

2022 Infotag Magazin

Dynamische Gewässer:
Neue Werkzeuge, neue Möglichkeiten

Dynamische Gewässer: Neue Werkzeuge, neue Möglichkeiten

Die Überwachung der Oberflächengewässer hat eine lange Tradition in Lausanne, seit François-Alphonse Forel vor rund 125 Jahren am Genfersee die Wissenschaft der Limnologie begründete. Seitdem wurden alternative Überwachungsmethoden entwickelt, mit denen sich die Dynamik aquatischer Systeme mittels Datenerfassung durch vor Ort installierte Sensoren oder Satelliten, Drohnen und Smartphones in hoher Frequenz messen und verstehen lässt.

Mit den so gewonnenen Datensätzen können die verschiedenen Prozesse heute sehr schnell, manchmal sogar in Echtzeit und automatisch analysiert werden. Die erfassten Daten bilden die Grundlage für Modelle, um die Quantität und Qualität der Oberflächengewässer abzubilden, sei es im Einzugsgebiet, in urbanen Systemen oder in den Seen.

Eine der aktuellen Herausforderungen ist es, diese neuen Werkzeuge für ein besseres Management auf Einzugsgebietsebene zu nutzen. **Der Eawag-Infotag 2022** bietet einen Überblick über jüngst entwickelte Methoden zur Überwachung der Oberflächengewässer und geht auf die Möglichkeiten und Grenzen dieser neuen Technologien ein.

Eine Premiere ist das vorliegende **Magazin zum Infotag**, das den bisherigen Tagungsband ersetzt. Darin erhalten die Themen des Infotages mehr Raum und können attraktiver und leserfreundlicher präsentiert werden. Ausserdem stehen online zu vielen Beiträgen zusätzliche Informationen, Bilder oder Videos zur Verfügung. Das Infotag-Magazin bietet daher den Teilnehmenden auch nach dem Infotag eine lesenswerte Zusammenfassung. Aber auch wer nicht am Anlass teilnehmen konnte, erhält mit dem Magazin einen guten Überblick über das Thema des Infotages.

Titelbild: Blick auf die Mündung der Rhône in den Genfersee. Infrarot- und Hyperspektralkameras am Fluggerät messen unter anderem die Wassertemperatur und -qualität. (Foto: Damien Bouffard, Eawag)

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. 40 Professorinnen und Dozenten und über 300 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 5'000 Lehrstunden an Schweizer Hochschulen und die Betreuung von über 140 Bachelor- und Masterarbeiten und 143 Doktorierenden pro Jahr tragen zur Ausbildung junger Fachkräfte für den Schweizer Wassersektor bei.



«Es bedarf einer ganzheitlichen Sicht auf das Einzugsgebiet»

Seiten 8-13

Dr. Damien Bouffard

Abteilung Oberflächengewässer, Eawag



LéXPLORE – die schwimmende Forschungsstation

Seiten 14-17

Dr. Natacha Tofield-Pasche

Fakultät ENAC, EPFL



Mikroverunreinigungen in
Echtzeit überwachen

Seiten 18-20

Dr. Christoph Ort
Abteilung Siedlungswasserwirtschaft, Eawag



Die Abwasserbewirt-
schaftung optimieren
und Gewässer schützen

Seiten 21-23

**Dr. Frédéric Jordan und
Dr. Philippe Heller**
Hydrique Ingénieurs



Umweltbeobachtung
aus dem All

Seiten 24-25

Dr. Daniel Odermatt
Abteilung Oberflächengewässer, Eawag



«Ich habe noch nie an einem so
gefragten Thema gearbeitet.»

Seiten 26-27

Prof. Dr. Tamar Kohn
Fakultät ENAC, EPFL



Fisch auf Chips oder
wie Kristin Schirmer
Tierleben rettet

Seiten 28-29

Prof. Dr. Kristin Schirmer
*Abteilung Umwelttoxikologie, Eawag, Fakultät
ENAC, EPFL und Departement USYS, ETHZ*



Schadstoffe in
Sedimenten überwachen

Seiten 30-31

Dr. Benoît Ferrari
Leiter, Ökotoxzentrum



Hochwasserinfos via
Social Media

Seiten 32-33

Dr. João P. Leitão
Abteilung Siedlungswasserwirtschaft, Eawag

Dr. Salvador Peña-Haro
photrack AG

Gletscheränderungen
beobachten/Beeinträchtigte
Fließgewässerdynamik

Seiten 34-37

Prof. Dr. Stuart Lane
*Fakultät für Geowissenschaften und Umwelt,
Universität Lausanne, UNIL*



«Es bedarf einer ganzheitlichen Sicht auf das Einzugsgebiet»





Mehr Infos

Kontakt:
Dr. Damien Bouffard
Abteilung Oberflächengewässer, Eawag

Der Physiker Damien Bouffard leitet die Gruppe Aquatische Physik an der Eawag und hat den Infotag mitkonzipiert. Im nachfolgenden Interview erläutert er, welche Ziele das Organisationskomitee verfolgt.

Herr Bouffard, Sie waren massgeblich an der Konzeption des Infotages «Dynamische Gewässer: Neue Werkzeuge, neue Möglichkeiten» der Eawag beteiligt. Warum braucht es diese Fachtagung?

Die Technologien und Werkzeuge zum Erfassen und Analysieren von Gewässern entwickeln sich laufend und teilweise sehr schnell weiter. Sie ermöglichen es Fachleuten aus verschiedenen Bereichen, sei es aus der Forschung oder der Privatwirtschaft, die Dynamik von Oberflächengewässern zu untersuchen und Lösungen für den Erhalt von Wasserressourcen – eine der grossen gesellschaftlichen Herausforderungen – zu finden. Eines der Ziele des Infotages ist es, diese Fachleute zusammenzubringen, um den aktuellen Stand der Entwicklungen zu diskutieren und Erfahrungen auszutauschen. Am Infotag wollen wir auch darüber diskutieren, wie diese neuen Werkzeuge in Seen, Flüssen sowie städtischen Gebieten eingesetzt werden können, um einen ganzheitlichen Ansatz auf der Ebene von Wassereinzugsgebieten unterstützen zu können.

Sie haben lange mit Alfred Johnny Wüest zusammengearbeitet. Prof. Dr. Wüest, der bis zu seiner Pensionierung in der Direktion der Eawag tätig war, hat diesen Infotag zusammen mit Ihnen konzipiert. Was nehmen Sie aus dieser Zusammenarbeit mit?

Frühere Generationen haben sich bereits mit ähnlichen Forschungsfragen befasst, und wir verfolgen oft die gleichen Ziele wie sie. Wir führen ihre Forschung fort, verfügen aber nun über neue Technologien und Werkzeuge, die uns dabei helfen, die Komplexität von Umweltsystemen besser zu verstehen. Es ist wichtig, die Errungenschaften der Vergangenheit zu verstehen und auf ihnen aufzubauen, um Fortschritte zu machen und nicht «das Rad neu zu erfinden». Ich beschäftige mich hauptsächlich mit Seen. Heute kann ich dank neuer Technologien zum Beispiel problemlos mit Fachleuten für städtische Gewässer, Flüsse, Gletscher usw. zusammenarbeiten, um bestimmte Entwicklungen bei Seen zu verstehen. Seen sind nämlich nicht isoliert, sondern Knotenpunkte in Wassereinzugsgebieten, sie sind gewissermassen Informationssammler. Dank neuer Technologien gelingt es uns heute schnell, innovative Lösungen für gesellschaftlich wichtige Probleme vorzuschlagen. Die Verfolgung von Viren im Abwasser während der Covid-19-Pandemie ist ein Beispiel dafür, was neue Technologien können (siehe Artikel S. 26).

Im Zentrum des Infotages stehen Methoden für ein Monitoring und Management von Oberflächengewässern auf der Ebene von Einzugsgebieten. Worin bestehen dabei die grössten Herausforderungen für Forschung und Praxis?

Es bedarf einer ganzheitlichen Sicht auf das Einzugsgebiet, um dessen Entwicklung zu verstehen und die Folgen lokaler Veränderungen abschätzen zu können.



Auf der Forschungsplattform LÉXPLORE im Genfersee werden rund um die Uhr Wasserparameter gemessen.

Dieses Management auf der Ebene des Einzugsgebiets ist jedoch kompliziert. Denn dazu müssen Daten aus verschiedenen Disziplinen wie Hydrologie, Glaziologie, Biologie, Chemie oder Physik miteinander verknüpft, ausgewertet und interpretiert werden. Und es braucht verschiedene Messmethoden wie Fernerkundung, Drohnen, analytische Methoden und Beobachtungen vor Ort. Es ist daher entscheidend, Fachleute aus den verschiedenen Disziplinen zu haben, welche die wichtigen Daten sammeln und analysieren. Ebenso entscheidend ist es, dass diese Fachleute miteinander kommunizieren und sich austauschen, um ein Gesamtbild zu erhalten, und dass sie nach Möglichkeit nachhaltige Lösungen vorschlagen, die der Komplexität des Systems Rechnung tragen. Die Ergebnisse müssen also ausgetauscht werden, was einen freien Zugang zu Daten und Modellen erfordert. Nur so können Wassereinzugsgebiete als Ganzes untersucht werden. Aus diesem Grund sind Open-Science-Projekte wie «Datalakes» wichtig (siehe Artikel S. 13).

Solche Open-Science-Projekte sind in der Forschung relativ neu. Können Sie mir beschreiben, wie die Plattform «Datalakes» funktioniert?

Das Ziel der Plattform ist es, den Austausch und die Nutzung von Daten zu ermöglichen. «Datalakes» basiert auf der Visualisierung von Daten und funktioniert deshalb gut, weil zahlreiche Forschende ihre Daten einspeisen und zur freien Verfügung stellen. Als Nutzer schaue ich mir zuerst die Daten an, die ich für meine Forschung benötige. Wenn ich mich als Seenforscher zum Beispiel für den Chlorophyllgehalt eines bestimmten Sees interessiere, kann ich die entsprechenden Daten herunterladen und frei verwenden. Ich habe auch Zugang zu anderen Daten wie Wetter- oder Strömungsdaten und kann so versuchen, meine Beobachtungen in einen Zusammenhang zu stellen. Der grosse Vorteil ist, dass ich nicht alle Daten selbst sammeln und aufbereiten muss. Die Rohdaten werden von kleinen Programmen verarbeitet und in sogenannte Produkte umgewandelt, die von jedem Nutzer und jeder Nutzerin direkt verwendet werden können. Die Programme sind ebenfalls frei verfügbar und werden von der Community laufend kontrolliert und weiterentwickelt. Die Nutzenden profitieren also gegenseitig vom Wissen und den Ergebnissen der anderen, und das in vielen verschiedenen Disziplinen.



Die Vielfalt an Methoden und Techniken, die Forschung und Praxis heute zur Verfügung stehen, ist bemerkenswert. Wie schätzen Sie ihre Entwicklung in den letzten zehn Jahren ein?

Die meisten Methoden steckten vor zehn Jahren noch in den Kinderschuhen und liessen sich noch nicht standardmässig anwenden. Rückblickend ist es beeindruckend zu sehen, wie rasch sie sich in dieser relativ kurzen Zeit entwickelt haben. Ein Beispiel sind Satellitendaten: Satellitenaufnahmen gibt es bereits seit Längerem, ihre räumliche und zeitliche Auflösung war jedoch bis vor einigen Jahren gering. Wir konnten früher etwa alle zwei Wochen eine Messung durchführen, heute messen wir täglich und werten die Bilder fast in Echtzeit aus. So lässt sich heute zum Beispiel zeitnah mitverfolgen, wie sich Blaualgenblüten im Genfersee innerhalb nur weniger Tage entwickeln. Diese Bilder können wir dann mit den Wasserparametern verknüpfen, die wir auf der Forschungsplattform «LéXPLORE» stündlich messen (siehe Artikel S. 14).

Sie haben zahlreiche neue Möglichkeiten erläutert, die sich durch die technische Entwicklung ergeben. Besteht denn nicht die Gefahr, dass vor lauter Bäume der Wald nicht mehr erkannt wird?

Es besteht durchaus die Gefahr, bei Diskussionen über die neuen Werkzeuge und Technologien das Ziel aus den Augen zu verlieren. Das Sammeln und Analysieren von Daten sollten kein Selbstzweck sein, sondern uns dabei unterstützen, wissenschaftliche Fragen zu beantworten und gesellschaftlich relevante Probleme zu lösen. Denn unser Ziel ist es, das System- und Prozessverständnis von Oberflächengewässern zu verbessern, um die Wasserbewirtschaftung in den Wassereinzugsgebieten zu verbessern. Aus diesem Grund werden unsere gemeinsamen Fragen und Ziele in den Mittelpunkt des Infotages gestellt.

Welches sind denn für Sie die wichtigen Fragen in Bezug auf System- und Prozessverständnis oder Management von Oberflächengewässern?

Wir haben erst einen mangelhaften Einblick in Prozesse, die stromabwärts eines Einzugsgebiets ablaufen – also vom Gletscher über Fließgewässer bis zu Seen, Grundwasser und Siedlungsgewässern. Dies erschwert es, zu verstehen, wie sich Veränderungen im Einzugsgebiet auf die verschiedenen Teilsysteme auswirken, zum Beispiel auf Seen oder das Grundwasser. Eine zweite Lücke sehe ich auf der zeitlichen Ebene: Für ein Monitoring von Oberflächengewässern auf der Ebene von Einzugsgebieten müssen wir einerseits Langzeitbeobachtungen durchführen, um langfristige Entwicklungen zu erfassen. Andererseits müssen wir kurzfristige Entwicklungen verfolgen und verstehen. Für einzelne Teilsysteme haben wir heute bereits bessere Möglichkeiten, wie das Beispiel der Blaualgenblüte zeigt. Das trifft aber nicht auf alle Systeme eines Einzugsgebiets zu. Was wir brauchen sind also langfristige Messungen mit einer sehr hohen zeitlichen Auflösung, was sehr aufwendig und herausfordernd ist.

Welche Herausforderungen stellen sich Ihnen hier als Forscher?

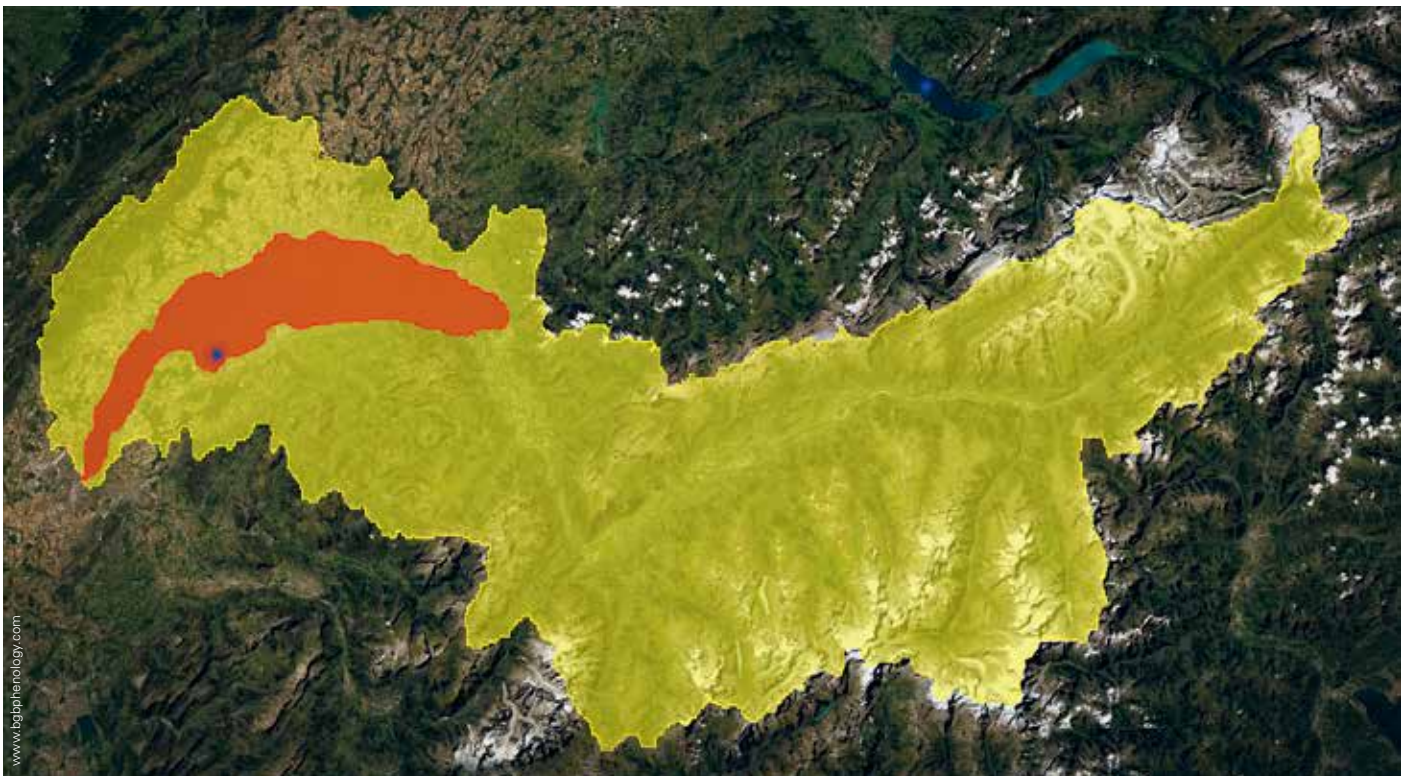
Zum einen müssen wir in der Lage sein, sehr grosse Datenmengen zu erfassen, zu analysieren und zu sichern. Auf der Forschungsplattform «LéXPLORE» am Genfersee ist es uns mit dem Projekt «Datalakes» gelungen, dieses Problem technisch zu lösen. Was noch zu lösen ist, ist die Frage, wie man die Zusammenarbeit von Experten aus verschiedenen Disziplinen über lange Zeiträume aufrechterhalten kann. Unsere Forschung basiert typischerweise auf Projekten, die über drei bis vier Jahre laufen. Die Entwicklung einer interdisziplinären Zusammenarbeit ist jedoch zeitaufwendig und nur über einen längeren Zeitraum hinweg wirksam. Die auf zehn Jahre angelegte Forschungsplattform «LéXPLORE» ermöglicht es uns, hier einen Schritt weiterzugehen und neue Synergien zu schaffen. Ohne die breite finanzielle Unterstützung der in «LéXPLORE» engagierten Universitäten und Forschungsinstitute wäre es unmöglich gewesen, die auf der Plattform laufenden Studien über einen Zeitraum von zehn Jahren zu planen.



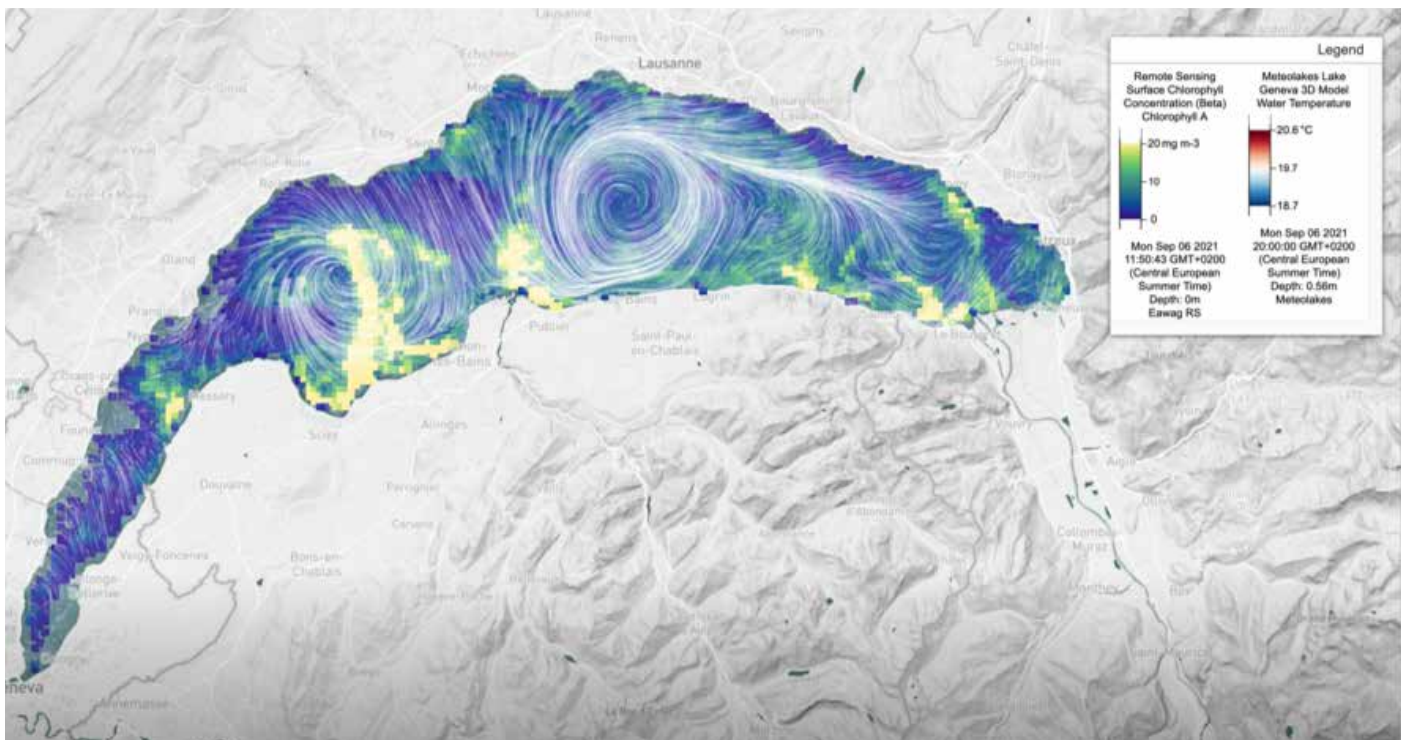
Die Verfolgung von Viren im Abwasser während der Covid-19-Pandemie ist ein Beispiel dafür, was neue Technologien können.

Wagen Sie einen Blick in die Zukunft: Welche Fragen und Probleme lassen sich aufgrund der zu erwartenden methodischen Entwicklungen in den nächsten fünf bis zehn Jahren beantworten bzw. lösen?

Natürlich kann ich nicht in die Zukunft blicken, aber ich hoffe, dass es in den nächsten Jahren möglich sein wird, einen integrierten Gesamtüberblick über die Wasserdynamik in Wassereinzugsgebieten zu erhalten. Denn – um es plakativ auszudrücken – die Grenzen zwischen Teilsystemen wie Seen, Flüssen oder Grundwasserspielen für Umweltsysteme kaum eine Rolle. Zudem laufen biologische, chemische und physikalische Prozesse, die sich gegenseitig beeinflussen, gleichzeitig ab. Aus diesem Grund sind die Grenzen zwischen den Disziplinen für das Verständnis des gesamten Wassereinzugsgebiets bedeutungslos. Meine zweite Hoffnung ist, dass es uns gelingt, die gesellschaftliche Dimension und den «Faktor Mensch» in unsere Analysen und unser Verständnis der Prozesse zu integrieren. Diese sozialwissenschaftliche Perspektive ist notwendig, um besser zu verstehen, wie der Mensch die Systeme beeinflusst und welche Lösungen langfristig funktionieren und nachhaltig sind. Dies ist eine dringende, aber besonders anspruchsvolle Herausforderung.



Das Einzugsgebiet von Seen ist oft um ein Vielfaches grösser als die Wasseroberfläche. Im Bild ist das Einzugsgebiet des Genesee-Sees dargestellt.



Map Viewer von «Datalakes»: Darstellung des 3D-Modells mit Wassertemperatur und Chlorophyll a-Konzentration im Genfersee.

Quellen: <https://www.datalakes-eawag.ch/>

Die Plattform «Datalakes»

«Datalakes» stellt Daten zu physikalischen, biologischen und chemischen Messungen von Oberflächengewässern öffentlich und frei zur Verfügung. Die Rechner der Plattform erfassen und speichern kontinuierlich Daten, welche durch Sensoren vor Ort, meteorologische Stationen, Satelliten und andere Methoden erhoben werden. Sie verfügt über eine Online-Schnittstelle, welche die Daten in Echtzeit verarbeitet und visualisiert. Die Software modelliert zudem verschiedene Szenarien und erlaubt eine benutzerfreundliche Extraktion von Daten und Produkten. «Datalakes» ist ein gemeinsames Projekt der Eawag, des Swiss Data Science Center (SDSC), der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (EPFL), der Universität Lausanne (UNIL), der Universität Genf (UNIGE) und des Alpinen Forschungszentrums für trophische Netzwerke und limnische Ökosysteme (CARTEL) in Thonon-les-Bains (FR).

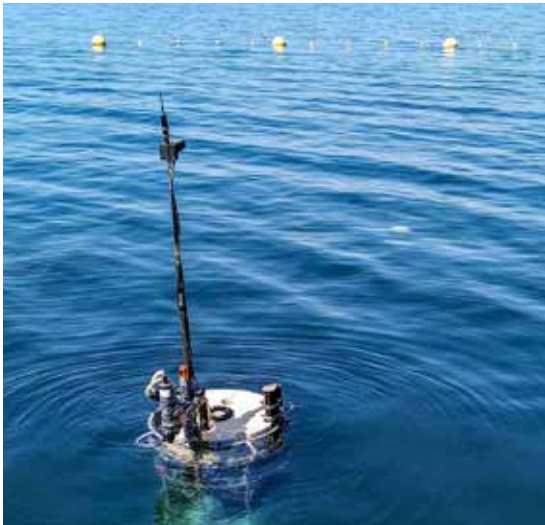


Zu den in «Datalakes» verfügbaren Daten gehören a) In-situ-See-Messungen, b) Daten von meteorologischen Sensoren, c) Satelliten-Fernerkundungsdaten und d) hydrologische Daten. (Quelle: <https://datascience.ch>)





Kontakt:
Dr. Natacha Tofield-Pasche
Fakultät ENAC, EPFL



Die Sonde der Forschungsstation mit Sensoren für automatische Tiefenmessungen ("Automatisches Multiparameter-Profilmesssystem"). (Quelle: Minaudo et al. 2021, Wüest et al. 2021)

LéXPLORE – die schwimmende Forschungsstation

Auf dem Genfersee schwimmt seit 2019 eine weltweit einzigartige Forschungseinrichtung. Dank automatisch messender Sensoren und fachübergreifender Zusammenarbeit wird sie unser Verständnis von Seen wesentlich verbessern.

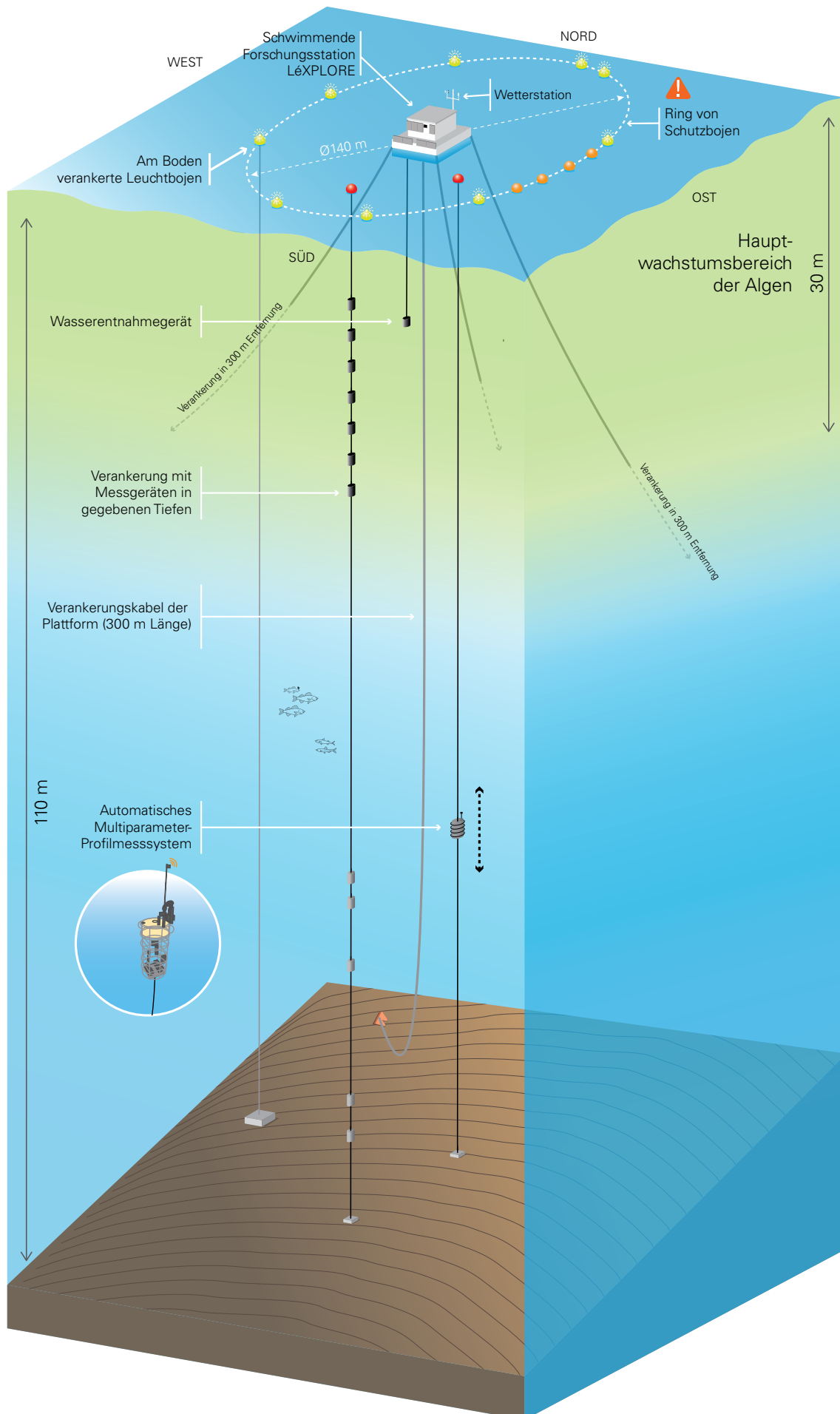
Seen sind sensible und komplexe Ökosysteme, die Lebensraum für zahlreiche Arten bieten und uns Menschen mit der lebenswichtigen Ressource Trinkwasser versorgen. Obwohl sie schon lange erforscht werden, gibt es noch immer Rätsel, die es erschweren abzuschätzen, wie Seen etwa auf den Klimawandel reagieren oder vor Beeinträchtigungen wie Pestizid- oder Nährstoffeinträgen geschützt werden können. Aus diesem Grund schwimmt auf dem Genfersee seit 2019 eine weltweit einzigartige Forschungsstation für die Seenforschung: LéXPLORE. Diese ist rund 100 Quadratmeter gross und mit Hightech-Sensoren ausgestattet, die bis zu einer Tiefe von 110 Metern physikalische, chemische und biologische Parameter kontinuierlich messen können. Somit erfassen sie auch rasch ablaufende Vorgänge wie Temperaturschwankungen. Kombiniert mit weiteren Monitoringdaten helfen diese Messungen mit, langfristige Entwicklungen wie die Akkumulation von Schadstoffen oder den Rückgang des Phosphorgehaltes besser zu verstehen.

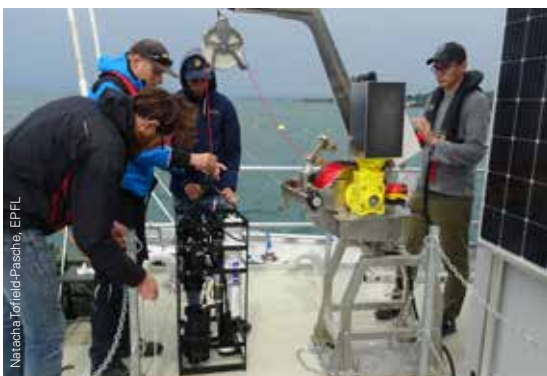
Sensoren arbeiten auch nachts

Traditionell werden Seen erforscht, indem Wasserproben von Schiffen aus oder mit lokal verankerten Messinstrumenten entnommen werden. Danach werden die Proben aufbereitet, in ein Labor transportiert und dort analysiert. Probenahme und -analyse sind mit einem hohen technischen und logistischen Aufwand verbunden, der Häufigkeit und Umfang von Messungen bisher stark einschränkte. Somit standen kaum kontinuierliche 24-Stunden-Messungen zur Verfügung, da es selten vorkommt, dass nachts Proben genommen werden. Viele Prozesse in See-Ökosystemen, wie die Primärproduktion und die damit verbundene Sauerstoffkonzentration, folgen jedoch einem zirkadianen Rhythmus und können daher nur durch 24-Stunden-Messungen adäquat verfolgt werden. Hierzu bietet die Forschungsstation LéXPLORE neue Möglichkeiten: Sie verfügt über Sensoren, die automatisiert und kontinuierlich Messungen durchführen und ihre Daten direkt an die Computer der Datenplattform «Datalakes» senden, wo sie gespeichert, verarbeitet und in Echtzeit auf einem öffentlichen Portal zur Verfügung gestellt werden (siehe Artikel S. 13).

Blualgen per Satellit beobachten

Die Forschungsstation LéXPLORE bietet den Forschenden nicht nur eine ideale Infrastruktur, sondern erleichtert auch die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachgebieten, zum Beispiel bei der Validierung von Satellitendaten (siehe Artikel S. 24). Satellitendaten können beispielsweise eingesetzt werden, um Phytoplankton wie Blualgen in Seen zu beobachten. Blualgen können sich innerhalb weniger Tage fast explosionsartig entwickeln und toxische Stoffe ausschei-





Die Nähe der Sensoren zur Station erleichtert deren Bedienung, Unterhalt sowie die Analyse der Daten.

den, die Menschen und Tiere gefährden. Mit klassischen Untersuchungsmethoden ist es kaum möglich, Algenblüten frühzeitig zu erfassen und ihre Entwicklung zu verfolgen. Forschende von LÉXPLORE haben deshalb Aufnahmen von optischen Satellitendaten des Genfersees mit Daten von automatisch messenden Sensoren im See verglichen. Ihre vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass Satellitendaten zur Erkennung von Blaualgenblüten genutzt werden können. In Zukunft könnte es somit einfacher werden, die Bevölkerung rechtzeitig vor Blaualgen und der damit verbundenen Gefahr von Giftstoffen im Seewasser zu warnen.

Die Forschungsstation LÉXPLORE wird betrieben von Eawag, EPFL, den Universitäten Genf und Lausanne sowie dem Alpenen Forschungszentrum für trophische Netzwerke und limnische Ökosysteme (CARRTEL) in Thonon-les-Bains (FR). Sie bietet 16 Arbeitsplätze vor Ort, ist mit Labors ausgestattet und steht allen interessierten Gewässerforschenden zur Verfügung. Zurzeit laufen rund 40 Projekte, welche physikalische, chemische oder biologische Prozesse untersuchen oder neue Technologien weiterentwickeln. Eine aktuelle Liste der Projekte und eine Auswahl an Publikationen finden sich auf der Webseite von LÉXPLORE (<https://lexplore.info>). Die Forschenden der Station verpflichten sich, ihre Daten auf der Datenplattform «Datalakes» frei zur Verfügung zu stellen. Das vorliegende Infotag-Magazin stellt einzelne Projekte vor, zum Beispiel im Beitrag zur Umweltbeobachtung aus dem All (siehe Artikel S. 24) und zur Forschung von Kristin Schirmer (siehe Artikel S. 28).



Mehr Infos

Kontakt:
Dr. Christoph Ort
Abteilung Siedlungswasserwirtschaft, Eawag



MS²field im Einsatz am Doubs.



Der Umweltingenieur Christoph Ort und der Umweltchemiker Heinz Singer im Inneren des MS²field.

Mikroverunreinigungen in Echtzeit überwachen

Die Resultate erstaunten selbst die Forschenden: In einem kleinen Bach – der wie manch anderer durch Äcker und Obstplantagen fliesst – liessen sich im Frühsommer 2019 punktuell Pestizidkonzentrationen messen, welche die zulässigen Höchstwerte um das bis zu 30-fache überschritten. Sichtbar gemacht hat dies «MS²field» oder zu Deutsch ein «ins Feld gebrachtes Massenspektrometer».

Für den Umweltingenieur Christoph Ort war das begrenzte Wissen über solche Umweltschadstoffspitzen in Gewässern der Hauptgrund, warum er zusammen mit seinem Kollegen, dem Umweltchemiker Heinz Singer, das Gerät MS²field entwickelt hat: «Bei den bisherigen Methoden für Gewässeruntersuchungen muss man viel Zeit und Geld in Entnahme, Transport und Aufbereitung von Proben investieren, bevor man überhaupt mit dem Messen beginnen kann. Darum werden oft Mischproben genommen, die längere Zeiträume abdecken, hingegen wenig über die kurzfristige Dynamik aussagen.» Vergeht zwischen dem Lagern und Messen viel Zeit, besteht ausserdem die Gefahr, dass sich einige Substanzen verändern und die Ergebnisse dementsprechend verfälscht sind. Ein weiterer Nachteil ist, dass es bei den konventionellen Messmethoden oft Wochen bis Monate dauert, bis die Endergebnisse vorliegen. Sollten sich in den Daten dann kritische Substanzen zeigen, ist bereits wertvolle Zeit verstrichen, bis Massnahmen ergriffen werden können.

Via Smartphone live dabei

Ganz anders nun bei MS²field: Die Forschenden können via Smartphone live mitverfolgen, welche Schadstoffe im Gewässer vorhanden sind und wie sich ihre Konzentration verändert. Dazu wird aus dem Untersuchungsgewässer mit einem Schlauch kontinuierlich Wasser gepumpt. Alle zwanzig Minuten wird im MS²field-Anhänger eine kleine Probe automatisch gefiltert und aufbereitet. Die im Wasser enthaltenen Substanzen werden chromatografisch so getrennt, dass sie sich mit dem eingebauten Massenspektrometer qualitativ und quantitativ analysieren lassen. Ist die Messung beendet, werden die Daten innert weniger Minuten automatisch ausgewertet und auf einen Server übermittelt, von dem sie sich jederzeit via Internet abrufen lassen. Falls die Fragestellung es erfordert, können die Messungen über Monate hinweg laufen – und das mit minimalen, meist wöchentlichen Wartungsarbeiten vor Ort.

Konventionelle Messwerte massiv übertroffen

Im Fall des kleinen Bachs zeigten sich die Vorteile dieses ersten fahrbaren und vollautomatisierten Wasserlabors besonders deutlich: Da in derselben Messperiode auch herkömmliche Mischproben über jeweils dreieinhalb Tage entnommen und im Labor an der Eawag analysiert wurden, liessen sich die Daten der beiden Messsysteme direkt vergleichen. Dabei stellte sich heraus, dass die Höchstkon-



Die wichtigsten Komponenten im klimatisierten MS²field Anhänger: Eine **Pumpe (1)** fördert kontinuierlich Wasser aus dem zu untersuchenden Gewässer. Durch einen **Filter (2)** wird ein kleiner Teilstrom für die Analyse abgezweigt. Für die Quantifizierung der Substanzen gibt eine hochpräzise **Dosierspritze (3)** einem genau definierten Probevolumen einen Mix isotope-markierter **Standards (4)** zu. Bei Ventilstellung I des **Schaltventils (5)** (blau gepunktete Linie) wird diese Probe dann über eine **SPE Kartusche (6)** geleitet, auf welcher die gelösten Substanzen angereichert werden. Anschliessend werden bei Ventilstellung II (rosa Linie) die Substanzen mit Hilfe der **LC-Pumpe (7)** von der SPE-Kartusche gelöst, in der **LC-Säule (8)** flüssigchromatografisch getrennt und anschliessend im **Massenspektrometer (9)** gemessen. Zusammen mit Sensoren für die Überwachung – z.B. von Durchflüssen, Drücken, Temperaturen – regelt eine speicherprogrammierbare Steuerung (**SPS (10)**) alle Abläufe automatisch. Die SPS schickt per SMS Warnungen an das Personal, erlaubt diesem per **PC-Fernzugriff (11)** den Prozess manuell zu steuern und mit **Webcams (12)** das Innere des Anhängers visuell zu überprüfen. Der **Konzentrationsverlauf der Substanzen im Gewässer (13)** kann online verfolgt werden, alle 20 Minuten kommt ein neuer Messpunkt dazu.

zentrationen der 20-minütigen MS²field-Messungen die Konzentrationsmittelwerte aus den Mehrtagesmischproben bis um das 170-fache übertrafen. Wie man aus anderen Studien weiss, können Wasserorganismen je nach Pestizid bereits Schaden nehmen, wenn sie nur eine Stunde lang zu hohen Konzentrationen ausgesetzt sind – ein Risiko, das jedoch erst mit den zeitlich hochaufgelösten MS²field-Wasseranalysen sichtbar wird. Dank solcher Daten lässt sich nun für eine breite Palette an Pflanzenschutzmitteln besser beurteilen, welchen Schwankungen und Spitzenkonzentrationen Wasserorganismen ausgesetzt sein können.

Vielfältige Anwendungsgebiete

Die Pestizidmessung in Bächen ist jedoch nur eines der möglichen Anwendungsgebiete von MS²field. Mit dem mobilen Wasserlabor haben die Forschenden zum Beispiel auch Zu- und Abflüsse von Kläranlagen untersucht. Auch hier förderten die 20-minütigen Messungen Verschmutzungsmuster zu Tage, die sonst unerkannt blieben. Anhand dieser Muster lassen sich zum Beispiel Schlüsse ziehen, wie Mikroverunreinigungen in die Kanalisation gelangen. So liess sich im Abwasser von Fehraltdorf-Russikon beobachten, dass die Konzentration von Candesartan – einem häufig eingenommenen Blutdrucksenker – täglich systematisch schwankte. Die höchsten Werte wurden jeweils am Vormittag erreicht, was wohl mit dem morgendlichen ersten Gang zur Toilette zusammenhängen dürfte. Im Abwasser wurden auch Pflanzenschutzmittel nachgewiesen. Mecoprop zum Beispiel, das die Bitumenbahnen auf Flachdächern vor Durchwurzelung schützen soll, erreichte die höchste Konzentration nach dem einzigen Niederschlag während der Messperiode – der Regen wusch das Herbizid aus und spülte es in die Kanalisation.

Prototyp hat sich bewährt

Die Beispiele des kleinen Bachs und der Kläranlage Fehraltdorf-Russikon zeigen: Auch wenn MS²field erst ein Prototyp ist, liefert er nicht nur zuverlässige, sondern auch interessante Daten. Entsprechend ziehen auch Christoph Ort und Heinz Singer ein äusserst positives Fazit: «Ehrlich gesagt waren wir überrascht, wie einwandfrei MS²field fast von Anfang an lief, und wir sind hochofreut, dass das Gerät grundsätzlich sehr stabil betrieben werden kann; unsere akkurate und umfassende Planung hat sich ausgezahlt. Schon der Betrieb eines solchen Geräts unter konstanten Laborbedingungen ist anspruchsvoll. Noch nie hatte jedoch jemand ein solches Instrument in einen Anhänger eingebaut, um damit direkt im Feld zu messen. Wir mussten an enorm viele Dinge denken, die automatisch erkannt und behoben werden müssen – oder es so einrichten, dass Probleme per SMS gemeldet und via Fernzugriff gelöst werden können.»

Tragbares Minilabor als nächstes Ziel

Und die Erfolgsgeschichte soll auch in den nächsten Jahren weitergehen. Geplant ist, das Anwendungsspektrum laufend zu erweitern. Dazu sagt Christoph Ort: «Wir lernen ständig dazu, wie wir MS²field noch vielfältiger einsetzen können. Oft sind es junge Talente, die neue Ideen einbringen, und dank der kompetenten Unterstützung der Technikabteilung lassen sich diese mithilfe geeigneter Elektronik und Sensorik jeweils zeitnah umsetzen und testen.» So sind in nächster Zeit zum Beispiel Einsätze in Quellwasser und in Mischwasserüberläufen von Kläranlagen vorgesehen. Auch aus der Praxis kommen mitunter Aufträge, sogar aus dem Ausland. Trotzdem ist MS²field bislang hauptsächlich ein Instrument für die Forschung, da es trotz viel Automatisierung reichlich Fachwissen in analytischer Chemie braucht, um das Gerät optimal zu betreiben. Entsprechend arbeitet die Eawag daran, MS²field noch praxistauglicher zu machen. Daneben hat das MS²field-Team weitere Visionen: «Wir möchten zeitlich noch höher aufgelöst messen sowie die nächste Version kleiner und autonomer machen, und das bei geringerem Energieverbrauch. Dies würde uns erlauben, MS²field in Zukunft auch an Messstandorten ohne Autozufahrt und Stromnetz einzusetzen.»



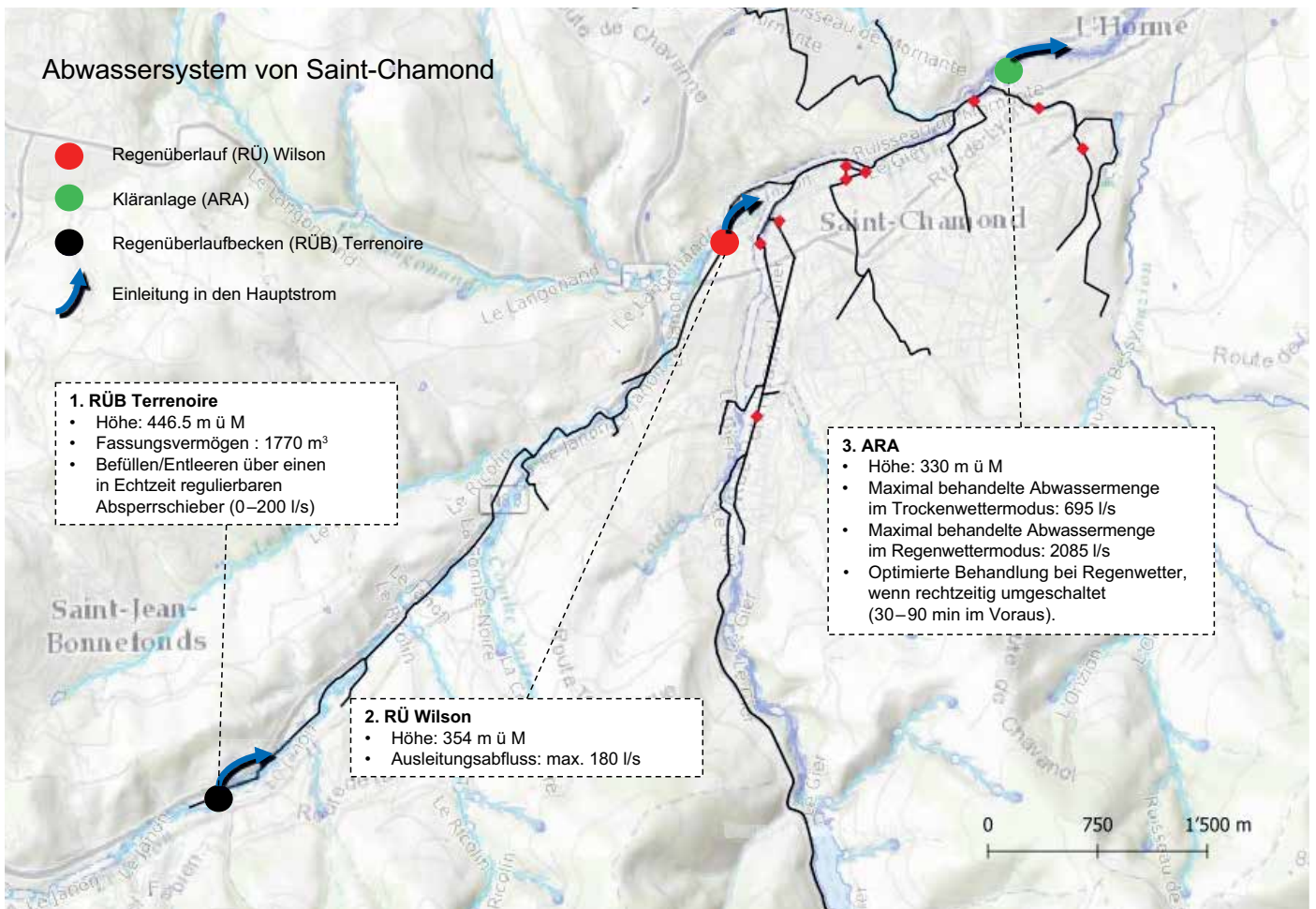
Kontakt:
Dr. Frédéric Jordan und Dr. Philippe Heller
Hydrique Ingénieurs

Die Abwasserbewirtschaftung optimieren und Gewässer schützen

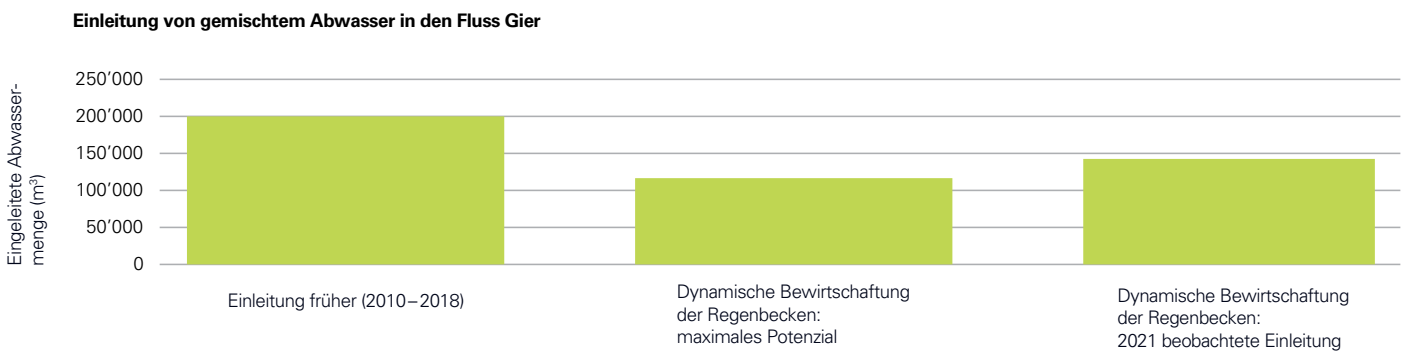
Natürliche Gewässer werden regelmässig durch das Einleiten von Abwasser aus Mischwasserkanalisationen verschmutzt. Mithilfe eines «digitalen Zwillings» kann die Bewirtschaftung von Abwassersystemen verbessert und die Wasserverschmutzung entscheidend vermindert werden.

Aus Haushalten und der Industrie gelangen Chemikalien, Schwermetalle, Krankheitserreger oder Mikroschadstoffe in die Kanalisation. Wenn die Kläranlagen diese Schadstoffe nicht aus dem Wasser entfernen, belasten sie unsere Gewässerökosysteme. In vielen städtischen und industriellen Gebieten wird das Abwasser in einer Mischwasserkanalisation mit Regenwasser vermischt und in eine Kläranlage geleitet. Von dort gelangt das gereinigte Wasser in ein nahegelegenes Gewässer. In städtischen Gebieten stösst die Mischwasserkanalisation jedoch bisweilen an ihre Grenzen: Bei Starkniederschlägen fallen in kurzer Zeit so grosse Wassermengen an, dass sie in den weitgehend versiegelten Böden nicht mehr versickern können. Sie werden daher über die Kanalisation zur Kläranlage abgeleitet, die jedoch nur über eine begrenzte Kapazität verfügt. Wenn die Kapazität überschritten wird, wird der Überschuss, der sich aus Abwasser und Regenwasser zusammensetzt, unbehandelt in die Gewässer geleitet.

Um Abflussspitzen aufzufangen und die Einleitung von Abwasser in die Gewässer zu begrenzen, bestehen Mischwasserkanalisationssysteme auch aus Rückhalte- und Entlastungsbauwerken. So umfasst ein solches Abwassersystem neben der Kläranlage auch Regenbecken und Regenüberläufe. Die Regenbecken sammeln das abfliessende, gemischte Wasser und speichern es vorübergehend, während die Regenüberläufe es direkt in die Gewässer ableiten. Eine solche Infrastruktur mit Sammlern, Kläranlage und Entlastungsbauwerken ist komplex und erfordert für den reibungslosen Betrieb eine hohe technische Kompetenz. Angesichts des Bevölkerungswachstums stehen die Gemeinden vor einer grossen Herausforderung, wenn sie die Wasserverschmutzung weiter reduzieren wollen. Der Klimawandel und die damit einhergehende Zunahme extremer Niederschlagsereignisse machen diese Herausforderung noch grösser.



Das Abwassersystem der Stadt Saint-Chamond in der Region Loire in Frankreich.



In Saint-Chamond konnte die Menge an ungeklärtem Abwasser, die in die Gewässer abgeleitet werden musste, durch die Berücksichtigung lokaler Wettervorhersagen um 29 Prozent reduziert werden. (Grafik: Autoren)

Auf dem Weg zu dynamisch bewirtschafteten Abwassersystemen

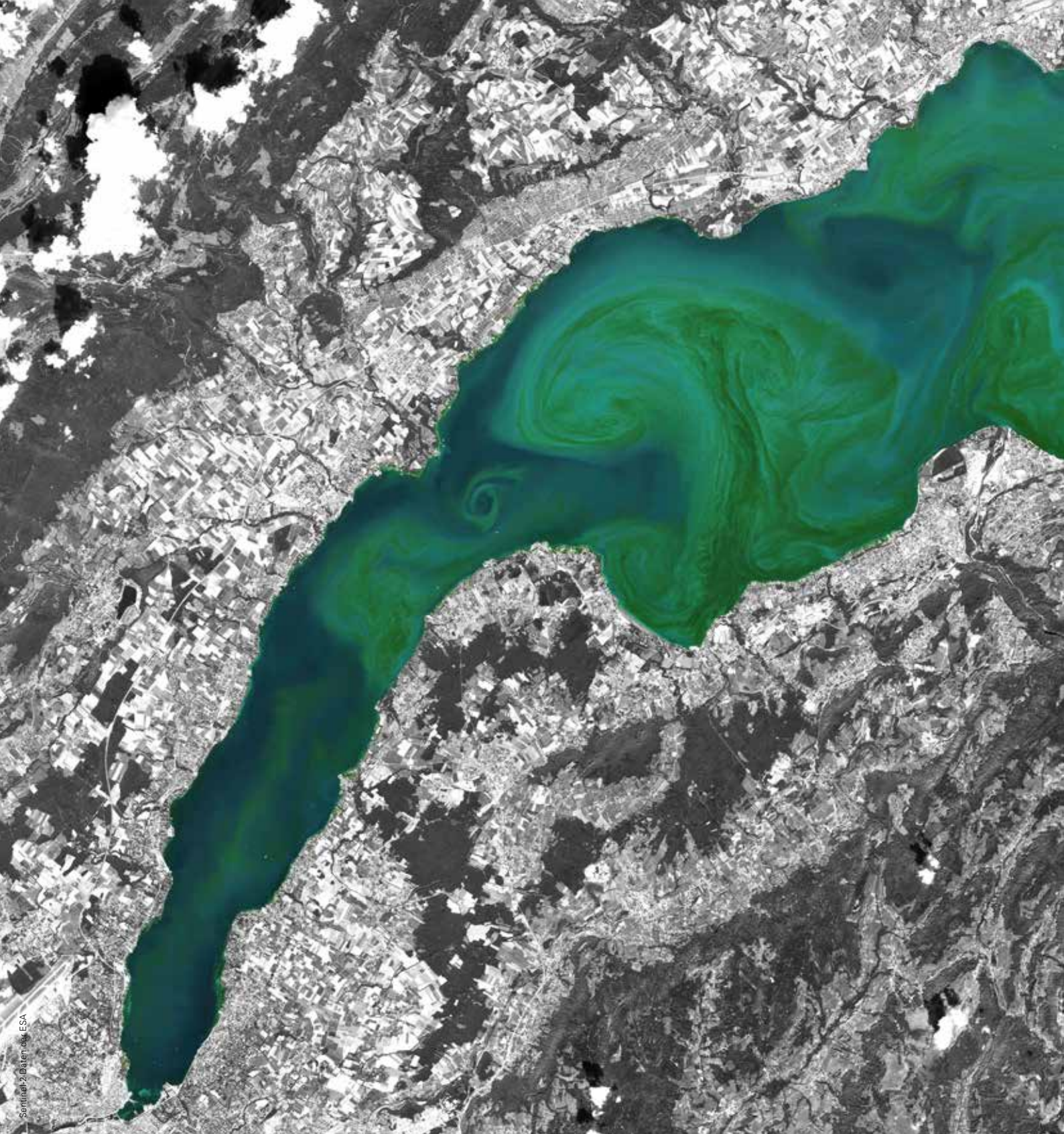
Viele Abwassersysteme werden statisch bewirtschaftet: Die Regenbecken und Regenüberläufe geben ab festen Schwellenwerten Wasser in die Gewässer ab, unabhängig von der aktuellen Witterung. Würden lokale Wettermessungen und -vorhersagen in eine dynamische Bewirtschaftung einfließen, könnte die bestehende Infrastruktur wesentlich effizienter betrieben und die Verschmutzung der Gewässer verringert werden. Das Konzept des sogenannten digitalen Zwillings macht ein solches dynamisches Management möglich. Der Begriff «digitaler Zwilling» stammt aus der Welt der Kommunikation. In einem solchen System können die in Echtzeit gemessenen Daten mit dem modellierten System verknüpft werden, wodurch Prozesse simuliert und das Modell verbessert werden kann. Dadurch lässt sich auch die Bewirtschaftung des realen Systems optimieren.

Wie lässt sich das Konzept des digitalen Zwillings auf die Bewirtschaftung von Abwassersystemen anwenden? Zunächst wird das bestehende Abwassersystem (das Originalobjekt) in einem Simulationsmodell (der digitalen Kopie, dem Zwilling) nachgebildet. Anschliessend werden dem Modell Daten aus Echtzeitmessungen der Abwasser- und Abflussströme sowie der Niederschlagsmengen zugeführt, um die Bewirtschaftung des realen Systems zu verbessern und die dynamische Verwaltung des Systems zu optimieren. Das Simulationsmodell stützt sich auf die Software RS URBAN. Dieses Simulationsmodell ermöglicht es, die hydrologische und hydraulische Modellierung von städtischen Systemen mit der Modellierung von natürlichen Einzugsgebieten und Flüssen zu kombinieren.

Der digitale Zwilling des Abwassersystems von Saint-Chamond

Die Stadt Saint-Chamond in der Region Loire war eine der ersten Gemeinden in Frankreich, die sich für die Einführung eines digitalen Zwillings zur Verwaltung ihres Abwassersystems entschieden hat. Saint-Chamond zählt 36'000 Einwohnerinnen und Einwohner und hat ein grosses Industriegebiet. 71 Prozent der Gemeindefläche sind versiegelt. Der Fluss Gier, der durch die Stadt fliesst, verläuft über weite Strecken unterirdisch, bevor er bei Givors in die Rhône mündet. Sein Einzugsgebiet umfasst 403 Quadratkilometer. Das Abwassersystem von Saint-Chamond besteht aus einer Kläranlage (ARA) sowie verschiedenen Entlastungsbauwerken. Dazu gehören das Regenüberlaufbecken Terrenoire, der seitliche Regenüberlauf Wilson und andere Regenüberläufe, die nicht von der Regulierung des Regenüberlaufbeckens betroffen sind.

Die Firma Veolia Eau France, die das Abwassersystem von Saint-Chamond betreibt, beauftragte das Schweizer Unternehmen Hydrique Ingénieurs mit der Entwicklung eines digitalen Zwillings des Systems. Damit können die Betreiber ihr Abwassersystem jetzt dynamisch verwalten, indem sie es an die örtlichen Wetterbedingungen und die Abwasserproduktion anpassen. So konnte die Rückhaltekapazität des Regenüberlaufbeckens Terrenoire optimiert und das Regulierungssystem der Kläranlage automatisiert werden. Frédéric Jordan, der Geschäftsleiter von Hydrique Ingénieurs freut sich: «Im Jahr 2020 konnten wir die Einleitungen von unbehandeltem Wasser in den Fluss Gier um insgesamt 17 Prozent und die Einträge von Schwebstoffen und von Ammonium (NH_4^+) um 20 bzw. 34 Prozent vermindern. Im Jahr 2021 wurden die Einleitungen von unbehandeltem Wasser gar um 29 Prozent reduziert.» Die ersten Resultate sind vielversprechend. Das Verbesserungspotenzial ist gemäss Frédéric Jordan jedoch noch lange nicht ausgeschöpft. Dank des digitalen Zwillings kann die bestehende Infrastruktur effizienter genutzt werden, da das Modell durch die in Echtzeit gemessenen lokalen Daten weiter verbessert werden kann.



Sentinel-2 Daten der ESA

Mehr Infos



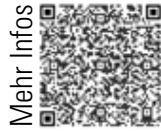
Kontakt:
Dr. Daniel Odermatt
Abteilung Oberflächengewässer, Eawag

Auf dieser Satellitenaufnahme des Genfersees sind Ausbreitung und Gradienten einer Chrysophyceen-Algenblüte (*Uroglena spp.*) zu erkennen. Die Satelliten erfassen die sichtbaren Wasserbestandteile, welche mit Referenzmessungen automatisch messender Sensoren im Genfersee validiert werden.



Umweltbeobachtung aus dem All

Das europäische Copernicus-Programm erhebt seit 2014 mit Satelliten Daten für die Umweltbeobachtung, die für die Forschung frei verfügbar sind. Die Eawag gewinnt daraus Wasserqualitätsindikatoren wie Chlorophyll a-Konzentrationen für die dreissig grössten Schweizer Seen und entwickelt Ansätze, um diese Indikatoren in die konventionelle Umweltbeobachtung zu integrieren. Eine Voraussetzung dafür ist die Validierung der Satellitenerhebungen mit Messungen vor Ort. Auf der Forschungsstation LÉXPLORE im Genfersee (siehe Beitrag S. 14) werden so auch Referenzmessungen für Vergleiche mit optischen Satellitendaten durchgeführt. Satellitenaufnahmen erkennen sichtbare Wasserbestandteile wie Phytoplankton oder gelöste organische Stoffe (sogenannte Gelbstoffe). Als Referenzmessung erheben automatische Sensoren, die an einer zwischen Wasseroberfläche und Seeboden auf- und absteigenden Sonde befestigt sind, bei jedem Satellitenüberflug Grössen wie spektrale Reflexion, Absorption und Streuung. Diese werden direkt mit den Satellitenaufnahmen verglichen. Ausserdem können weitere Parameter wie Temperatur oder Sauerstoffkonzentration zur Interpretation der optischen Daten beigezogen werden.



Mehr Infos

Kontakt:
Prof. Dr. Tamar Kohn
Fakultät ENAC, EPFL



Esther Michel, Eawag

Umweltingenieurin Tamar Kohn.

«Ich habe noch nie an einem so gefragten Thema gearbeitet.»

Die Umweltingenieurin Tamar Kohn ist seit 2007 Professorin an der EPFL. Sie leitet dort das Labor für Umweltchemie (LCE) und untersucht, wie sich virale Krankheitserreger in der Umwelt verhalten. Nachfolgend gibt sie Einblicke in das von ihr mitinitiierte Covid-Monitoring im Abwasser.

Frau Kohn, Anfang Januar 2020 wurde in China das Virus SARS-CoV-2 identifiziert. Bereits im Februar nahmen Sie und Ihr Team erste Abwasserproben, um diese auf das Virus zu untersuchen. Wie war es möglich, so schnell zu reagieren?

Dank eines Postdocs, der sich bei mir seit 2018 mit Viren im Abwasser beschäftigt, hatten wir das Fachwissen schon im Labor und wussten, wie sich Viren detektieren lassen. Als das Coronavirus in China auftauchte, kontaktierte mich der Leiter der Eawag-Forschungsgruppe Krankheitserreger & Menschliche Gesundheit, Tim Julian, mit dem ich schon vorher viel zusammengearbeitet hatte. Er beschäftigt sich vor allem mit der Frage, wie Krankheitserreger durch die Umwelt übertragen werden. Ausserdem nahmen wir von der Eawag noch Christoph Ort ins Ad-hoc-Team, weil er als Leiter der Gruppe Schmutzstoffe in Kanälen die Abwasserszene in der Schweiz sehr gut kennt. Er musste – vereinfacht gesagt – nur das Telefon in die Hand nehmen und die Proben kamen. Dank dieser interdisziplinären Expertise konnten wir direkt anfangen, als in der Schweiz alles losging.

Haben Sie im Auftrag der Behörden oder in Eigenregie gehandelt?

Es war die Initiative unseres Forschungsteams. Im Umweltingenieurbereich war von Anfang an klar, dass die Detektion von Covid-19 im Abwasser eine mögliche Methode zur Überwachung der Pandemie sein wird. Unter den Forschenden wurde denn auch sehr schnell ein internationales Netzwerk aufgebaut. Das Schwierige war, die Methode auch den Public-Health-Leuten schmackhaft zu machen. Das Konzept wird zwar international schon länger auf die Überwachung von Polioausbrüchen angewendet, aber dort wird eher qualitativ und mit Stichproben gearbeitet, während wir ein zeitlich hoch aufgelöstes und quantitatives Monitoring machen. Wir mussten schon etwas Vorarbeit leisten, um zu zeigen, dass die Methode etwas Wertvolles ist und es sich lohnt, dort zu investieren. Nach rund einem Jahr ist das BAG eingestiegen und hat uns dann ein Forschungsprojekt zur Überwachung von sechs ARAs in der Schweiz finanziert.

Was sind die Vorteile einer Virendetektion im Abwasser gegenüber dem klinischen Testen?

Wir können damit unabhängig von der Testbereitschaft der Bevölkerung die ganze Dynamik der Pandemie überwachen und zum Beispiel schauen, wo die Virenkonzentration nach einer Massnahme abnimmt oder wo sie gleich bleibt. Jetzt, wo die



Esther Michel, Eawag

Sammeln von Abwasserproben in der Zürcher Kläranlage Werdhölzli.



Christoph Ort und Tamar Kohn

Tests zurückgehen, sehen wir im Abwasser trotzdem noch, wie sich die Pandemie verhält. Wir können auch frühzeitig erkennen, wenn in der Schweiz neue Virusvarianten erscheinen, sofern sie vorher schon irgendwo auf der Welt aufgetreten sind. Hingegen ist es sehr schwierig, etwas zu finden, wenn man nicht weiss, wonach man suchen muss. Dort stösst dann das Frühwarnsystem an seine Grenzen.

Welches waren Ihre persönlichen Höhe- bzw. Tiefpunkte bei diesem Forschungsprojekt?

Ein Highlight war, dass die Zusammenarbeit super funktioniert hat, erstens international, aber auch national, zum Beispiel mit Kolleginnen und Kollegen von der ETH Zürich, aber auch mit den Kantonen und den ARA-Mitarbeitenden. Erfreulich war auch, dass sich die Öffentlichkeit sehr für unsere Methode interessierte, besonders als wir die Alpha-Variante gefunden haben, bevor sie klinisch detektiert wurde. Ich habe noch nie an einem Forschungsthema gearbeitet, bei dem man dermassen gefragt und nahe an der Tagesaktualität ist. Auf der anderen Seite war das alles sehr viel Arbeit, gerade während des Lockdowns, als unser Covid-Team noch klein war. Wir waren auf Labore angewiesen, die eigentlich geschlossen sein sollten, mussten gleichzeitig auf Online-Vorlesung umstellen und hatten teilweise kleine Kinder zu Hause, die wir «homeschoolen» sollten. Diese ersten Monate waren extrem anspruchsvoll.

Wie geht es nun weiter mit dem Covid-Monitoring und wird es eventuell auf andere Infektionskrankheiten ausgeweitet?

Unser Forschungsprojekt läuft vermutlich noch bis Ende 2022. Parallel dazu hat das BAG jetzt das Covid-Monitoring auf über 100 ARAs in der ganzen Schweiz ausgeweitet. Wir sind deshalb in einer guten Startposition für eine langfristige Überwachung des Abwassers. Es hat etwas Zeit gebraucht, die Logistik auf die Beine zu stellen und ein Netzwerk aufzubauen. Aber diese Arbeit ist jetzt gemacht und es wäre einfach, da weiterzumachen. Es gibt auch international Bestrebungen, das Abwassermonitoring weiter aufrechtzuerhalten, nicht nur für Covid, sondern zum Beispiel auch für die nächsten Influenzaausbrüche. Es gibt auch diverse andere Krankheiten, die man so gut beobachten könnte. Ich hoffe sehr, dass die Schweiz in Zukunft auf das Abwassermonitoring setzt, um generell Infektionskrankheiten in der Bevölkerung zu überwachen und zu analysieren.



Mehr Infos

Kontakt:
Prof. Dr. Kristin Schirmer, *Abteilung Umwelttoxikologie, Eawag, Fakultät ENAC, EPFL und Departement USYS, ETHZ*



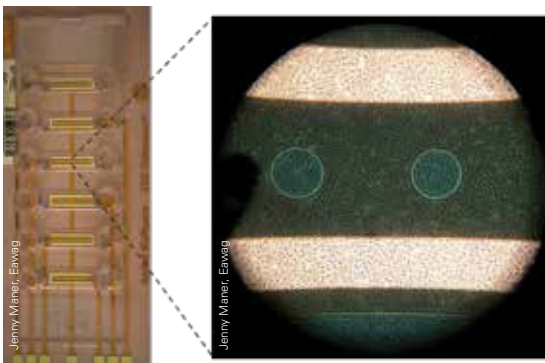
Kristin Schirmer

Fisch auf Chips oder wie Kristin Schirmer Tier- leben rettet

Fisch auf Chips – was wie das Nationalgericht der Briten klingt, ist in Wahrheit das Ergebnis einer aussergewöhnlichen Forscherinnenkarriere, die ursprünglich ganz anders geplant war.

Kristin Schirmer, geboren 1967, ist in der ehemaligen DDR in Dresden aufgewachsen. In ihrer Freizeit verbrachte sie viel Zeit in der Natur, besonders an einem kleinen Teich in der Nähe der elterlichen Wohnung. «Das war für mich nichts Spezielles, ich war schon immer gern in der Natur und beschäftigte mich mit Biologie, jagte Kaulquappen und fing Wasserflöhe.» Daneben gab es jedoch noch eine zweite Leidenschaft: den Sport. Und da in der DDR damals Lehrpersonen gesucht waren, lag es nahe, dass Schirmer nach der Schule eine Ausbildung als Sport- und Biologielehrerin in Angriff nahm, zumal sie auch die anspruchsvolle Aufnahmeprüfung für diesen Studiengang bestand.

Es war ein Sportunfall, der den Traum der geplanten Laufbahn als Lehrerin platzen liess. Doch anstatt sich dadurch entmutigen zu lassen, sattelte sie auf ein Biologiestudium um und verfolgte diesen Weg mit demselben Engagement wie zuvor die Lehrerausbildung. Nach der persönlichen Wende kam 1989 die politische: «Trotz schöner Kindheit fühlten wir uns eingeeengt, und so war es ein Glück, dass wir den Mauerfall erleben durften.» Schirmer packte so auch die erste Chance, die sich ihr bot, um nach Westdeutschland überzusiedeln: Zusammen mit ihrem Mann, den sie bereits im Gymnasium kennengelernt hatte, zog sie 1991 nach Stuttgart, wo sie ihre Ausbildung an der Uni fortsetzen konnte.

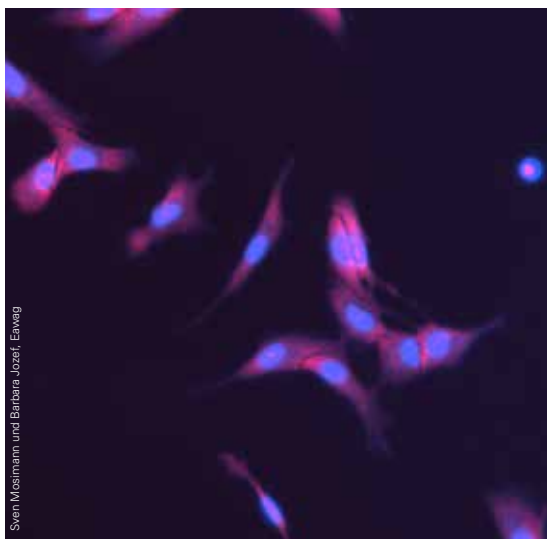


Chip mit sechs Kanälen (links), in welche die Zellen eingesät werden (rechts). Kleine Kreise auf dem Chip stellen die Elektroden dar, welche den Widerstand der Zellen messen.

Kanada als Wegweiser

Doch die beiden zog es schon bald weiter: Kanada war ihr nächster gemeinsamer Traum. Mit der ihr eigenen Zielstrebigkeit schaffte es Schirmer, in Waterloo (Ontario) an derselben Uni einen Platz zu ergattern, an der ihr Mann doktorieren wollte – im Labor von Niels C. Bols, einem renommierten Zellbiologen. Bols war es denn auch, der sie lehrte, Zellen von Regenbogenforellen zu isolieren und auf einem Nährmedium wachsen zu lassen, sodass eine Zellkultur entsteht, die sich auf unbestimmte Zeit vermehren lässt. Als Bols ihr dann auch eine PhD-Stelle in seinem Labor anbot, war bald klar, welches Ziel sie in Zukunft verfolgen wollte: die Fischzelllinien verwenden, um Tierversuche zu ersetzen, auch wenn «zu der Zeit niemand glauben konnte, dass dies überhaupt funktioniert», so Schirmer.

Bevor eine Chemikalie auf den Markt gelangt, muss sichergestellt sein, dass sie unbedenklich ist für den Menschen und die Umwelt, zum Beispiel im Wasser lebende Organismen nicht schädigt. Einer der am häufigsten durchgeführten Tests prüft die akute Toxizität für Fische. Dabei setzt man Fische in Aquarien steigenden Konzentrationen von Chemikalien aus und beobachtet, wie schnell sie sterben. Millionenfach kommen Fische so jährlich zu Tode – ein nicht nur für Schirmer unhaltbarer Zustand.



Zellen einer Kiemenzelllinie der Regenbogenforelle (RTgill-W1) vergrössert (blau: angefärbter Zellkern, rot: Zytoplasma)

Verdienst vieler Personen

Was eher als Zufall begann, wurde für Schirmer deshalb zur Passion. Auch als Post-doc (in Kanada und Leipzig), als Leiterin der Abteilung Zelltoxikologie (Leipzig) und seit 2008 als Leiterin der Abteilung Umwelttoxikologie an der Eawag setzte sie alles daran, einen Toxizitätstest zu entwickeln, der anstelle von Fischen deren Zelllinien verwendet. 2016 gründete Schirmer zusammen mit anderen Fachleuten «aQuaTox-Solutions»: Ein Spin-off der Eawag, das die Zelllinien-Testmethode erstmals kommerziell anbot, und damit auf breites Interesse in der Industrie stiess. Der ganz grosse Durchbruch gelang Schirmer und ihrem Team 2019, als die Internationale Organisation für Normung den Test als «ISO-Standard» genehmigte. Zwei Jahre später folgte die ultimative Krönung: Die OECD gab grünes Licht für den Fischzellinientest. Damit können Unternehmen und Behörden auf der ganzen Welt nun die Umwelttoxizität von Chemikalien bestimmen, ohne auf Tierversuche zurückgreifen zu müssen. «Wir sind extrem froh, dass wir dies geschafft haben und die Eawag uns dabei immer voll unterstützt hat», sagt Schirmer. «Dass wir in den letzten Jahren so erfolgreich waren, ist das Verdienst von sehr vielen Personen. Wir haben es trotz zeitweiligem Widerstand immer irgendwie geschafft, auf diesem Gebiet weiterzuarbeiten, und das zahlt sich jetzt aus.»

Noch viele Ziele vor sich

Es sind diese Beharrlichkeit, gepaart mit Mut und Flexibilität sowie das Vertrauen in ein grosses Netzwerk, die Schirmer dahin gebracht haben, wo sie jetzt ist. Aber auch die Gewissheit, für eine gute Sache zu kämpfen. Allgemein ist es ihr wichtig, über das tägliche Handeln nachzudenken und darüber, wie wir nachhaltiger leben können. Deshalb hat sie sich zum Beispiel dafür entschieden, vegetarisch zu leben. «Für mich hängt das alles zusammen und ist deshalb auch Lebensstil.» Diese globale Sicht der Dinge vermittelt sie auch bei ihrer Lehrtätigkeit an Studierende – ebenso wie an ihre zwei eigenen Kinder, die inzwischen selbst studieren. Dass ihr die ursprüngliche Leidenschaft fürs Unterrichten nicht abhandengekommen ist, zeigt der Preis, den ihr Studierende der EPFL 2021 für ihr Engagement als Professorin verliehen haben.

Doch auf den Lorbeeren auszuruhen, ist nicht ihre Sache. Sie hat noch viele Ziele, die sie beruflich erreichen möchte. Besonders wichtig ist ihr, dabei den Blick für die Praxis nicht zu verlieren: «Ich habe über die letzten Jahre gelernt, dass wir als Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen oft das Gefühl haben, die Daten sprechen für sich und alles sei doch logisch. Doch das funktioniert so eben nicht. Wir sollten von Anfang an die Stakeholder miteinbeziehen und zusammen überlegen, welche Eckpunkte ihnen wichtig sind, und was wir zusammen bewirken können.»

Mit zuvorderst auf der Agenda steht nun auch der Fisch auf Chips: Im Labor ist es einem Eawag-Team aus Forschenden sowie Technikerinnen und Technikern bereits gelungen, Fischzellen auf Mikrochips wachsen zu lassen, die mit Elektroden versehen sind. Damit lässt sich der Widerstand der Zellen messen, der wiederum anzeigt, wie gut es den Zellen geht. Als nächstes wollen die Forschenden diese Biosensoren ins Feld bringen, um direkt im Fluss oder See zu untersuchen, wie giftig das Wasser ist. Auf der Plattform LéXPLORE am Genfersee (siehe Artikel S. 14) haben bereits erste Tests stattgefunden. «Bisher gibt es allerdings noch viele Probleme, wir sind erst in der Entwicklung. Wir arbeiten daran, dass wir demnächst die toxische Belastung für die Zellen auf dem Smartphone live mitverfolgen können, ohne ein einziges Fischleben zu gefährden.» Wer Kristin Schirmer kennt, zweifelt nicht daran, dass sie auch dieses Ziel erreichen wird.



Mehr Infos

Kontakt:
Dr. Benoît Ferrari
Leiter Oekotoxzentrum

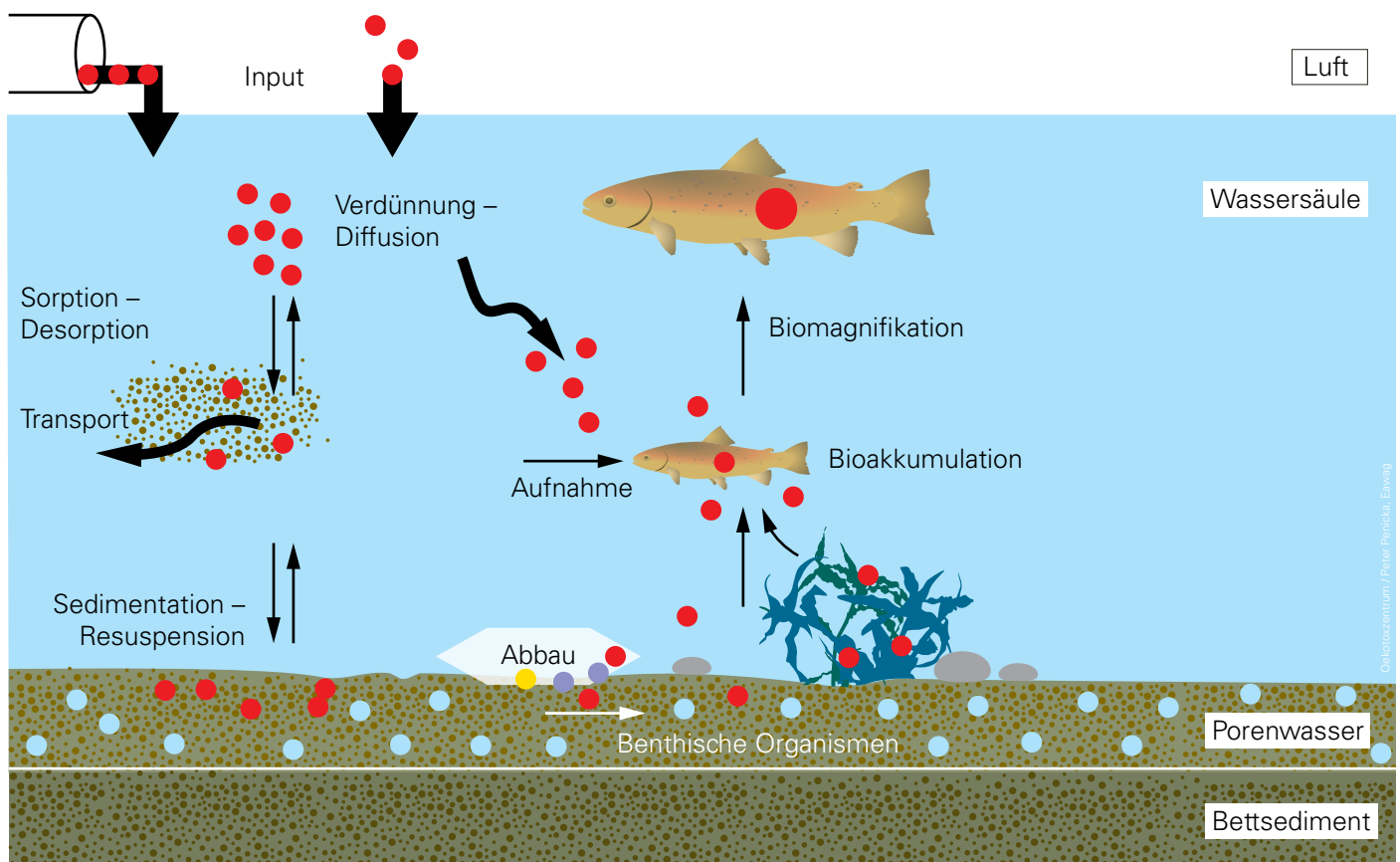


Schadstoffe in Sedimenten überwachen

Eine vom Oekotoxzentrum neu entwickelte Strategie zeigt, wie die Sedimentqualität in der Schweiz einheitlich bewertet werden kann und legt damit den Grundstein für ein schweizweites Monitoring. Das Verfahren wird zurzeit im Kanton Bern getestet.

Sedimente nehmen eine Schlüsselrolle bei verschiedenen Prozessen aquatischer Ökosysteme ein. Sie lassen etwa neue Lebensräume für spezialisierte Organismen wie Pionierpflanzen entstehen und dienen als Laichplatz oder Lebensraum für aquatische Organismen. Zudem bestimmen sie wichtige Funktionen von Wassereinzugsgebieten, etwa die Fliesseigenschaften, die Gestalt des Flussbettes und die Vernetzung von Lebensräumen in und entlang von Fließgewässern.

Die Strategie zur Bewertung der Sedimentqualität beschreibt unter anderem das Vorgehen für die Probenahme von Sedimenten.



Der Verbleib und die Auswirkungen von Chemikalien in Sedimenten sind schwierig zu beurteilen, da verschiedene Prozesse beteiligt sind, die teilweise gleichzeitig ablaufen. Die Grafik beschreibt das konzeptionelle Modell der Kontamination im Sediment und in der Nahrungskette. Biomagnifikation: Anreicherung eines Schadstoffs in Organismen über die Nahrungskette. Bioakkumulation: Anreicherung eines Schadstoffs in einem Organismus durch die Aufnahme über die Nahrung oder aus der Umwelt. Benthische Organismen: Lebewesen, die in oder auf Sedimenten leben.



In der Strategie wird ausserdem die Vorbehandlung der Sedimentproben für die chemische Analyse erläutert.

Sedimente sind jedoch auch Senken, das heisst in ihnen akkumulieren sich Stoffe, die Wasserorganismen gefährden. Solche Schadstoffe gelangen aus verschiedenen Quellen wie Landwirtschaft, Siedlungen, Bahntrassen oder Strassen in die Gewässerökosysteme. Dadurch werden die Sedimente mit unterschiedlichen Arten von Stoffen belastet, etwa Pestiziden, Quecksilber oder polychlorierten Biphenylen (PCB). Über das genaue Ausmass der Sedimentbelastung und wie sich diese in den letzten Jahren entwickelt hat, ist jedoch noch wenig bekannt, denn in der Schweiz fehlt bisher ein standardisiertes Monitoring der Sedimentqualität. Mangelhaft ist auch das Verständnis der Prozesse: Wie die Schadstoffe in Gewässer gelangen, sich an Sedimente binden und wie sie sich auf Wasserorganismen auswirken, wird erst teilweise verstanden. Denn diese Prozesse sind sehr komplex und finden teilweise gleichzeitig statt (siehe Abbildung).

Eine Monitoringstrategie für die Schweiz

Das Schweizerische Zentrum für angewandte Ökotoxikologie (Oekotoxzentrum) hat 2021 erstmals eine Strategie zur Beurteilung der Sedimentqualität für die Schweiz veröffentlicht. Die Strategie beschreibt das methodische Vorgehen bei der Probenahme und Probenvorbehandlung und schlägt Qualitätskriterien für zwanzig priorisierte Schadstoffe und Schadstoffgruppen sowie ein Beurteilungssystem vor. Basierend auf dem verfügbaren Wissen über einzelne Schadstoffe wird ein mehrstufiges Verfahren vorgeschlagen, um das Risiko eines Standorts einzuschätzen, für Wasserorganismen schädliche Sedimente zu enthalten. Die Strategie baut auf Methoden auf, die von den Kantonen bereits angewendet werden und ist kompatibel mit dem sogenannten Modul-Stufen-Konzept (MSK). Das MSK ist eine Sammlung von Methoden zur Erhebung und Beurteilung von Fliessgewässern gemäss Gewässerschutzgesetz.

Die Strategie ist somit ein erster Schritt zu einem schweizweiten Monitoring. Rico Ryser, Fachbereichsleiter Umweltanalytik des Amtes für Wasser und Abfall des Kantons Bern, testet derzeit den Leitfaden erstmals für die Aare: «Bis anhin konnten wir lediglich die Schwermetallgehalte in den Sedimenten der Aare untersuchen, dank der Strategie können wir nun eine vertiefte Beurteilung der Sedimentqualität vornehmen. Wir haben die Sedimentproben erhoben und führen zurzeit in Zusammenarbeit mit dem Oekotoxzentrum und der Universität Bern die ökotoxikologischen Tests und Untersuchungen von organischen Schadstoffen durch. Nun warten wir gespannt auf die Resultate.» Die Publikation aller Daten aus dem Aare-Projekt (inkl. Makrozoobenthos und Ökotoxtests) ist im Frühjahr 2023 geplant.



Kontakt:
Dr. João P. Leitão
 Abteilung Siedlungswasserwirtschaft, Eawag

Dr. Salvador Peña-Haro
 photrack AG

Hochwasserinfos via Social Media

Dank einer automatischen Bildbearbeitungsmethode, die von der Eawag zusammen mit der photrack AG und der ETH Zürich entwickelt wurde, lassen sich im Internet gepostete Handyvideos als wichtige Datenquelle bei einem Hochwasser nutzen. Rettungskräfte können dadurch noch gezielter Schutzmassnahmen ergreifen oder die Bevölkerung frühzeitig warnen.

«Unwetter wütet in Lausanne», «Rekordregen setzen Vororte von Sydney unter Wasser», «Die Sintflut von Münster» – was heute schon regelmässig Schlagzeilen macht, dürfte mit dem Klimawandel weiter zunehmen. Starke Niederschläge werden in Zukunft wahrscheinlich häufiger und intensiver auftreten als bisher, was auch vermehrt zu Überschwemmungen führen wird. Städte sind davon besonders betroffen. Da die Wassermassen auf den asphaltierten Strassen und Plätzen schlecht versickern, suchen sie sich ihren Weg durch die Häuserzeilen; Strassen werden zu reissenden Bächen, Keller überflutet, und innert kürzester Zeit entstehen nicht nur riesige Schäden, auch Menschenleben sind gefährdet.

Da es oft lokale Unwetter sind, die solch heftige Niederschläge hervorrufen, ist es schwierig vorherzusagen, wann und wo Sturzfluten auftreten. Entsprechend schlecht können sich Städte darauf vorbereiten. Erschwerend kommt hinzu, dass im Stadtgebiet aus Kostengründen kaum Sensoren installiert sind, die bei Überschwemmung Fliessgeschwindigkeit oder Pegelstände des Wassers messen – Daten, die jedoch notwendig wären, um zukünftige Hochwasser auf dem Computer zu simulieren und die Gefahr zu berechnen.

Experimente in Übungsanlage der Armee

Ein Team um den Umweltingenieur João P. Leitão hat sich deshalb zum Ziel gesetzt, diese Datenlücke bei den Wasserabflüssen zu schliessen. Dabei geht der Forscher neue Wege: «Wenn irgendwo etwas passiert, dauert es in der Regel nicht lange, bis in den sozialen Medien Handyvideos auftauchen – so auch bei Hochwasser. Wir wollten herausfinden, ob sich solche Filmchen als Datenquellen eignen.» In einem ersten Schritt fluteten die Forschenden Strassen und Keller einer Hochwasserübungsanlage, in der sonst Armee und Feuerwehr den Ernstfall proben. Während der kontrollierten Versuche erfasste ein Radargerät, wie hoch und schnell die Fluten waren. Gleichzeitig filmten die Forschenden das Hochwasser mit herkömmlichen Überwachungskameras und werteten die Bilder mit einem eigens entwickelten Algorithmus aus. Dieser berechnete anhand von natürlichen Strukturen auf der Wasseroberfläche wie Wellen oder Blättern die Fliessgeschwindigkeit und ermittelte mithilfe von bekannten Fixpunkten in der Anlage den Wasserpegel. Ein Vergleich zwischen Radarmessungen und Bildauswertung zeigte, dass Überwachungskameras verlässliche Daten zum Wasserabfluss liefern.

Neue Möglichkeiten für die Praxis

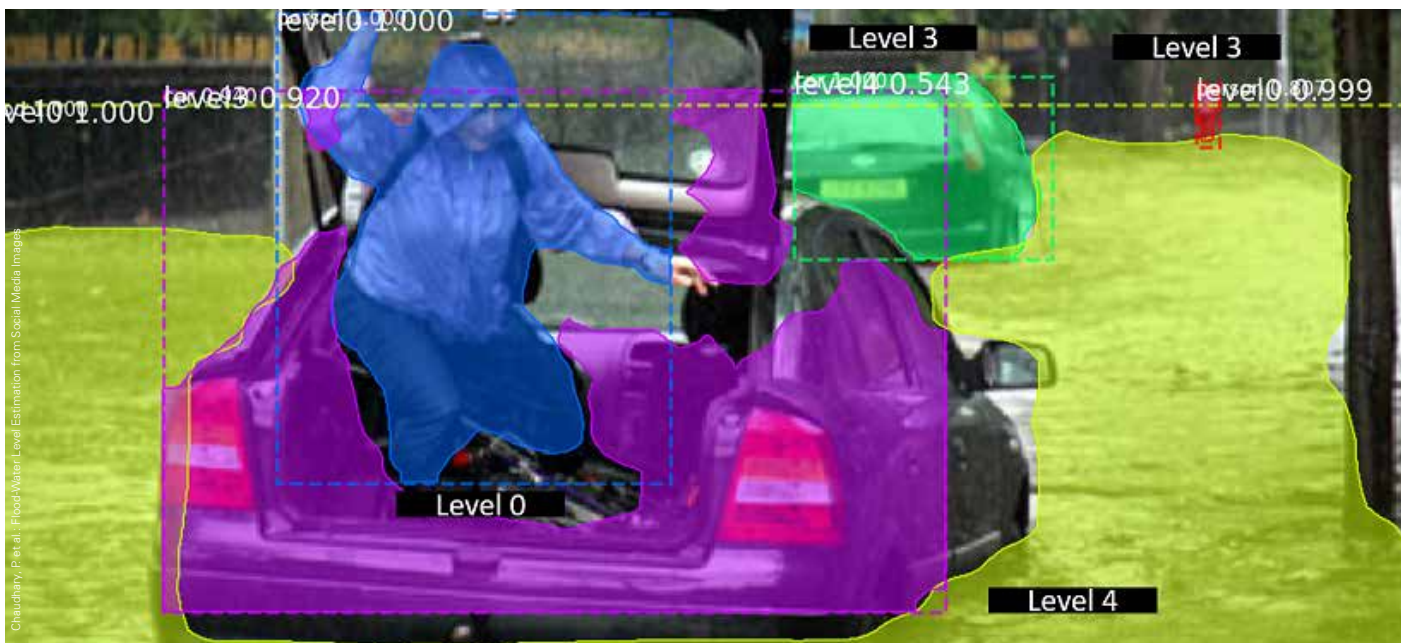
In einem nächsten Schritt untersuchte das Team um Leitão, ob sich entsprechende Daten auch aus im Internet geposteten Handyvideos herauslesen lassen. Bei solchen Aufnahmen fehlen jedoch oft Informationen zu Referenzpunkten, die nötig wären,



Aus Social Media Bildern und Videos lassen sich Hochwasserinformationen entnehmen.

um die Wasserhöhe zu ermitteln. Die Forschenden entwickelten deshalb mithilfe Tausender von Hochwasserbildern eine Methode, die zunächst ausgewählte Klassen von Objekten lokalisiert, deren Grösse ungefähr bekannt ist, zum Beispiel Personen oder Autos. Anhand dieser Werte konnten sie den Wasserstand zuverlässig abschätzen.

Für die Praxis eröffnet dies neue Möglichkeiten. Leitão: «Mit den Daten vergangener Überschwemmungen können zum Beispiel die Gefahrenkarten verbessert werden. Die grosse Stärke der Videos aus Facebook oder Instagram liegt aber vor allem darin, dass sie kostenlos und praktisch in Echtzeit Informationen zu einem Hochwasser liefern. Unsere vollautomatische Bildbearbeitung erlaubt nun Rettungskräften, genügend gut aufgelöste Filme zu nutzen, um damit am richtigen Ort Schutzmassnahmen zu ergreifen oder die Bevölkerung frühzeitig zu warnen.»



Mithilfe der Grösse von bekannten Gegenständen wird abgeschätzt, wie hoch sich das Wasser über dem Boden befindet.



AlpWISE, UNIL

Mehr Infos



Kontakt:

Prof. Dr. Stuart Lane

Fakultät für Geowissenschaften und Umwelt, Universität Lausanne, UNIL



Gletscherveränderungen beobachten

Gletscher stehen am Anfang alpiner Einzugsgebiete. Ihre Entwicklung wirkt sich auf sämtliche Oberflächengewässer eines Einzugsgebiets aus. Drohnen und andere neue Technologien ermöglichen es, lokale Veränderungen, beispielsweise Gletscherabbrüche, zu erfassen und zu untersuchen, wie sie sich stromabwärts auf Teilsysteme wie Fließgewässer, Seen, Grundwasser und Siedlungsgewässer auswirken. Denn um das Management von Einzugsgebieten zu verbessern, ist eine ganzheitliche Sicht notwendig.



ALPWISE, UNIL



Beeinträchtigte Fließgewässerdynamik

Fließgewässer als Ökosysteme und Lebensraum für spezialisierte Organismen werden unter anderem von der Abfluss- und Sedimentdynamik geprägt. Wasserkraftanlagen wie Staudämme können den Sedimentfluss unterbrechen oder erheblich verändern – mit negativen Folgen für die Fließgewässerökosysteme flussabwärts. Mithilfe von Drohnen können Ausmass und Veränderungen der Sedimentdynamik in einem Einzugsgebiet erfasst und untersucht werden.

Redaktion: Kommunikation Eawag

Mitarbeit: Natur Umwelt Wissen GmbH, Manuela Di Giulio

Gestaltung und Layout: Kommunikation Eawag

Übersetzungen: Laurence Frauenlob

Korrektorat: Interserv AG

© Eawag, 2022

Das Infotag-Magazin erscheint in deutscher Sprache sowie französischer 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

<https://doi.org/10.55408/eawag:25684>



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. Informationen zur Lizenz finden sich unter <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

