitation, Water and Solid Waste for Development».

Das Interesse an den Kursen hat stetig zugenommen. 2019 waren erstmals mehr als 100'000 Personen eingeschrieben. Regelmässig aktiv waren rund 66'000 Lernende, 11'200 haben einen Kurs abgeschlossen. Besonders beliebt sind die Kurse bei Berufstätigen und Studierenden in Afrika, Asien und Lateinamerika. Neben der Relevanz der Themen tragen auch der einfache Zugang über die Online-Plattform Coursera sowie eine ansprechende Vermittlung der Inhalte und eine unkomplizierte Lernkontrolle zum Erfolg des Angebots bei. Die kurzen Lerneinheiten bestehen aus Videos und Texten. Ob man den Stoff verstanden hat, kann man im Kursanschluss mit einem Quiz testen – und falls nötig, die Lerneinheit wiederholen. Lernende, welche alle vier

Kurse der Serie erfolgreich abschliessen, erhalten ein Zertifikat.

Gemeinsam mit dem Internationalen Komitee vom Roten Kreuz (IKRK) hat die Eawag zudem den Kurs «Introduction to Public Health Engineering in Humanitarian Contexts» entwickelt. Darin wird erläutert, wie Fachleute aus den Bereichen Umwelt, Wasser, Siedlungshygiene und Energie dazu beitragen, die Lebensumstände in humanitären Notsituationen zu verbessern.

Seit zwei Jahren werden die Online-Kurse vermehrt von Partneruniversitäten in Afrika, Asien und Lateinamerika eingesetzt. Dabei verwenden sie meistens das sogenannte «Blended Learning»-Format, indem sie die Online-Kurse mit Präsenzunterricht, Feldbesuchen oder Projektarbeiten kombinieren. Dieses Format ist bei den Lernenden äusserst beliebt, da es erlaubt, die Stärken von digitalen und traditionellen Lernformaten miteinander zu verknüpfen. Die Online-Kurse sind über www.eawag.ch/mooc zugänglich.



Beraten

Die Forschenden der Eawag arbeiten in zahlreichen Projekten mit Wasserfachleuten zusammen und liefern ihren fachlichen Input in einer Vielzahl von nationalen und internationalen Gremien. Zudem bringen sie ihre Expertise in Expertenkommissionen ein und übernehmen Beratungsmandate. Dazu betreibt die Eawag verschiedene Kompetenzzentren, die den Austausch zwischen den Forschungsdisziplinen und der Praxis zusätzlich fördern. Neue Forschungsergebnisse verbreitet die Eawag ausserdem in anwendungsorientierten Publikationen und generiert so einen praxistauglichen Wissenstransfer.

Im Bild Franziska Rölli von der Hochschule Luzern und Frederik Hammes von der Eawag erforschen, wie sich die krankmachenden Bakterien namens Legionellen im Trinkwasser bilden. Dazu untersuchen sie unter anderem Wasserproben aus verschiedenen warmen Leitungen.

Legionellen an der Eawag: Wie Forscher aus der Not eine Tugend machten

Sie fühlen sich im warmen Duschwasser wohl, doch werden sie eingeatmet, kann das krankmachen: Legionellen. Wie die Gefahr durch diese Bakterien einzudämmen ist, untersuchen Forschende der Eawag in einem multidisziplinären Projekt – und nutzten das eigene Gebäude für die Probe aufs Exempel.



Frederik Hammes und ZMB, UZH

Eine Elektronenmikroskopaufnahme von Bakteriengemeinschaften in einem Duschschauch.

In der Schweiz häufen sich die Fälle der Legionärskrankheit: 582 Fälle der schweren Lungenentzündung registrierte das Bundesamt für Gesundheit (BAG) im vergangenen Jahr. 2013 waren es halb so viele. Die Krankheit führt bei fünf bis zehn Prozent der Betroffenen zum Tod, trotz Antibiotikabehandlung.

Eawag-Gebäude kein Einzelfall

Die Erregerbakterien heissen Legionellen, die unter anderem im Wasser vorkommen. Zwar ist das Trinken von infiziertem Wasser kein Problem. Doch das Einatmen von fein zerstäubten, kontaminierten Wassertröpfchen ist gefährlich. Das kann überall dort passieren, wo solche Tröpfchen entstehen: in Autowaschanlagen, Rückkühlwerken von Klimaanlage oder industriellen Kühltürmen. Unter bestimmten Umständen allerdings können sich Legionellen auch im Trinkwasser bilden. Und dann werden Springbrunnen, Dampfbäder und Duschen zu einer potentiellen Infektionsquelle.

Im Jahr 2017 fanden Forschende im Eawag-Forschungsgebäude in Dübendorf Legionellen. Die Legionellenzahlen im Warmwasserverteilsystem, unter anderem in den Duschen, lagen über dem gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwert. Die Messungen waren Teil einer Fall-Studie, die Forschungsteams um Frederik Hammes von der Abteilung Umweltmikrobiologie der Eawag und Franziska Rölli vom Institut für Gebäudetechnik und Energie der Hochschule Luzern durchführten. «Wir wollten wissen, wie sehr Legionellen im Trinkwasser ein Problem sind», erzählt Hammes. Das Eawag-Gebäude hatten sie ausgewählt, weil sich hier die Probenahme einfach und unkompliziert gestaltete. Ausserdem sei das Gebäude-Management interessiert gewesen und bereit, eine Lösung zu finden.

Es folgten weitere Projekte und mittlerweile wissen Hammes und Rölli: Die Eawag war kein Einzelfall. «Viele grosse und kleine Gebäude haben ähnliche Probleme mit Legionellen im Trinkwasser», sagt Hammes.

Doch wie kommen die Krankheitserreger eigentlich in die Gebäudeinstallationen? In zentralen Trinkwasseraufbereitungsanlagen, die die Gemeinden und Städte versorgen, werden die meisten Bakterien und Nährstoffe aus dem Wasser entfernt. Deren Konzentration bleibt auch im Verteilnetz, also den Leitungen, die Trinkwasser zu den Gebäuden bringen, niedrig. «Doch dann wird es problematisch», sagt Hammes. Denn in Gebäuden wird Wasser erwärmt und dadurch können sich Legionellen in den Warmwasserleitungen der Hausinstallation bilden. Denn sie wachsen optimal zwischen 35 bis 40 Grad Celsius.

Zwar lassen sich Legionellen abtöten, indem das Warmwasser auf 60 Grad erhitzt wird. Doch etwa an der Duschbrause wird diese Temperatur nur selten erreicht. Hinzu kommt, dass, um Energie zu sparen, die Boiler in vielen Gebäuden unter 60 Grad bleiben. Das war auch an der Eawag der Fall, wo die Wassertemperatur im Boiler auf 45 Grad eingestellt war. Als Massnahme erhöhte man 2018 die Temperatur im gesamten Warmwasserverteilsystem. «Die hohen Legionellen-Konzentrationen verschwanden sofort», sagt Hammes. So fand er seit Februar 2019 keine kritischen Werte mehr im gesamten Eawag-Gebäude.

Viele offene Fragen

Die Lösung ist allerdings nicht immer derart trivial. Viele Fragen sind ungeklärt, etwa wie Legionellen-Vorkommen und Humaninfektion genau zusammenhängen oder wie Trinkwasserleitungen am effektivsten auf Legionellen untersucht werden können. Deshalb fördern das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV), das Bundesamt für Energie

(BFE) und das Bundesamt für Gesundheit (BAG) nun ein vier Jahre dauerndes, multidisziplinäres Projekt der Eawag mit 2,5 Millionen Franken. Daran sind neben der Forschungsgruppe von Frederik Hammes auch die Hochschule Luzern (HSLU), das Schweizerische Tropen- und Public-Health-Institut (Swiss TPH), das Kantonale Labor Zürich (KLZH) sowie die Eawag-Forschungsgruppe «Krankheitserreger und menschliche Gesundheit» unter der Leitung von Tim Julian beteiligt. Julian, zusammen mit dem Swiss TPH, will wissen, wie viele Legionellen im Duschwasser zu wie vielen Krankheitsfällen führen. Konkret: Anhand eines mathematischen Modells wollen die Forschenden die Wahrscheinlichkeit für eine Infektion bei verschiedenen Legionellenkonzentrationen berechnen.

Ein weiterer Schwerpunkt des Projektes liegt in der Verbesserung der Probenahme. Denn seit 2017 ist eine Verordnung in Kraft, nach der öffentlich zugängliche Duschen nicht mehr als 1000 Legionellen pro Liter Wasser enthalten dürfen. Doch die Bakterienzusammensetzung in einer Trinkwasserinstallation variiert und macht die Beprobung aufwändig. «Um die Aussagekraft und Vergleichbarkeit der Proben zu erhöhen, müssen wir die Entnahme optimieren und standardisieren», sagt Franziska Rölli von der HSLU. «Eine wichtige Rolle spielt auch die Sensibilisierung und Aufklärung». Denn oft wären Architekten, Fachplaner, Sanitär-Installateure und Gebäudebetreiber nicht genügend mit der Legionellenthematik vertraut. Deswegen legt das Projekt-Konsortium neben den Forschungsaktivitäten Wert darauf, das neu erworbene Wissen zum Beispiel in Workshops oder mittels Seminaren weiterzuvermitteln.

3D-Modell sagt Seetemperaturen vorher

Welche Wassertemperaturen der Zürichsee aktuell aufweist und wie sich die Temperatur in einigen Stunden und den nächsten Tagen entwickeln wird, lässt sich seit 2019 auf www.meteolakes.ch herausfinden. Dort haben Forschende von Eawag und EPFL ein öffentlich zugängliches 3D-Modell aufgeschaltet, das aktuelle und prognostizierte Daten von Meteo Schweiz, hydrologische Daten des Bundesamtes für Umwelt und Satellitendaten nutzt, um Seewassertemperaturen darzustellen. Die Temperaturen werden für verschiedene Tiefen und mit einer zeitlichen Auflösung von drei Stunden berechnet. Die Seemodelle können fünf Tage in die Zukunft blicken. Bisher existierten Modelle für den Genfersee, den Bieler- und den Greifensee. Nun kam der Zürichsee dazu.

Damien Bouffard von der Abteilung Oberflächengewässer leitet das hinter «Meteolakes» stehende Projekt Coresim. Ziel der Forschenden ist es, einen Mehrwert für andere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu schaffen. Denn heute existieren von vielen Seen nur monatliche Messungen. Forschende, die ihre eigenen Daten, zum Beispiel über die Verteilung von Nährstoffen im See, mit der See-physik koppeln wollen, können nun aber dank Meteolakes auf zeitlich hochaufgelöste Daten zurückgreifen.

Komplexe Beziehungen entflechten

Ein neuer sozio-ökologischer Ansatz ermöglicht es, komplexe Zusammenhänge im Management von Ökosystemen in abstrakten, dafür jedoch überschaubaren Netzwerken darzustellen.

Umweltprobleme sind meist komplex, die ökologischen Prozesse und involvierten Akteure oft eng miteinander verflochten. Sozio-ökologische Netzwerke erlauben, dieses Geflecht zu entwirren. Sie stellen soziale und ökologische Elemente sowie deren wechselseitigen Einflussnahmen in Form eines Netzwerkes mit Knoten und Verbindungen dar.

Der Politikwissenschaftler Manuel Fischer der Abteilung Umweltsozialwissenschaften nutzt mit seiner Forschungsgruppe «Policy Analysis and Environmental Governance» diesen Ansatz, um das Management von Ökosystemen zu untersuchen. Fischer erklärt: «Damit wollen wir einerseits verschiedene Organisationen unterstützen, ihre Tätigkeiten aufeinander abzustimmen. Andererseits ermöglicht uns die Abstrahierung, verschiedene Situationen von Ökosystem-Management miteinander zu vergleichen und allgemeingültige Erfolgsfaktoren zu identifizieren».

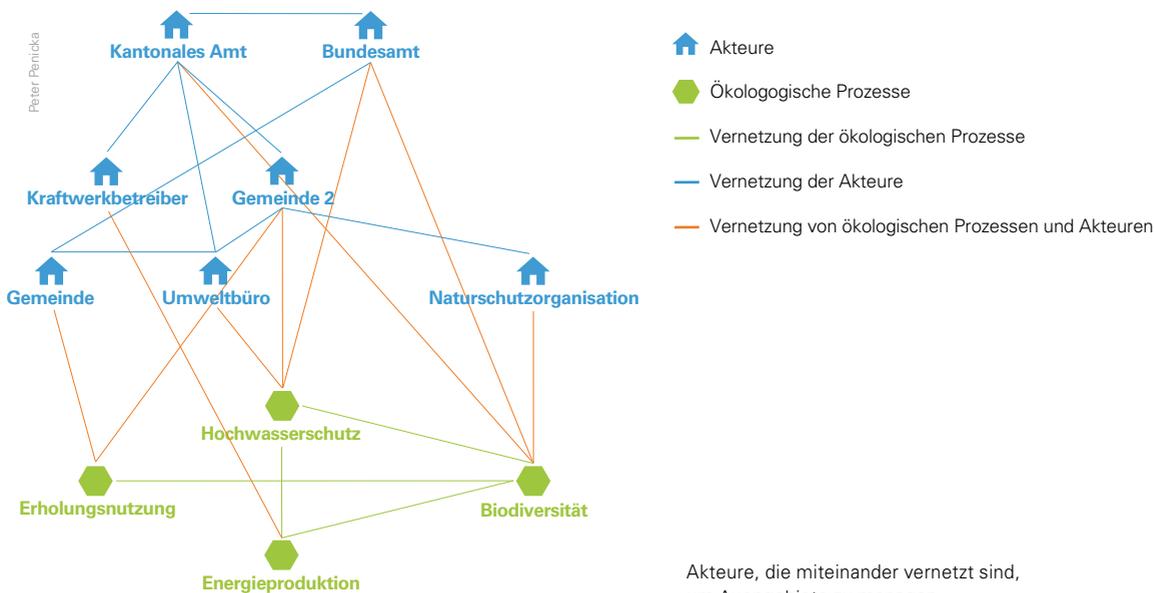
Schweizer Auengebiete in Form sozio-ökologischer Netzwerke

Im Projekt «Wetlands» nehmen die Forschenden zwölf Auengebiete in der Schweiz unter die Lupe. Sie schlagen einen neuen Weg ein und untersuchen nicht wie sonst beim Netzwerkansatz üblich die räumliche Vernetzung der Feuchtgebiete, sondern die funktionale Vernetzung von Themengebieten im Management von Ökosystemen, wie zum Beispiel Hochwasserschutz,

Erholung, Energieproduktion und Biodiversität. Die Vielzahl an Akteuren lässt das sozio-ökologische Netzwerk zu einem verschlungenen Gebilde anwachsen.

«Wir gehen nun der Frage nach, wie ein solches Netz strukturiert sein muss, um Auengebiete gut zu managen», sagt Fischer. Ist es vorteilhaft für den Hochwasserschutz, wenn Kanton und Tourismus zusammenspannen? Verhindert der fehlende Kontakt zwischen Kraftwerkbetreiber und Umweltbüro einen wirksamen Artenschutz? Und wieso stimmen sich manche Akteure erfolgreich ab, andere aber nicht, obwohl ihre Themengebiete voneinander abhängen. «Wir sind gespannt auf die Ergebnisse», sagt Fischer. «Aktuell vermuten wir, dass neben fachlichen oft menschliche Gründe eine Rolle spielen, etwa Machtkämpfe, Interessenskonflikte oder Empathie».

Die Eawag-Forschenden sind Teil einer internationalen Wissenschaftsgruppe, die die Weiterentwicklung des Netzwerkansatzes vorantreibt. Im Sommer 2019 publizierte die Gruppe in der Zeitschrift Nature Sustainability im Artikel «Improving network approaches to the study of complex social-ecological interdependencies» Vorschläge, wie der Netzwerkansatz verbessert, das Forschungsdesign vereinheitlicht und die Vergleichbarkeit von Fallstudien erleichtert werden kann. Zum Beispiel soll eine Typologie von kausalen Zusammenhängen die Entwicklung einer generalisierbaren Theorie ermöglichen.



Alternative zu Tierversuchen: Fischzellentest erhält internationales Gütesiegel

Erstmals erhielt ein Toxizitätstest mit gezüchteten Kiemenzellen von Fischen ein ISO-Zertifikat. Der Test dient dazu, die akute Giftigkeit von Wasserproben und Chemikalien für Fische zu bestimmen. Das ist ein Meilenstein, denn bisher mangelt es an anerkannten Alternativen zu Versuchen mit lebenden Fischen.



Basil Stücheli/ETH-Rat

Die Forscherinnen Melanie Fischer (links) und Kristin Schirmer. Auf dem Bildschirm befindet sich ein Mikroskopbild der Kiemenzelllinie der Regenbogenforelle.

Für ökotoxikologische Tests wurden im Jahr 2017 allein in der Schweiz über 7'500 Versuche an Fischen durchgeführt. Die Eawag erforscht seit Jahren Alternativen, um Versuche mit lebenden Tieren zu reduzieren oder sogar zu ersetzen. Eine davon beinhaltet Versuche mit einer Kiemenzelllinie der Regenbogenforelle (RTgill-W1-Zelllinie). Mit den im Labor nachgezogenen Zellen lässt sich die akute Toxizität von Wasserproben und vielen Chemikalien für Fische zuverlässig bestimmen.

Die Abteilung Umwelttoxikologie um Kristin Schirmer hat die Methode über die letzten Jahre laufend verfeinert. In einer internationalen Ringstudie haben nun sechs Labore aus Industrie und Hochschulen teilgenommen und ermittelten anhand von sechs ausgewählten Testchemikalien die Robustheit, Übertragbarkeit und Vergleichbarkeit des Verfahrens mit

der RTgill-W1 Zelllinie. Die Ergebnisse zeigen: Alle Labore haben mit der Methode wiederholbar vergleichbare Ergebnisse liefern können. In diesem Jahr erhielt die Methodik ein international anerkanntes Gütesiegel: Sie entspricht nun den ISO-Normen. Kristin Schirmer und ihr Laborantin Melanie Fischer erhielten für ihre Forschungsarbeit den 3RCC Award vom 3R Kompetenzzentrum Schweiz (3RCC). Das 3RCC fördert die 3R-Prinzipien: den Ersatz (Replace), die Verringerung (Reduce) und die Verbesserung (Refine) von Tierversuchen.

Das Ziel der Forscherinnen ist es, ihren Test künftig komplett ohne tierische Komponenten auszuführen. Denn momentan ist für das Zellwachstum noch fötales Kälberserum nötig. Für dieses Vorhaben erhielt Kristin Schirmer vom 3RCC rund 250 000 Franken zugesprochen.

Thallium: Giftig, aber wenig bekannt

Böden enthalten natürlicherweise Schwermetalle. Eines davon ist Thallium, über dessen Umweltverhalten bisher wenig bekannt war. Deshalb hat ein Team der Abteilung Wasserressourcen und Trinkwasser das Metall genauer unter die Lupe genommen.



Der Doktorand Silvan Wick (rechts) und der Techniker Numa Pfenninger analysieren thalliumhaltige Bodenproben.

Im Kriminalroman «Das fahle Pferd» liess Agatha Christie ihre Mordopfer an einer Thalliumvergiftung sterben. Die Autorin beschreibt, wie die Vergiftung vonstattgeht: Am Anfang sind die Symptome kaum von einer Grippe zu unterscheiden. Erst in der späteren Phase einsetzender Haarausfall und Streifen auf den Fingernägeln sind Anzeichen dafür – doch dann ist es bereits zu spät für ein rettendes Gegengift. Gerade weil eine Thalliumvergiftung schwierig zu diagnostizieren ist, war die geruchs- und geschmacksneutrale Substanz eine beliebte Mordwaffe.

Das für Menschen in kleinsten Dosen giftige Metall kommt aber nicht nur in Giftcocktails vor, sondern auch in der Umwelt als Folge industrieller Prozesse wie der Zementherstellung oder dem Abbau von Erzen und Kohle. Und: Thallium kann sich auch natürlich in Böden anreichern. Auch in der Schweiz: So hat im Jahr 2013 das Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft entdeckt, dass Böden im Gebiet der Erzmatte in der Gemeinde Buus hohe

natürliche Thalliumgehalte aufweisen. Die Konzentrationen reichen bis zu mehreren tausend Milligramm pro Kilogramm. Zum Vergleich: Normalerweise liegen die Gehalte zwischen 0,01 bis 1 Milligramm Thallium pro Kilogramm Boden.

Wissenschaftlichen Studien praktisch inexistent

Per Zufall erfuhr der Geochemiker Andreas Voegelin von der Abteilung Wasserressourcen und Trinkwasser vom Thalliumvorkommen auf der Erzmatte. Nachdem er die wissenschaftliche Literatur gesichtet hatte, stellte er fest: «Zum Umweltverhalten von Thallium weiss man sehr wenig.» Seither beschäftigt das Metall den Forscher.

In einer ersten Studie untersuchte er mit seinem Team, in welcher chemischen Form Thallium in den Böden der Erzmatte vorkommt. Diese Information hilft zu bestimmen, wie löslich Thallium im Boden ist und ob es potenziell von Pflanzen aufgenommen oder ins Grundwasser gelangen kann. Fazit: In tiefen

Bodenschichten ist das Thallium vor allem in Verwitterungsprodukten von Erzmineraleien gebunden. Im Oberboden hingegen ist das Metall hauptsächlich am Tonmineral Illit gebunden, aber auch an Manganoxiden. Vor vier Jahren stiess der Geologe Silvan Wick als Doktorand zum Team von Voegelin, um in Laborexperimenten mit reinen Mineralien sowie mit Böden von der Erzmatte zu untersuchen, wie genau Thallium chemisch mit Illit und Manganoxiden reagiert. Die Doktorarbeit war ein gemeinsames Projekt der Eawag, des Paul-Scherrer-Instituts und der ETH Zürich. Um die Art der chemischen Bindung von Thallium zu bestimmen, nutzte er unter anderem die Methode der Röntgenabsorptionsspektroskopie an Synchrotron-Lichtquellen. «Aus der Arbeit resultieren Modelle, die erlauben, die Löslichkeit von Thallium in Böden anhand der Bodenzusammensetzung abzuschätzen», erklärt Wick. Für den Standort Erzmatte zeigt sich zudem, dass die relativ geringe Löslichkeit des Thalliums darauf zurückzuführen ist, dass das Metall im Verlaufe der Bodenbildung zu einem wes-

entlichen Anteil in die Struktur des Bodenminerals Illit eingebaut wurde.

Natürliches Thallium in anderen Gebieten

«Für Thallium existieren in der Schweiz keine Grenzwerte, weshalb das Schwermetall in Umweltproben normalerweise nicht mitbestimmt wird», sagt Andreas Voegelin. Ausgehend von der Entdeckung des Standorts Erzmatte stellte sich daher die Frage, ob erhöhte Thalliumgehalte auch andernorts vorkommen könnten. Daher haben Voegelin und der Techniker Numa Pfenninger in den zwei letzten Jahren im Baselbieter Jura und angrenzenden Gemeinden Trink- sowie Bachwasser untersucht. Die Ergebnisse bestärken den Hinweis aus einer Studie des Bundesamts für Gesundheit: Im Gebiet der Nordwestschweiz können erhöhte geogene Thalliumgehalte im Wasser vorkommen. Allerdings liegen die gemessenen Gehalte stets deutlich unter dem Trinkwassergrenzwert der USA von 2 Mikrogramm pro Liter Wasser und dürften somit keine Gefährdung der Gesundheit darstellen.

Für Urindünger auf Achse

Im Urin stecken wertvolle Nährstoffe, vor allem Stickstoff, Phosphor und Kalium. Deshalb hat die Eawag vor einigen Jahren ein Verfahren entwickelt, um aus Urin Dünger zu machen. Das Eawag-Spin-off Vuna bringt das Verfahren nun auf Achse.

An Open-Airs, auf Baustellen oder in Berghütten sind sie schon mancherorts anzutreffen: Toiletten, die Fäkalien und Urin trennen. Ideale Voraussetzungen also, um mit dem Vuna-Verfahren aus dem Urin Dünger herzustellen: Medikamentenrückstände, Hormone und Keime werden entfernt und der Urin auf einen Zehntel des Volumens aufkonzentriert. Die Nährstoffe bleiben dabei erhalten. Der so entstehende Flüssigdünger «Aurin» ist seit 2018 vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) offiziell für alle Zier- und Nutzpflanzen zugelassen.

«Vielerorts sind die Urinmengen zu klein, um eine eigene Anlage zu betreiben», erzählt Nadège de Chambrier von Vuna. Mit Unterstützung des BAFU und der Eawag hat das Spin-Off deshalb eine kompakte Anlage auf einem Anhänger gebaut, die bis zu 150 Liter Urin pro Tag aufbereiten kann. Gleichzeitig haben die Ingenieurinnen und Ingenieure das Verfahren optimiert. Neue Sensoren überwachen den Nitritgehalt, der entscheidend ist für einen stabilen Prozess. «Bisher mussten wir viel von Hand messen und regeln», erklärt de Chambrier. «Für die mobile Anlage haben wir den Prozess nun automatisiert.» In einem nächsten Schritt gilt es, die Produktionskosten weiter zu senken.

Mit dem «UrinExpress» geht das VUNA-Team nun auf Tour. Dabei will das Unternehmen auch potenziellen Kunden für fest installierte Anlagen demonstrieren, dass das Verfahren gut funktioniert. Eine der ersten Stationen war ein Tennisplatz in Biel sein, danach geht die Reise vielleicht weiter bis nach Paris. Dort weckte die Urinaufbereitung grosses Interesse, weil die Abwasserreinigung an Kapazitätsgrenzen stösst.



Nadège de Chambrier

Der Urinexpress am Martinimarkt in Zürich.

Verbesserter Gesundheitscheck für Fliessgewässer

Wirbellose Tiere am Gewässerboden stehen unter genauer Beobachtung, denn sie dienen als Indikator für den ökologischen Zustand von Fliessgewässern. Eine schweizweite Studie der Eawag zeigt, welche Arten besonders aussagekräftig sind und wie sich Monitoring und Gewässermanagement weiter verbessern lassen.

Dreht man in einem Fluss oder Bach einen Stein um, wimmelt es von kleinen Tieren: Köcherfliegen, Wasserkäfer, Bachflohkrebse und Schnecken. Die mit blossen Auge sichtbaren wirbellosen Organismen am Gewässergrund, Makrozoobenthos genannt, sind eher unscheinbar, doch als Indikator für die Gewässerqualität von grosser Bedeutung. Denn manche der Arten reagieren empfindlich gegenüber Veränderungen in ihrer Umwelt, zum Beispiel auf Schadstoffe oder Verbauungen entlang des Ufers. Die Diversität der kleinen Tiere lässt daher wichtige Rückschlüsse auf die Wasser- und Gewässerqualität zu. Teils lässt sich sogar auf die Ursachen einer Verschlechterung des ökologischen Zustands zurückschliessen.

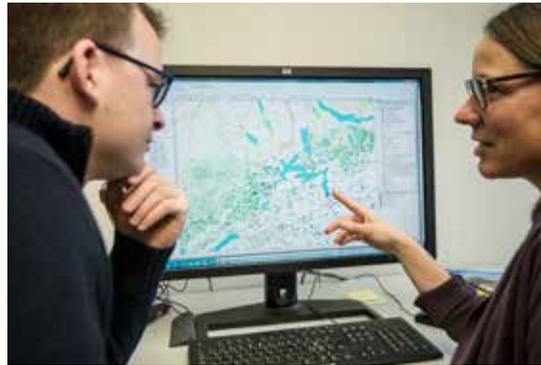
Schweizweite modellgestützte Analyse der wirbellosen Kleinorganismen

Erstmals haben nun die Eawag-Forschenden Nele Schuwirth und Bogdan Caradima gemeinsam mit weiteren Kollegen der Abteilung Systemanalyse und Modellierung kantonale und bundesweite Daten über das Makrozoobenthos gesamthaft untersucht. Sie nutzten hierfür die Datenbank für Makrozoobenthos MIDAT des Schweizerischen Zentrums für die Kartografie der Fauna (SZKF). Darin enthalten sind die Daten des Biodiversitätsmonitoring BDM, der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA und von 14 kantonalen Monitoring-Programmen.

Die Datensätze haben die Forschenden mithilfe von statistischen Modellen analysiert und wichtige direkte und indirekte Einflussgrössen für das Auftreten einzelner Organismen identifiziert. Dies waren unter anderem Wassertemperatur, Insektizid-Anwendungen im Einzugsgebiet, Fliessgeschwindigkeit, Siedlungsfläche und Grossvieheinheiten im Einzugsgebiet.

Folgende Empfehlungen haben die Forschenden aus den Empfehlungen abgeleitet:

- Identifikation von Ursachen durch Bestimmung der Arten: Seit 2010 werden Untersuchungen und Beurteilungen des Makrozoobenthos in Schweizer Fliessgewässern gemäss des Bewertungsverfahrens des Modul-Stufen-Konzepts durchgeführt. Vorgeschieden ist dabei die Erfassung der Organismen



Peter Pennica, Eawag

Bogdan Caradima und Nele Schuwirth analysieren die Makrozoobenthos-Datensätze.

auf dem Niveau der Familie. Die Studie weist darauf hin, dass eine bessere taxonomische Auflösung, also die Bestimmung von Arten, wertvolle Zusatzaussagen ermöglichen würde.

- Mehr Daten, höhere Aussagekraft: Je mehr Daten für die Auswertung verfügbar sind, desto höher ist die Aussagekraft. Für zukünftige Analysen ist es daher essenziell, dass möglichst viele Monitoring-Programme ihre Daten sowie Zusatzformationen wie Substrat-Daten an die MIDAT-Datenbank liefern.
- Einheitliche Monitoring-Konzepte: Heute werden in den Kantonen unterschiedliche Gruppen des Makrozoobenthos bis auf Artniveau bestimmt. Für eine schweizweite Auswertung wäre es jedoch sinnvoll, immer die gleichen Gruppen in dieser hohen taxonomischen Auflösung zu erfassen.
- Erweitertes Monitoring-Design: Um die Identifikation wichtiger Einflussfaktoren auf die Gewässerökologie zu verbessern, lohnt es sich, zusätzliche Stellen in die Monitoring-Programme aufzunehmen.
- Integrales Gewässermanagement: In Gewässern lebende Tiere und Pflanzen reagieren meist auf mehrere Stressfaktoren, zum Beispiel schlechte Wasserqualität, monoton hohe Fliessgeschwindigkeit und erhöhte Wassertemperaturen. Bei Massnahmen zur Verbesserung der Wasser- und Gewässerqualität ist es daher empfehlenswert, eine Kombination von Massnahmen umzusetzen, etwa Revitalisierung mit der Aufrüstung der Kläranlagen kombinieren.

Kompendium unterstützt kooperative Planung für Trinkwasserversorgungen

Zugang zu sauberem Trinkwasser für alle: So lautet das Sustainable Development Goal (SDG) 6.1 der UNO. Auf dessen Erfüllung warten heute noch immer 780 Millionen Menschen. Ein neues Kompendium soll die Stakeholder nun beim Aufbau von nachhaltigen Trinkwasserversorgungen unterstützen.



Das Bild illustriert verschiedene Trinkwassersysteme und mögliche Technologien, um Trinkwasser aufzubereiten und zu verteilen.

Welche Trinkwasserquellen sind vorhanden? Passen Heimfilter zu den Gewohnheiten der Menschen oder würde ein Wasserkiok dem Dorf mehr bringen? Die Antworten kennen die Menschen vor Ort am besten. Deshalb ist es zentral, dass NGOs bei der Planung einer Trinkwasserversorgung die lokale Bevölkerung in die Entscheidungsfindung einbeziehen. Involviert sind auch die regionalen Behörden, sie erteilen die notwendigen Bewilligungen und beteiligen sich im besten Fall an den Investitionen. «Oft treffen dabei Fachleute auf Menschen ohne technischen Background», weiss Maryna Peter, die von der Eawag inzwischen an die Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) gewechselt hat. Um die Entscheidungsfindung zu erleichtern, hat sie das Kompendium «Drinking Water Systems and Technologies from Source to Consumer» initiiert.

Das umfassende Werk stellt für jede Wasserquelle mögliche Trinkwassersysteme vor und erläutert die verschiedenen Schemata und Technologien mit Vor- und Nachteilen. «So können die Beteiligten anhand des

Kompendiums verschiedene Optionen diskutieren und das für ihre Situation passende System zusammenstellen», erklärt Peter.

Die Idee für das Handbuch hatte Maryna Peter zu ihren Zeiten an der Eawag. Mit Lea Breitenmoser, Doktorandin an der FHNW, und Sara Marks, Trinkwasserexpertin bei Sandec, fand sie zwei Mitstreiterinnen. «Das Kompendium ist ein Gemeinschaftswerk vieler internationaler Trinkwasserexpertinnen und -experten, die vorwiegend ehrenamtlich arbeiteten», erzählt Marks. Die WHO übernahm den Peer-Review und verlieh den Inhalten den letzten Schliff.

Das Kompendium «Drinking Water Systems and Technologies from Source to Consumer» erscheint auf Englisch und wird nach Publikation kostenlos als PDF bereitgestellt: eawag.ch/trinkwasserkompendium. Es eignet sich für Trinkwasserprojekte im ländlichen, periurbanen und urbanen Raum.



Institution

Die Eawag steht nicht nur für exzellente Forschung, Lehre und Beratung, sondern auch für ein motivierendes und förderndes Arbeitsumfeld. Angefangen bei den verschiedenen Supportabteilungen, die einen reibungslosen Arbeitsablauf und ein unterstützendes Umfeld garantieren, bis hin zur hervorragenden Infrastruktur an den beiden Standorten in Dübendorf und Kastanienbaum. Die Vereinbarung von Arbeit und Familie, Chancengleichheit und Respekt werden an der Eawag grossgeschrieben.

Im Bild Der 30 Kubikmeter grosse Regenwassertank wurde im November 2019 in den Boden versenkt. Er wird später dazu dienen, das noch im Bau stehende Gebäude FLUX mit Toilettenspülwasser zu versorgen. Gespeist wird der Tank zukünftig durch das Regenwasser vom Dach, das extensiv begrünt und mit Solarpanels ausgestattet wird.

Auszeichnungen

Eawag-Forschende als meistzitiert ausgezeichnet

Vier Eawag-Forschende haben es dieses Jahr auf die Liste der «Highly Cited Researchers 2019» der Web of Science Group geschafft: Juliane Hollender, Ole Seehausen, Bernhard Truffer und Urs von Gunten. Damit zählen die vier Forschenden der Eawag zu den meistzitierten und einflussreichsten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in ihrem Fachgebiet weltweit. Auf die Liste kommen Forschende, die in den vergangenen Jahren (2008 bis 2018) mehrere «highly cited Papers» geschrieben haben. Aus der Schweiz haben es insgesamt 155 Forschende auf die Liste geschafft.

Forschungsgebäude NEST doppelt ausgezeichnet

Das Forschungs- und Innovationsgebäude NEST von Eawag und Empa erhielt dieses Jahr gleich zwei Preise. Im Januar 2019 verlieh das Bundesamt für Energie zum zwölften Mal den Schweizer Energiepreis «Watt d'Or». Unter den fünf Preisträgern befand sich auch das NEST von Empa und Eawag.

Ein besonderes Augenmerk legte die Jury bei ihrem Entscheid auf die Unit «Solare Fitness & Wellness». Die Stiftung «Bilding» vergibt jährlich den «Bilding Award» für bemerkenswerte und innovative Ingenieurleistungen am Bau. Der diesjährige Preis in der Kategorie «Forschung und Entwicklung» ging ebenfalls an das NEST.

Mario Schirmer präsentierte Ineson Lecture

Mario Schirmer von der Abteilung Wasserressourcen und Trinkwasser wurde die Ehre zuteil, die diesjährige «Ineson Lecture» in London zu präsentieren. Er hielt ein Plädoyer für die urbane Hydrogeologie und erklärte, wieso diese für die weltweite Trinkwasserversorgung eine bedeutende Rolle spielt. «Ich war ganz schön stolz, als ich erfuhr, dass ich die Ineson Lecture halten darf», sagt Schirmer. Das sei mit Sicherheit sein berufliches Highlight 2019 gewesen. Die Ineson Lecture gilt als eine der wichtigsten Veranstaltungen für Hydrogeologen in Grossbritannien.



International Association of Hydrogeologists

Mario Schirmer hält die Ineson Lecture in London.

ETH-Medaille der ETH Zürich für hervorragende Dissertationen

Stefan Achermann (Umweltchemie), Meret Aepli (Umweltchemie), Sven Eggimann (Umweltsozialwissenschaften)

Otto-Jaag-Gewässerschutzpreis der ETH Zürich

Stefan Achermann (Umweltchemie)

Auszeichnung der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Zürich für Dissertation

Chelsea Jean Little (Aquatische Ökologie)

3RCC 3Rs Award vom Swiss 3R Competence Centre

Kristin Schirmer & Melanie Fischer (Umwelttoxikologie)

Auszeichnung der Gesellschaft für Umwelttoxikologie und -chemie (SETAC) für junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler

Hannah Schug (Umwelttoxikologie)

Francesca-Gherardi-Gedächtnispreis der Universität Florenz

Kate Mathers (Oberflächengewässer)

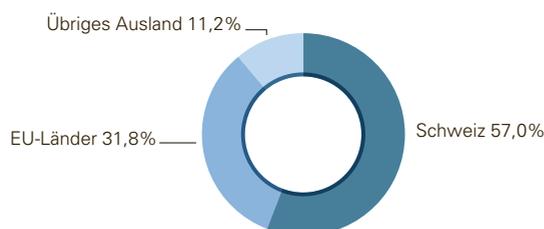
Personalstruktur und Bestand

Der Personalbestand der Eawag (ohne Praktikanten, akademische Gäste und Aushilfen im Stundenlohn) belief sich per Stichtag 31.12.2019 auf 507 Personen und 457.03 Vollzeitstellen (FTE). Dieser verteilt sich auf die Funktionen Wissenschaft, Technik, Administration und Lernende. Der Frauenanteil beträgt insgesamt 50.3 Prozent (inkl. Lernende). Weiterhin bildet die Eawag 26 Lernende in den Bereichen Laborant/In Chemie oder Biologie, KV und Informatik aus.

Die Internationalität der Eawag als führendes Forschungsinstitut in der Wasserforschung spiegelt sich in der Zusammensetzung der Herkunft der Mitarbeitenden aus 42 Nationen.

Herkunft Mitarbeitende

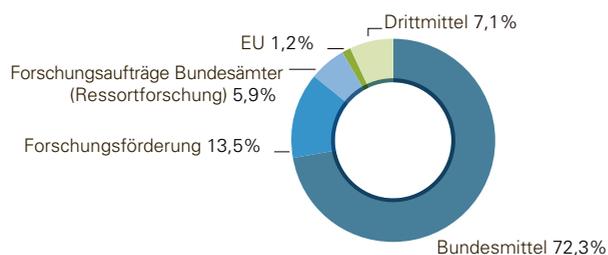
507 



Die Finanzierung der Mitarbeitenden wird nicht nur aus Bundesmitteln, sondern auch durch eingeworbene kompetitive Forschungsmittel finanziert. Per 31.12.2019 verteilen sich die Finanzierungen der FTEs (ohne Lernende) wie folgt:

Mittelherkunft Personal (in Tausend CHF)

16 259 



Personalpolitik und Personalentwicklung

Die Eawag ist eine verantwortungsbewusste Arbeitgeberin, die flexible Arbeitszeitmodelle, integriertes Gesundheitsmanagement und ausgezeichnete Weiterbildungsmöglichkeiten bietet. Sie konzentriert sich kontinuierlich auf die Rekrutierung, die Förderung und Weiterentwicklung sowie den Erhalt von erstklassigen Mitarbeitenden in der Forschung als auch in den technischen und administrativen Bereichen.

Die interne Weiterbildung konzentriert sich insbesondere auf Ausbildungsmassnahmen im Bereich Managemententwicklung, Betriebliches Gesundheitsmanagement und Arbeitssicherheit. Seit Jahren investiert die Eawag ausserdem in Sprachkurse an allen Standorten, um ihrer Internationalität Rechnung zu tragen. Die Weiterbildungsmassnahmen werden jährlich überprüft und wo nötig feinjustiert. Zusätzlich werden zahlreiche externe individuelle Fachausbildungen finanziell unterstützt, um die Qualifikation der Mitarbeitenden auf dem bestehenden hohen Niveau zu halten.

Den 89 an der Eawag angestellten Doktorierenden stehen exzellente Infrastrukturen, spezifische Ausbildungsmöglichkeiten und zugeschnittene Informationsplattformen zur Verfügung. Für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit befristeten Projektanstellungen werden Workshops zur beruflichen Zukunftsplanung als auch die Finanzierung von Academic Transition Grants angeboten, um ihre Qualifikationen für den Arbeitsmarkt zu fördern.

Das «Eawag Partnership Program for Developing Countries» (EPP) bietet Studierenden aus Entwicklungsländern die Möglichkeit, an der Eawag Wissen auszutauschen, zu forschen und sich zu vernetzen und das erworbene Know-how in ihren Heimatländern einzubringen und weiterzugeben. Das «Eawag Postdoc Fellowship» für vielversprechende junge Forschende wird jährlich vergeben und ist ein fester Bestandteil der Förderung und Vernetzung von Talenten durch die Eawag.

Personelles

Carsten Schubert ist Titularprofessor an ETH Zürich

Der Geologe Carsten Schubert ist vom ETH-Rat zum Titularprofessor an der ETH Zürich ernannt worden. Er wird damit für seine Forschung zu biogeochemischen Kreisläufen geehrt sowie für seine Lehre für Studie-

rende und Ausbildung von Doktorierenden. Seit 2001 forscht Carsten Schubert in der Abteilung Oberflächengewässer, die er seit 2012 leitet. Seit 2004 ist er auch Lehrbeauftragter an der ETH Zürich im Departement Umweltsystemwissenschaften. Sein Interesse gilt der organischen Geochemie und der Isotopengeochemie in Seen und marinen Systemen.

Peter Penicka, Eawag



Carsten Schuberts Fachgebiet sind biogeochemische Kreisläufe.

Markus Holzner tritt Eawag-WSL-Stelle an

Seit Anfang Juni 2019 forscht Markus Holzner an Eawag und WSL. Seine Stelle bringt die Forschung beider Institute noch näher zusammen. Der gebürtige Südtiroler forscht für seine Doktorarbeit an der ETH Zürich, für seinen Marie-Curie Postdoc am Max-Planck-Institut in Göttingen. Im Jahr 2013 erhielt er eine SNF-Förderprofessur an der ETH Zürich. «Mich interessiert vor allem die Schnittstelle zwischen aquatischen und terrestrischen Ökosystemen – zum Beispiel, wie Partikel und Organismen in Fließgewässern zusammenspielen», sagt Holzner. «Etwa, was mit Mikroplastik geschieht, das von Flüssen bis ins Meer geschwemmt wird, und wie Lebewesen im Wasser darauf reagieren.»

Peter Penicka, Eawag



Markus Holzner arbeitet an der Eawag, WSL und ETH Zürich.

Benoît Ferrari übernimmt Interimsleitung des Oekotoxenzentrums

Am 1. September 2019 übernahm der Biologe und Biochemiker Benoît Ferrari die Interimsleitung des Oekotoxenzentrums von Inge Werner. Seit 2013 ist er Gruppenleiter für Sediment- und Bodenökotoxikologie am Oekotoxzentrum in Lausanne. In seiner eigenen Forschung fokussiert er sich auf die Ökotoxizität von Sedimenten. Hier hat er in den letzten Jahren innovative Systeme zur Bewertung der Sedimentqualität mitentwickelt – so zum Beispiel das E-board, ein System mit Zuckmückenlarven, das direkt im Gewässer eingesetzt werden kann. Er förderte auch die Anwendung von eDNA-Methoden für das Sediment-Monitoring.

Kathrin Fenner Leiterin der neuen SCS-Sektion

Kathrin Fenner ist zur Vorsteherin der neuen Sektion Chemie und Umwelt der Schweizerischen Chemischen Gesellschaft (SCG) ernannt worden. Die Gruppenleiterin in der Abteilung Umweltchemie wird in dieser Funktion für die Organisation des Vorstands und regelmässige Treffen zuständig sein. Geplant sind verschiedene Anlässe zum Thema Chemie und Umwelt sowie gemeinsame Projekte und Zusammenarbeiten mit der Industrie. Die Sektion Chemie und Umwelt gehört zur Division Analytische Wissenschaften, welche von Marc Suter geleitet wird.



Peter Penicka, Eawag

Kathrin Fenner leitet seit 2019 die Section Chemistry and the Environment (SCE).

Christian Zurbrügg wird Titularprofessor an der Schwedischen Universität für Agrarwissenschaften

Christian Zurbrügg von der Abteilung Siedlungshygiene und Wasser für Entwicklung wurde zum Titularprofessor an der Schwedischen Universität für Agrarwissenschaften (SLU) in Uppsala ernannt. Er wird dort als Lehrbeauftragter im Departement Energie und Technik tätig sein und Doktorandinnen und Doktoranden betreuen. Zurbrügg und seine Forschungsgruppe «Abfallwirtschaft» pflegen bereits seit vielen Jahren den Kontakt mit Uppsala, etwa für Projekte mit den Schwarzen Waffenfliegen zur Verwertung von Biomüll. Künftig freut sich der Umweltingenieur darauf, Zugang zu schwedischen und EU-Forschungsgeldern zu erhalten und gemeinsam mit der schwedischen Universität Projekte in Entwicklungsländern zur Plastikverschmutzung in Flüssen und Meeren voranzutreiben.



Peter Penicka, Eawag

Christian Zurbrügg lehrt nun auch in Schweden.

Im Dialog

Infotag: Gewässer unter Strom

Die Energiestrategie fordert einen Ausbau der Wasserkraft. Das setzt die Schweizer Gewässer und Gewässerlandschaften unter Druck. Am Eawag-Infotag diskutierten gut 200 Fachleute aus Praxis, Forschung und Verwaltung, wie den unterschiedlichen Interessen am Wasser nachhaltig nachgekommen werden kann. Die Eawag-Forschenden zeigten auf, dass es nicht nur um technische Lösungen geht, sondern auch um Fragen der sozialen Akzeptanz, etwa, wenn Massnahmen zugunsten der Gewässerökologie den Strompreis steigen lassen.

TedTalk von Christoph Lüthi: Why shit matters

Drei Milliarden Menschen leben in Städten ohne Kanalisation oder Abwasserreinigungsanlagen. Ihre Exkremente gelangen ungeklärt in die Gewässer und verschmutzen so das Trinkwasser für andere Menschen flussabwärts. Der Leiter der Abteilung Siedlungshygi-

ene und Wasser für Entwicklung Christoph Lüthi legte während eines TedTalks in München dar, wie dieser globalen Problematik beigegeben werden kann. Er zeigte auf, wie aus Abwasser Nährstoffe gewonnen werden können, statt die Umwelt zu verschmutzen.

Zukunftstag

Alle Jahre wieder: Im Herbst 2019 haben zahlreiche Kinder die Gelegenheit genutzt, eine Bezugsperson an die Eawag in Dübendorf oder Kastanienbaum zu begleiten. So erfuhren die jungen Wasserforscherinnen und -forscher, was die Mitarbeitenden der Eawag täglich umtreibt.



Reouli Schaffner, Eawag

Marta Reyes (links) zeigt, welche Planktonarten sich unter dem Mikroskop entdecken lassen.

Science City

«Ohne Wasser kein Leben»: Die Science City-Veranstaltungen der ETH und Eawag drehten sich vergangenen Herbst ganz ums blaue Gold. Zahlreiche Forscherinnen und Forscher der Eawag brachten einem breiten Publikum in Vorträgen, Demonstrationen und Podiumsveranstaltungen die Wasserforschung näher. So hielt Janet Hering, Direktorin der Eawag, einen Vortrag zu «Geht der Welt das Wasser aus?» Eawag-Expertinnen und Experten sprachen ausserdem über sauberes Trinkwasser, das abwasserlose Haus, Biodiversität in Gewässern und die Wasserversorgung im globalen Süden.



Simone Kral, Eawag

Janet Hering hält einen Vortrag an der Science City.



So soll das neue Gebäude namens «Limnion» in Kastanienbaum einmal aussehen.

Immobilien

Im März 2019 fiel der Startschuss für den Bau des neuen Gebäudes an der Eawag in Dübendorf. Das neue Forschungs-, Büro- und Lehrgebäude trägt den Namen «FLUX». Es bietet nicht nur Platz für die Eawag-Mitarbeitenden, sondern auch für das Oekotoxzentrum, das an der Eawag seinen Hauptsitz hat. Ausserdem entstehen Arbeitsplätze für Studierende und Doktorierende sowie akademische Gäste, die oft mehrere Monate an der Eawag arbeiten und zu einem verbesserten Netzwerk in Forschung, Lehre und Beratung beitragen.

Ebenfalls sollen gemeinsame Speziallabors für die Abteilung Verfahrenstechnik und die Abteilung Siedlungshygiene und Wasser für Entwicklung eingerichtet werden. Im sogenannten «Synthesis Center» soll der Wissenstransfer an und aus der Eawag zusätzlich verstärkt werden. Dort werden Forschende und Gäste an den Schnittstellen von Wissenschaft, Politik und Praxis arbeiten. Ausserdem wird sich im FLUX ein Foto- und Videostudio befinden, das Aufnahmen für eLearning-Videos wie MOOCs, Projektvideos, Clips für Social Media oder Interviews ermöglicht.

Entsprechend der Vorbildfunktion des Bundes werden beim FLUX neueste Technologien des nachhalti-

gen Bauens angewendet. So kommt unter anderem eine innovative Laborlüftung zum Einsatz und das Gebäude wird nach MINERGIE-ECO® zertifiziert.

Ein neues Gebäude für Kastanienbaum

Auch in Kastanienbaum wird bald gebaut. Ausschlag für einen Neubau gab ein Schädlingsbefall an einem älteren Lagergebäude. Eine Machbarkeitsstudie zeigte, dass eine Sanierung ähnlich teuer werden würde wie ein neues Lager. Da auch in Kastanienbaum Platz Mangelware ist, entschied die Direktion, nicht nur einen Ausgleich für die fehlende Lagerfläche zu schaffen, sondern auch Raum für Büros und Forschungsinfrastrukturen zu bieten. Im Lauf des Jahres 2020 wird das Projekt im Detail geplant und dem ETH-Rat im Frühling 2021 zur Bewilligung eingereicht.

Chancengleichheit für alle Umwelt

Das Komitee für Chancengleichheit (EOC) mit Vertreterinnen und Vertretern aus allen Mitarbeitendengruppen engagiert sich an der Eawag und innerhalb des ETH-Bereichs für die Sicherstellung der Chancengleichheit. Vermittelt werden diese Aktivitäten über einen in 2019 überarbeiteten Intranet-Auftritt in Deutsch und Englisch. Neben der langjährigen Mitwirkung im «Fix the leaky pipeline» Programm des ETH-Bereichs beteiligt sich die Eawag neu am «CONNECT Programm» welches mit der Unterstützung von projektgebundenen Beiträgen über swissuniversities Akademikerinnen mit der Privatwirtschaft vernetzt.

In 2019 wurde in Zusammenarbeit mit dem EOC eine Aktion zum Thema «Respekt» durchgeführt: Online und in einem Flyer wurden die Werte der Eawag sowie die verschiedenen Anlaufstellen und Verantwortlichkeiten im Falle von Belästigung, Stalking, Mobbing und Diskriminierung zusammengefasst. Ein Aktionstag wurde unter dem Motto «wir leben Respekt ... gegenseitig» durchgeführt, an der Eawag Mitarbeitende diskutierten, wie jeden Tag respektvoll miteinander umgegangen werden soll.

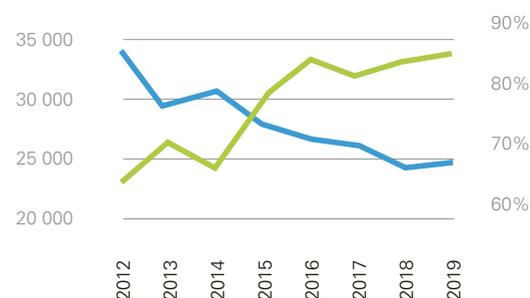
Ein wichtiges Thema ist weiterhin die Vereinbarkeit von Familie und Beruf. Das Tailwind Programm stellt Müttern finanzielle Mittel zur Verfügung, um sie in den ersten Monaten der Mutterschaft zu entlasten. Wissenschaftlerinnen im Tenure Track erhalten bei Familiengründung eine automatische Verlängerung ihres Anstellungsverfahrens. Auch Väter können auf Antrag ihren Beschäftigungsgrad befristet reduzieren. Der hohe Frauenanteil in Führungspositionen (30,55%) bleibt relativ hoch. Neben ihrem Engagement für die Empa-Eawag Kinderkrippe unterstützt die Eawag wenig verdienende Eltern zusätzlich mit finanziellen Beteiligungen an den Betreuungskosten.

Das Dilemma ist bekannt: Internationale Forschungstätigkeit ist für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von zentraler Bedeutung, doch Flugreisen belasten das Klima. Als Umweltinstitut möchte die Eawag daher ihre dienstlichen Flugreisen reduzieren. Seit letztem Jahr läuft an der Eawag die Initiative «FlyAware», in der junge Forschende gemeinsam mit dem Umweltteam und der Belegschaft über Möglichkeiten zur weiteren Reduktion der Geschäftsflüge diskutieren. Rund die Hälfte der Mitarbeitenden beteiligte sich an einer Umfrage von «FlyAware» und sprach sich mit deutlicher Mehrheit für Massnahmen aus.

Eine erste Massnahme wurde bereits umgesetzt: Seit Herbst 2019 besitzt die Eawag eine neue Videokonferenz-Plattform, die es Forschenden erlaubt, einfach und unkompliziert Videokonferenzen durchzuführen. Die Umsetzung weiterer Massnahme wird derzeit in Zusammenarbeit mit der Direktion vorbereitet.

Energieverbrauch pro Kopf

Energieverbrauch MJ/Vollzeitäquivalent
Anteil erneuerbarer Energie in Prozent

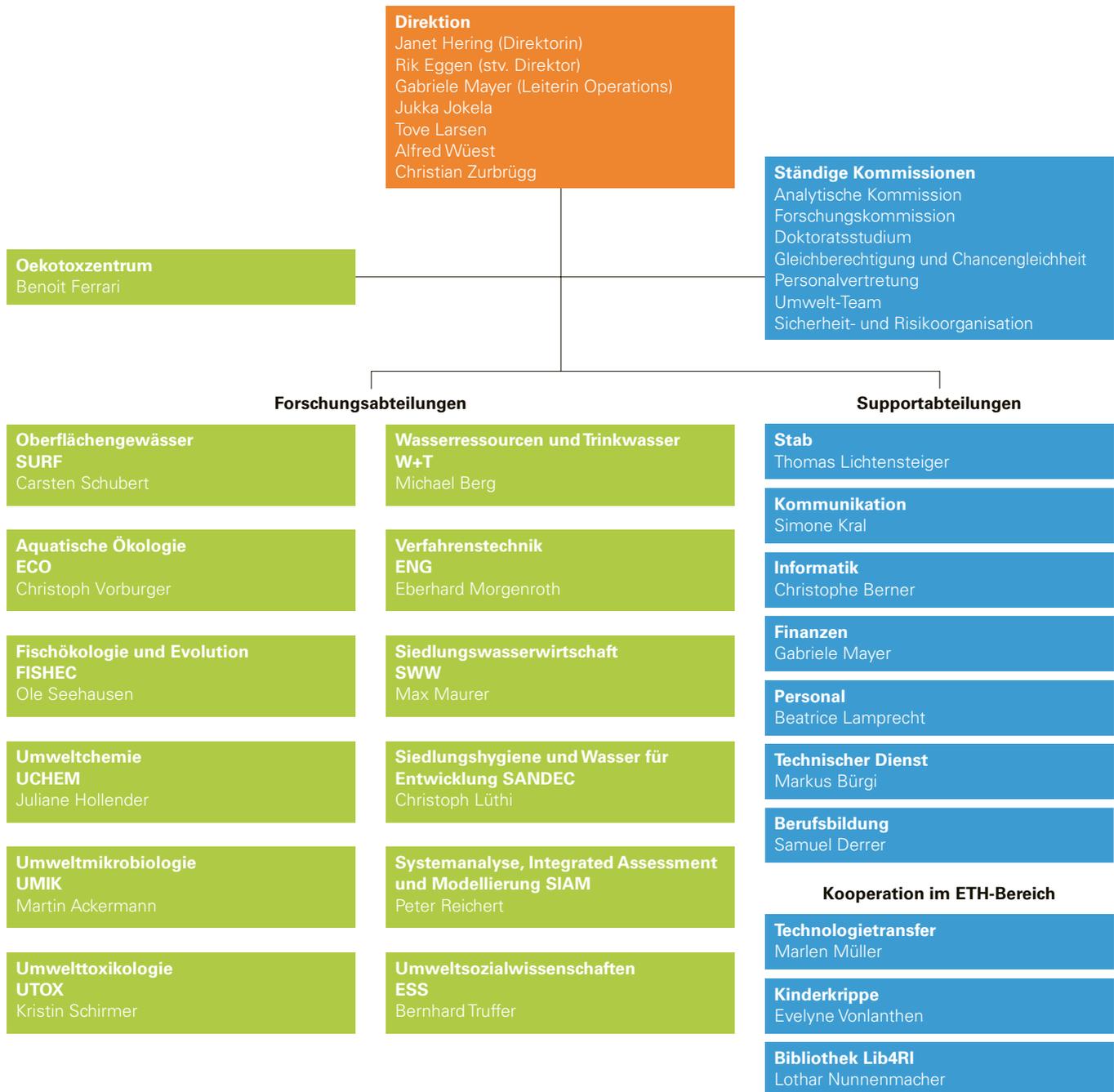


Stromproduktion aus Fotovoltaik

Solarstrom
kWh



Organisation



Direktion



Janet Hering Direktorin

Die Chemikerin ist Spezialistin für die Aufbereitung von verunreinigtem Wasser zu Trinkwasser und für das biochemische Verhalten von Spurenmetallen. Sie ist ordentliche Professorin für Umweltbiogeochemie an der ETH Zürich und für Umweltchemie an der ETH Lausanne. Janet Hering gehört verschiedenen nationalen und internationalen Gremien an. So wurde sie 2015 in den Vereinigten Staaten von der renommierten National Academy of Engineering als Mitglied aufgenommen.



Rik Eggen Stellvertretender Direktor

Der Biologe erforscht unter anderem, wie sich chemische Verunreinigungen auf aquatische Lebewesen und auf die menschliche Gesundheit auswirken, welche Mechanismen der Wirkung von Schadstoffen zugrunde liegen und wie sich diese Effekte reduzieren lassen. Rik Eggen ist Titularprofessor für Umwelttoxikologie an der ETH Zürich. Er gehört ausserdem der Geschäftsleitung des Ökotoxizentrums an, das die Eawag und die ETH Lausanne gemeinsam betreiben.



Gabriele Mayer Leiterin Operations

Die Betriebswirtin hat grosse Erfahrung in den Bereichen «Interne Kontrollsysteme» und «Internationale Rechnungslegung». Sie war in amerikanischen und schweizerischen Konzernen als Mitglied der Geschäftsleitung tätig. Gabriele Mayer ist verantwortlich für die Supportabteilungen und institutsübergreifende Infrastrukturen. Dazu zählen der Betrieb und die Weiterentwicklung des SAP-Systems, mit dem die vier Forschungsinstitute des ETH-Bereichs arbeiten, oder bereichsübergreifende Projekte wie der Wechsel auf den Rechnungslegungsstandard IPSAS.



Jukka Jokela Gruppenleiter ECO

Der Ökologe ist ein weltweit anerkannter Experte für die Evolution aquatischer Organismen und für Fragen der Koevolution von Parasiten und ihrer Wirte. Im Bereich der angewandten Forschung entwickelt er Managementmethoden, um die Ausbreitung von invasiven Arten und Krankheitserregern einzudämmen. Jukka Jokela ist ordentlicher Professor für Aquatische Ökologie an der ETH Zürich und Mitglied der Direktion und des Lenkungsausschusses des Genetic Diversity Centers der ETH Zürich.



Tove Larsen Gruppenleiterin SWW

Die Chemieingenieurin befasst sich mit nachhaltigem Wassermanagement in urbanen Gebieten. Sie erforscht Technologien für die dezentrale Abwasserreinigung und für die Separierung und Rezyklierung der Abwasserströme. Sie leitete das preisgekrönte Projekt «Blue Diversion» zur Entwicklung einer autonomen Trockentoilette. Tove Larsen ist Titularprofessorin an Dänemarks Technischer Universität und sitzt in den Beiräten der Fachhochschule Nordwestschweiz und der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.



Alfred Wüest Gruppenleiter SURF

Der Umweltphysiker erforscht und modelliert die Mischungsprozesse und biogeochemischen Stoffflüsse in Seen. Zudem untersuchte er, wie sich der Pumpspeicherbetrieb von Wasserkraftwerken und die Wärmenutzung von Seen auf die aquatische Umwelt auswirken. Alfred Wüest ist ordentlicher Professor für Physik Aquatischer Systeme an der ETH Lausanne (Margaretha-Kamprad-Lehrstuhl). Dort leitet er auch das Zentrum für Limnologie.



Christian Zurbrugg Gruppenleiter SANDEC

Der Experte für Wasserversorgung, Siedlungshygiene und Abfallmanagement in Entwicklungs- und Schwellenländern erforscht Konzepte und Technologien, mit denen sich die sanitäre Infrastruktur und Abfallentsorgung in urbanen Gebieten solcher Länder verbessern lassen. In diesem Bereich hat er diverse internationale Programme und Projekte geleitet. Christian Zurbrugg unterrichtet an der ETH Zürich und der ETH Lausanne sowie an verschiedenen Universitäten und Fachhochschulen.

Risikomanagement der Eawag Risikosituation

Ausgangslage

Der Umgang mit Risiken ist in den Weisungen des ETH-Rates vom 4.7.2006 über das Risikomanagement der ETH und der Forschungsanstalten festgehalten, die der ETH-Rat gestützt auf Art. 19a Abs. 2 der Verordnung ETH-Bereich (SR 414.110.3) erlassen hat. Diese Weisungen regeln die Grundzüge des Risikomanagements und enthalten die Ziele der Risikopolitik, die der ETH-Rat verfolgt. Die Weisungen wurden aufgrund einer Präsidialverfügung auf den 15.2.2007 in Kraft gesetzt. Sie regeln insbesondere:

- die Ziele der Risikopolitik und die Zuständigkeiten
- die Risikoerfassung
- die Risikobewertung
- die Risikobewältigung und -finanzierung
- das Risikocontrolling

Ziel der Risikopolitik an der Eawag ist es, umsichtig und rechtzeitig die für den Betrieb und das Wirken der Eawag massgebenden Risiken zu erkennen, bewusst zu machen und mit geeigneten Massnahmen abgestimmt auf die kulturelle Vielfalt und die Organisation der Institution aufzufangen oder zu mindern.

Verantwortung und Risikomanagementprozess

Entsprechend der im ETH-Gesetz verankerten Autonomie der sechs Institutionen als Grundlage der Leistungen in Lehre, Forschung und Wissens- und Technologietransfer ist jede Institution für das Management der in ihrem Bereich bestehenden Risiken selbst verantwortlich. Die Präsidenten der ETH beziehungsweise die Direktorin und die Direktoren der Forschungsanstalten tragen demnach die oberste Verantwortung für das Risikomanagement in ihrer Institution. Die beiden ETHs und die vier Forschungsanstalten haben deshalb, gestützt auf die Vorgaben des ETH-Rats, je ihren eigenen Risikomanagementprozess eingeführt. Zu diesem Prozess gehören die Identifizierung und Bewertung der individuellen Risiken, Strategien zu deren Bewältigung und ein entsprechendes Controlling. Die Eawag verfügt über einen Risikomanager, welcher die Aktivitäten im Rahmen des Risikomanagements koordiniert und den Risikomanagementprozess steuert. Der Risikomanager wird durch die weiteren Pflichtentragenden der Eawag-Risikoorganisation unterstützt. Die effektive Umsetzung des Risikomanagements wird von der Direktion und vom internen Audit des ETH-Rats überprüft, das an den Auditausschuss des ETH-Rats rapportiert.

Risiken

Das individuelle Profil der Eawag widerspiegelt sich in ihrem Risikokatalog. Dabei spielt im Vergleich mit den weiteren Institutionen des ETH-Bereichs die relativ geringe Grösse der Eawag eine Rolle bezüglich der Kernrisiken und ihrer Bewertung.

Die identifizierten Risiken mit deren potenziellen Schäden sind detailliert im Risikokatalog beschrieben sowie anhand der beiden Dimensionen Eintretenswahrscheinlichkeit und finanzielle Auswirkung (potenzielle Schadenhöhe) bewertet. Zusätzlich wird der potenziellen Auswirkung eines Risikos auf die Reputation besondere Beachtung geschenkt. Die Eawag aktualisiert ihren Risikokatalog mindestens einmal pro Jahr unter Berücksichtigung neuer Entwicklungen und veränderter Risikosituationen. Der Katalog beinhaltet folgende Risikokategorien:

- finanzielle und wirtschaftliche Risiken
- rechtliche Risiken
- Sachrisiken, technische Risiken und Elementarrisiken
- personenbezogene und organisatorische Risiken
- technologische und naturwissenschaftliche Risiken
- gesellschaftliche und politische Risiken
- Umweltrisiken und ökologische Risiken

Die Kernrisiken sind jene mit potenziell hohen finanziellen Auswirkungen und einer überdurchschnittlichen Eintretenswahrscheinlichkeit, die unmittelbar die Erfüllung der gesetzlichen Aufgaben der Institution gefährden.

Jeweils im Frühjahr trifft sich die Risikoorganisation zur jährlichen Besprechung der Risikosituation an der Eawag und verfasst unter Leitung des Risikomanagers einen Risikoreport, der neben dem Sitzungsprotokoll den überarbeiteten Risikokatalog sowie Kurzberichte mit Jahresrückblick und Ausblick aller Risikoeignerinnen und -eigner enthält. Dieser Risikoreport wird der Eawag-Direktion zur Kenntnis gebracht und zur Genehmigung vorgelegt. Im Rahmen ihrer jährlichen Berichterstattung informiert die Eawag über ihre Kernrisiken, insbesondere was Bestand, Umfang und potenzielle Auswirkungen dieser Risiken angeht. Der ETH-Rat als Aufsichtsorgan des ETH-Bereichs wird zudem unmittelbar und zeitgerecht über eventuelle ausserordentliche Risikoveränderungen oder ausserordentliche Schadenereignisse in Kenntnis gesetzt. Die Eawag sieht ihre Kernrisiken in den folgenden Bereichen:

- Qualität von Lehre, Forschung und Dienstleistungen
- wissenschaftliches Fehlverhalten
- Beschädigung/Verlust von Versuchsanlagen/Proben
- Unfälle von eigenen Mitarbeitenden und von Gästen
- Informatikrisiken (Datenverlust, unberechtigter Zugriff usw.)

Instrumente und Massnahmen des Risikomanagements

Die Grundzüge des Risikomanagements sehen vor, dass sich die Eawag, subsidiär zu anderen Massnahmen, gegen allfällige Schäden versichert

Versicherungssituation

Trotz eines sorgfältigen Risikomanagements kann nicht ausgeschlossen werden, dass eine Institution von einem Schadenereignis betroffen wird, das die Erfüllung ihrer in der Bundesgesetzgebung verankerten Aufgaben gefährdet. In diesem Fall würde der ETH-Rat gemäss Art. 19a Abs. 4 der Verordnung ETH-Bereich (SR 414.110.3) beim Departement zuhanden des Bundesrats eine Anpassung des Leistungsauftrags oder eine Erhöhung des Finanzierungsbeitrags des Bundes beantragen. Zur Beurteilung dieses subsidiären Risikos für den Bund (im Sinne der Ausfallhaftung gemäss Art. 19 Abs. 1 des Verantwortlichkeitsgesetzes SR 170.32) kommt den von den Institutionen des ETH-Bereichs abgeschlossenen Versicherungen eine wichtige Bedeutung zu. Dabei haben die Institutionen ihre individuelle Risikolage zu berücksichtigen und müssen sowohl ein angemessenes Kosten-Nutzen-Verhältnis anstreben als auch die einschlägigen Bestimmungen über das öffentliche Beschaffungswesen des Bundes einhalten. Diese Versicherungen haben dem Standard zu genügen, der im schweizerischen Versicherungsmarkt üblich ist, und müssen bei einer in der Schweiz zugelassenen Versicherungseinrichtung abgeschlossen werden.

Jede Institution ist für den Abschluss ihrer Versicherungen und die Verwaltung ihres Versicherungsportfolios selbst verantwortlich. In seinen Weisungen legt der ETH-Rat lediglich fest, dass die beiden ETHs und die vier Forschungsanstalten neben den gesetzlich vorgeschriebenen Versicherungen die folgenden Versicherungen im Sinne einer Grunddeckung abschliessen müssen:

- Sach- und Betriebsunterbrechungsversicherung
- Betriebshaftpflichtversicherung
- Versicherungen, die notwendig sind zur möglichst

vollständigen Deckung der Kernrisiken.

Dabei ist zu beachten, dass sich nicht alle Kernrisiken versichern lassen bzw. ihre Versicherung finanzierbar ist. Die Eawag hat Sachversicherungen und Betriebshaftpflichtversicherungen zur Deckung von Schäden abgeschlossen. Im Weiteren verfügt die Eawag über kleinere Versicherungen für spezifische Risiken, wie dies in den Weisungen vorgeschrieben ist.

Offenlegung der Risiken

Im Rahmen des Jahresabschlusses wird sichergestellt, dass die Risiken innerhalb des bestehenden Reportings vollständig erfasst werden. Die Risiken werden aufgrund der Einschätzung der Eintretenswahrscheinlichkeit entweder unter den Rückstellungen (>50% Eintretenswahrscheinlichkeit) oder im Anhang unter den Eventualverbindlichkeiten ausgewiesen.

Internes Kontrollsystem

Die Eawag betreibt, gestützt auf den Vorgaben des ETH-Rats, ein internes Kontrollsystem (IKS), das die relevanten Finanzprozesse sowie die entsprechenden Risiken der Buchführung und Rechnungslegung frühzeitig identifiziert, bewertet und mit geeigneten Schlüsselkontrollen abdeckt. Das IKS umfasst diejenigen Vorgänge und Massnahmen, die eine ordnungsgemässe Buchführung und Rechnungslegung sicherstellen und entsprechend die Grundlage jeder finanziellen Berichterstattung darstellen. Es gewährleistet somit eine hohe Qualität der finanziellen Berichterstattung. Die Eawag versteht das IKS als Aufgabe zur kontinuierlichen Verbesserung der Prozesse.

Redaktion: Kommunikation Eawag

Mitarbeit: Johann Dossenbach, Thomas Lichtensteiger, Gabriele Mayer, Cornelia Eisenach (freie Autorin), Irene Bättig und Rahel Meister (Sprachwerk)

Gestaltung und Layout: Peter Penicka

Übersetzungen: Jeff Acheson, Laurence Frauenlob

© Eawag, April 2020

Der Jahresbericht erscheint in deutscher Sprache sowie französischer und englischer Übersetzung. Verbindlich ist die deutsche Version.

Eawag
Überlandstrasse 133
8600 Dübendorf
Schweiz
+41 (0)58 765 55 11

Eawag
Seestrasse 79
6047 Kastanienbaum
Schweiz
+41 (0)58 765 21 11

info@eawag.ch
eawag.ch



Die Texte, die mit dem Zusatz «Eawag» gekennzeichneten Fotos sowie alle Grafiken und Tabellen unterliegen der Creative-Commons-Lizenz «Namensnennung 4.0 International». Sie dürfen unter Angabe der Quelle frei vervielfältigt, verbreitet und verändert werden. Weitere Informationen zur Lizenz finden sich unter <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>.

Eawag
Überlandstrasse 133
8600 Dübendorf
Telefon +41 (0)58 765 55 11
info@eawag.ch
eawag.ch

