

**Hydrobiologisches
Laboratorium Kastanienbaum
1916–2016**



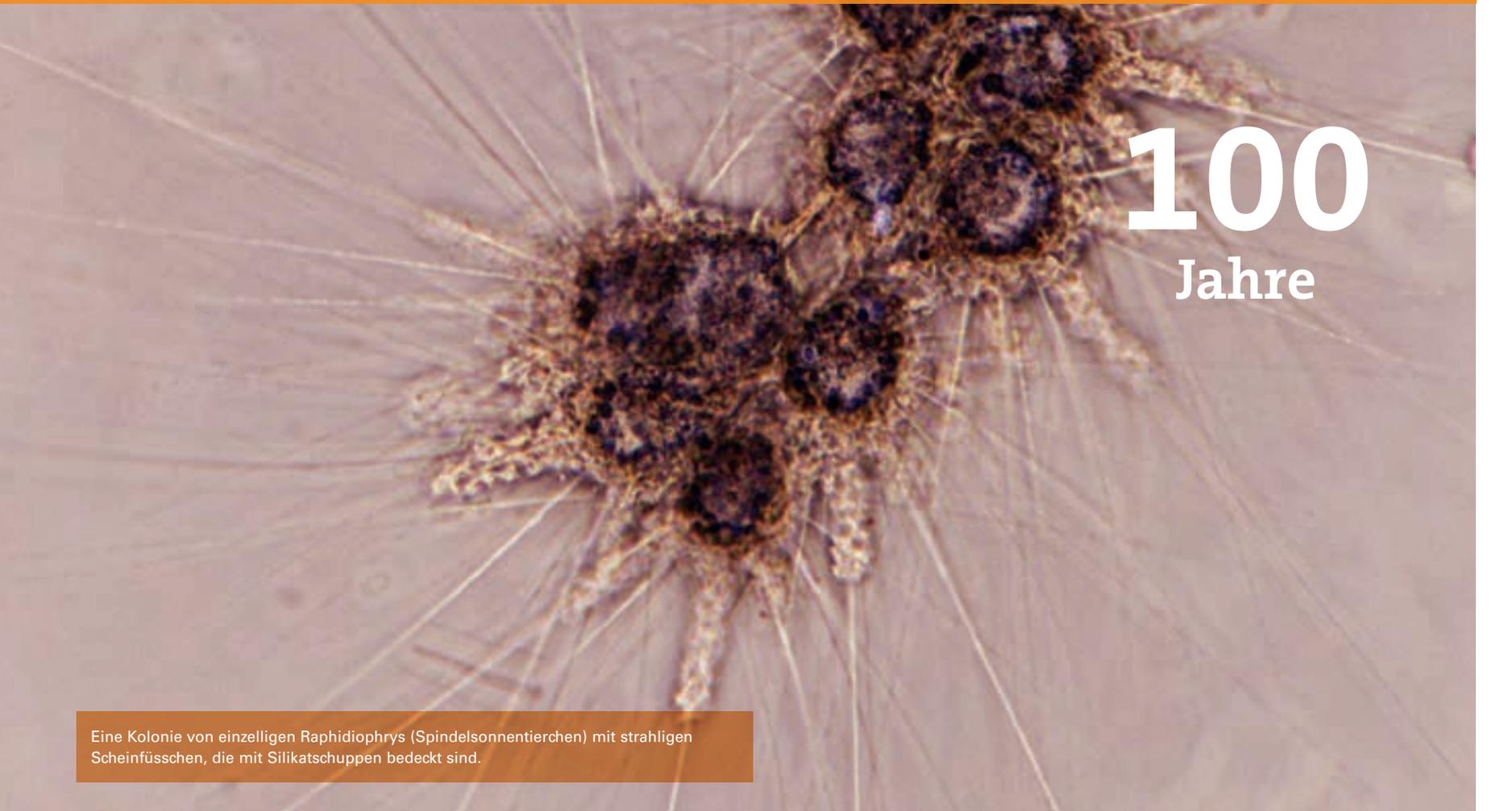
eawag
aquatic research **ooo**

In Kastanienbaum erstellte Doktorarbeiten

Gächter, R. – Phosphorhaushalt und planktische Primärproduktion im Vierwaldstättersee (Horwer Bucht), **1968** ... Stadelmann, P. – Stickstoffkreislauf und Primärproduktion im mesotrophen Vierwaldstättersee (Horwer Bucht) und im eutrophen Rotsee, mit besonderer Berücksichtigung des Nitrats als limitierenden Faktors, **1971** ... Bloesch, J. – Sedimentation und Phosphorhaushalt im Vierwaldstättersee (Horwer Bucht) und im Rotsee, **1974** ... Krummenacher, T. – Die Nährstoffbilanz des Alpnachersees, **1976** ... Ruhlé, C. – Die Bewirtschaftung des Seesaiblings (*Salvelinus alpinus salvelinus* L.) im Zugersee, **1976** ... Reinhard, M. – Die Bildung von chlorhaltigen organischen Verbindungen bei der Chlorung von natürlichem Wasser, **1977** ... Bundi, T. – Untersuchungen zur Aufnahme von Kupfer durch *Chlorella pyrenoidosa* in Abhängigkeit der Kupferspezifizierung, **1980** ... Meng, H. J. – Über die Ursachen von Saprolegniosen in schweizerischen Gewässern, **1980** ... Bossard, P. – Der Sauerstoff- und Methanhaushalt im Lungernsee, **1981** ... Staub, E. A. – Diagenese im rezenten Sediment des Vierwaldstättersees und ihre Veränderung durch die Eutrophierung Tiefenprofile biologisch-chemischer Parameter im Sediment und Porenwasser, **1981** ... Polli, B. – Die immunologische Abwehrreaktion von Fischen gegen *Saprolegnia*, **1982** ... Joller, T. – Untersuchung vertikaler Mischungsprozesse mit chemisch physikalischen Tracern im Hypolimnion des eutrophen Baldeggersees, **1985** ... Kuhn, E. P. – Mikrobieller Abbau von Nitrilotriacetat und von substituierten Benzolen bei der Flusswasser/Grundwasser-Infiltration Laborstudien, **1986** ... Peter, A. – Untersuchungen über die Populationsdynamik der Bachforelle (*Salmo trutta fario*) im System der Wigger, mit besonderer Berücksichtigung der Besatzproblematik, **1987** ... Wüest, A. – Ursprung und Grösse von Mischungsprozessen im Hypolimnion natürlicher Seen, **1987** ... Laczko, E. – Abbau von planktischem Detritus in den Sedimenten voralpiner Seen: Dynamik der beteiligten Mikroorganismen und Kinetik des biokatalysierten Phosphoraustausches, **1988** ... Höhener, P. – Der Stickstoffhaushalt von Seen, illustriert am Beispiel des Sempachersees, **1990** ... Haderlein, S. B. – Die Bedeutung mineralischer Oberflächen für die Mobilität von substituierten Nitrophenolen und Nitrobenzolen in Böden und Grundwasser, **1992** ... Ventling-Schwank, A. R. – Reproduktion und larvale Entwicklungsphase der Felchen (*Coregonus* sp.) im eutrophen Sempachersee, **1992** ... Dönni, W. – Verteilungsdynamik der Fische in einer Staustufe des Hochrheins mit besonderer Berücksichtigung der Oekologie des Aals (*Anguilla anguilla* L.), **1993** ... Zeh, M. – Reproduktion und Bewegungen einiger ausgewählter Fischarten in einer Staustufe des Hochrheins, **1993** ... Bosma, T. N. P. – Simulation of subsurface biotransformation, **1994** ... Perlinger, J. A. – Reduction of polyhalogenated alkanes by electron transfer mediators in aqueous solution, **1994** ... Friedl, G. – Die Mineralogie des Mangankreislaufs in eutrophen Seen eine Untersuchung mit EXAFS-Spektroskopie, **1995** ... Heijman, C. G. – Reductive transformation of nitroaromatic compounds under iron-reducing conditions, **1995** ... Brüscheiler, B. J. – Cytotoxicity and interactions of organotins and heavy metals with cytochrome P4501A in fish hepatoma cells, **1996** ... Friedl, C. – Populationsdynamik und Reproduktionsbiologie der Bachforelle (*Salmo trutta fario* L.) in einem hochalpinen Fliessgewässer, **1996** ... Guthruf, J. – Populationsdynamik und Habitatwahl der Aesche (*Thymallus thymallus* L.) in drei verschiedenen Gewässern des schweizerischen Mittellandes, **1996** ... Lemcke, G. – Paläoklimarekonstruktion am Van See (Ostanatolien, Türkei), **1996** ... Mengis, M. – Nitrogen elimination in lakes by N₂ and N₂O emission, **1996** ... Schaller, T. – Redox-sensitive metals in recent lake sediments proxy-indicators of deep-water oxygen and climate conditions, **1996** ... Bucheli, T. D. – Occurrence and behavior of pesticides during storm water infiltration, **1997** ... Glod, G. – Cobalamin-mediated reductive dehalogenation of chlorinated ethenes, **1997** ... Brunke, M. – The influence of hydrological exchange patterns on environmental gradients and community ecology in hyporheic interstices of a prealpine river, **1998** ... Müller, R. – Einfluss elektromagnetischer Felder auf Kristallisationsvorgänge praktische Anwendungen der Schlammbehandlung von Kläranlagen und in Trinkwassersystemen,

«Sich ganz nur der Erkenntnis hingeben können,
wenigstens dem aufrichtigen Suchen nach
Wahrheit, darin liegt wohl etwas vom Grössten,
was uns Menschen beschieden ist.»

Richard Vollenweider (1922–2007)



100
Jahre

Eine Kolonie von einzelligen Raphidophrys (Spindelsohnentierchen) mit strahligen Scheinfüsschen, die mit Silikatschuppen bedeckt sind.

Not und Tugend weisen den Weg



Erwin Leupi
Präsident NGL

Die Naturforschende Gesellschaft Luzern NGL hat den Grundstein für das Laboratorium Kastanienbaum am See gesetzt. Sie hat das Haus mit Inhalten gefüllt und echte Naturforschung in Bewegung gebracht, und dies vor 100 Jahren, nach einer Vorlaufzeit von 60 Jahren, und man denke, Kastanienbaum ist nur einer der Sprosse des Wissensdrangs unserer Vorväter. Viele Anstrengungen trieben Blüten am Baum: 1880 richteten sie die erste kantonale meteorologische Station in Luzern ein. Die prähistorische Kommission führte 1895 die ersten systematischen Grabungen im Wauwilermoos durch. Ab 1906 betrieben sie einen bemerkenswerten Alpengarten auf der Rigi Scheidegg. In Reaktion auf den um die Jahrhundertwende aufkommenden Heimatschutz bestellten sie 1906 eine Kommission für Naturschutz, erarbeiteten Inventare von Erratikern und interessanten Bäumen, reichten Postulate für den Schutz der fischreichen Horwer Bucht wie auch für ein Pflanzenschutzgesetz ein. Das Naturalienkabinett der Kantonsschule wurde von ihnen mit vielen Objekten ergänzt und später als Naturmuseum Luzern neu aufgebaut. 1916 begründeten sie die Geschichte von Kastanienbaum.

Und alle Blüten wurden zu Früchten mit so viel Gewicht, dass sie von der Gesellschaft alleine nicht mehr getragen werden konnten. Sie erarbeiteten Konzepte, Anträge, Geldmittel und überführten sie in die öffentliche Verantwortung: Schweizerische meteorologische Station, kantonale Natur- und Heimatschutzkommission, Kantonsarchäologie, Naturmuseum Luzern, Forschungslaboratorium der EAWAG.

Der Rückblick weist den Weg in die Zukunft. Alle Erfolge entstanden nicht aus der Gesellschaft, sondern aus den Anstrengungen einzelner Persönlichkeiten, denen aber die Gesellschaft einen stützenden Rahmen, einen Kommunikationsraum, eine Synergieplattform und Umsetzungsmöglichkeiten bot. In der Gesellschaft vereinigen sich Leute, die Freude an Ideen haben, frei denken und mit Lust kreatives

Schaffen mögen. Die Faszination der Naturwissenschaften hielt die Gesellschaft in allen Zeiten im Kern zusammen und spendete die Kraft, trotz unzähliger Querelen, gesellschaftlicher Nöte, Politik oder fehlender Mittel zu handeln. Die formalen Bedingungen sind interessanterweise in der langen Geschichte bis heute die gleichen geblieben. Der monatliche Lesezirkel war das heutige Internet, die «Sitzungen» mit bis zu 100 Teilnehmern, und dies im Wilden Mann in Luzern, waren die heutigen Podien, die Diaprojektion um 1930 im Vorspann der Luzerner Kinos war die Homepage, die Propaganda bei den Lehrern war der NGL-Award von heute.

Nun, was bleibt einer regionalen Gesellschaft in einem turbulenten Umfeld der digitalen Kommunikation und interkontinentalen Forschung? Die Geschichte zeigt: Die Formen, die Grosswetterlagen, die Mittel ändern sich, doch die Pioniere ziehen weiter. Für aktuelle Beispiele der Innovationsfreude stöbern Sie in «ngl.ch» und geniessen Sie den Ausflug mit unserem letzten Mitteilungsband 39 «Der Vierwaldstättersee – eine Seefahrt».

Und damit sind wir zurück am Vierwaldstättersee, mit einem herzlichen Dank an unsere Vorväter und einem mächtigen Stolz auf die Inspirationskraft unserer Gesellschaft. Die Freude über das Jubiläum bekräftigt die herzliche Freundschaft zu Kastanienbaum, auch wenn sich viele der Seenforscher nur noch auf eine beschränkte Projektdauer in unserer Region aufhalten und die Gesellschaft ihnen keinen Teil ihrer Heimat mehr zu bieten vermag.

Das 100-Jahr-Jubiläum als Spiegel für Tradition und Innovation



Janet Hering
Direktorin Eawag

Der grosse Jahrestag unseres Standorts in Kastanienbaum lässt uns doppelt nachdenken: über die Leistungen in der Vergangenheit und über kommende Chancen. Beim Zurückblicken realisieren wir, dass die Schweiz eine aussergewöhnliche Tradition in der Seenforschung hat. Ich denke dabei an Namen wie François-Auguste Forel (1841–1912), Richard Vollenweider (1922–2007) oder in jüngerer Zeit Dieter Imboden (*1943). Alle drei haben unser Verständnis von biologischen, chemischen und physikalischen Prozessen in Seen stark erweitert. Lange bevor die Bedeutung disziplinenübergreifender Ansätze breit anerkannt wurde, haben Dieter Imboden (ein Physiker) und seine Kolleginnen und Kollegen aus Biologie, Chemie und Geologie in Kastanienbaum multidisziplinäre Forschungsprojekte in Angriff genommen.

Heute sind die Möglichkeiten an Methoden und Geräten, um die Prozesse in Seen zu erforschen, enorm. Neben der Bestimmung von Algenproben aus dem See unter dem Mikroskop können wir nahezu live Informationen in hoher Auflösung bekommen, geliefert von einem automatischen Durchflussszytometer auf einem Floss. Mit Sonartechnik lässt sich die Topografie des Seegrundes in beispielloser Präzision erfassen (wir haben das 2008 für den Vierwaldstättersee getan). Die herkömmliche Artenbestimmung können wir heute mit genetischen Methoden erweitern und so auch unbekannte Arten beschreiben. Klassische Methoden und Erbgutanalysen haben wir zum Beispiel eingesetzt, um die Biodiversität der Felchen in den Schweizer Seen zu erforschen und Zusammenhänge nachzuweisen zwischen Überdüngung, Verlust von Lebensräumen und Verlust von Arten.

Aus dieser Kombination von Grundlagenforschung und angewandten Untersuchungen resultieren wertvolle Fakten für Entscheide in Behörden und Politik sowie für einen modernen Natur- und Umweltschutz. Als der frühere Eawag-Direktor Werner Stumm 1977 den Neubau in Kastanienbaum eröffnete, hob er die Bedeutung solcher Informationen für die Planung

und Umsetzung von Massnahmen im Gewässerschutz hervor. Die Eawag veröffentlicht laufend praxisnahe Arbeiten und Faktenblätter. Zu «alten» Fragen, die immer noch aktuell sind, wie zum Beispiel zu den Zusammenhängen zwischen Phosphor-Input und Gewässerüberdüngung. Und zu neu aufgetauchten Themen wie Antibiotikaresistenzen oder, mit dem Zentrum für angewandte Ökotoxikologie, zu Mikroplastik. Ausserdem fördern und betreiben wir in Kastanienbaum auch die Fischereiberatungsstelle FIBER.

Unser Standort in Kastanienbaum gehört heute integral zur Eawag und zu unseren Aufgaben in Forschung, Lehre und Beratung. «KB», wie wir das ehemalige hydrobiologische Labor intern liebevoll nennen, spiegelt die Bedeutung der Seenforschung für die Vergangenheit und die Zukunft der Eawag.

«Für den Bund sind die Eawag und ihr Forschungszentrum in Kastanienbaum wichtige Partner in allen Fragen rund um Wasser und Gewässer. Dank ihrer hochstehenden Forschung, Lehre und Beratung haben sie sich im Bereich Wasserqualität und Siedlungshygiene weltweit einen hervorragenden Ruf erworben. Dies trägt viel dazu bei, dass die Schweiz in Wasserfragen international sehr gefragt ist. Davon konnte ich mich im letzten Jahr zum Beispiel bei einem Besuch in Südafrika überzeugen. Ich wünsche allen Forscherinnen und Forschern weiterhin viel Neugierde, Ausdauer und Energie!»

Doris Leuthard, Bundesrätin



Forscherinnen und Forscher auf dem Dampfschiff Schwan um 1916.

Forschen und dem Gewässerschutz dienen

Aus der Faszination engagierter Luzerner Persönlichkeiten für die Geheimnisse des Sees ist in Kastanienbaum ein international renommiertes Forschungsinstitut gewachsen. Heute ist auch dessen Belegschaft international. Geblieben sind das Engagement der Mitarbeitenden in Forschung, Lehre und Beratung sowie die enge Zusammenarbeit der Disziplinen untereinander und mit Behörden und Gesellschaft.

1862, dreihundert Jahre nach der «Beschreibung des Vierwaldstättersees» durch J.L. Cysat¹ schrieb der Luzerner Theologiestudent Josef Stutz eine Arbeit über die stehenden Gewässern der Erdoberfläche samt einer Beschreibung des Rotsees. Kurz darauf liess die Naturforschende Gesellschaft Luzern NGL den Grund einiger Luzerner Seen vermessen. Der Apotheker und NGL Präsident Otto Suidter-Langenstein, wohl angeregt durch die Forschungen von François-Alphonse Forel über den Genfersee², versuchte mit Vorträgen über die Gewässerkunde das Interesse für die junge Wissenschaft zu wecken.

Kein guter Boden für Naturwissenschaften

1895 verfasst die Limnologische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft unter kräftiger Mithilfe des Luzerner Mittelschullehrers Hans Bachmann (S. 15) ein Programm zur Untersuchung des Vierwaldstättersees. Vom Chemismus des Wassers über Temperatur-, Farb- und Durchsichtigkeitsbestimmungen bis zu den Wasserständen wurden viele noch heute erfasste Daten erhoben. Ein eigener Abschnitt galt den zoologischen und botanischen Untersuchungen. Doch die Faszination Suidters und Bachmanns für die Seen schienen nicht alle zu teilen, nicht einmal alle NGL-Mitglieder. 1895 schrieb Bachmann: «Leider ist der Boden, aus welchem die reichen Blüten und Früchte der Naturwissenschaften üppig hervorspriessen, bei uns in Luzern nie ein recht günstiger und fruchtbringender gewesen.» Nach und nach schaffte es Bachmann, unter anderem zusammen mit Physiklehrer Xaver Arnet und dem Luzerner Kantonschemiker Emil Schumacher, dann aber doch, mehr Leute für die Geheimnisse des Sees zu begeistern. So

geling es ihm, eine Finanzkommission für die Untersuchungen zu bilden, in der zum Beispiel der Gotthardbahndirektor, zwei Regierungsräte, der Dampfschiffverwalter und die Direktoren der Rigi- sowie der Pilatusbahn Einsitz hatten. In den Mitteilungen der NGL wurden die Artikel über den See immer zahlreicher. Bachmann befasste sich vor allem mit dem Plankton und entwickelte für Probenahmen eigene Techniken, die er nicht nur im Vierwaldstättersee, sondern auf ausgedehnten Reisen auch in Schottland oder Grönland anwandte.

Erfolg dank grosszügiger Freunde

1912 reichte Bachmann sein «Projekt für eine eidgenössische Station für Fischerei- und Gewässerkunde am Vierwaldstättersee» beim Departement des Innern in Bern ein. Beigelegt waren nicht nur die Pläne, sondern auch aus-



Die Planktonproben aus der Anfangszeit des Labors sind immer noch erhalten.

fürliche Berechnungen der Baukosten für das dreistöckige Gebäude (CHF 331'250) und der Betriebskosten (jährlich CHF 51'000). Um seiner Idee Nachdruck zu verleihen, organisierte er international beachtete hydrobiologische Kurse. 1914 brach der Erste Weltkrieg aus und das visionäre Projekt verschwand in einer Schublade im Bundeshaus. Doch Bachmann blieb hartnäckig und fand mit Fritz Schwyzer einen interessierten Gönner. Der Mediziner war 1911 aus Amerika zurückgekehrt und hat sich in Kastanienbaum einen Landsitz erbaut (S. 15). Er ermöglichte es der NGL mit einer Schenkung, noch in den Kriegsjahren ein erstes kleines Laboratorium zu eröffnen. Schwyzer war dabei so bescheiden, dass er seinen Freund Bachmann in einem Brief aufforderte, doch bitte seine Ehrentafel aus dem neuen Gebäude zu entfernen. «Wir werden die Tafel aus dem Rahmen nehmen und in einer Mappe versorgt im Schrank unterbringen», versicherte Bachmann in seiner Antwort.

Neue Geräte und Methoden nötig

Das am 18. Juni 1916 eingeweihte, sechs mal zehn Meter grosse Gebäude steht, heute in Privatbesitz, noch kaum verändert vor der «Örtliegg», über einen Steg erschlossen, im See (S. 13). Ein Motorboot erhielt die NGL vom Genfer Dozenten Gandolfi-Hornold geschenkt, ein Ruderboot von der Konkordatskommission des Vierwaldstättersees. Im Obergeschoss befanden sich ein Arbeits- und ein Aquarienraum sowie eine Dunkelkammer. Im Dachstuhl war etwas Platz für Gerätschaften. Anfänglich wurden vor allem Geräte eingesetzt, wie sie im Ausland für See- und Meeresforschung üblich waren. Doch sie erwiesen sich als zu wenig präzise. Mit dem Luzerner Optiker und Feinmechaniker Hans Friedinger erfanden und entwickelten die Forschenden neue Apparate – unter anderem die Theilersche Schöpfflasche, die es dank eines originell erdachten Mechanismus erlaubt, Wasserproben aus beliebigen Tiefen zu entnehmen. Durch Fachpublikationen wurden diese Geräte auch im Ausland bekannt; in den 1930er Jahren druckten Friedingers Werkstätten für wissenschaftliche Apparate einen eigenen Katalog «Apparate und Bedarfsartikel für die Hydrobiologie» und verschickten ihre Produkte in alle Welt – ein schönes Beispiel für eine erfolgreiche Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.

Zu viel Abwasser = Verschmutzung

Nebst technischen und methodischen Fragen beschrieben die Nutzerinnen und Nutzer des Labors – darunter viele Gäste aus dem Ausland – in den frühen Jahren vor allem das Phytoplankton. So verbrachten zum Beispiel die Professoren Saunders und Worthington von Cambridge mehrere Wochen in Kastanienbaum. Die Arbeiten beschränkten sich dabei nicht auf den Vierwaldstättersee. Dank Bachmanns Reisen und Kontakten entstanden vergleichende Studien mit Seen in aller Welt. Die Mitglieder der Hydrobiologischen Kommission, welche übrigens nahezu alle Forschung in ihrer Freizeit betrieben, untersuchten zudem rund 60 alpine Seen. Aber auch vom Rotsee, Baldegger- und Hallwilersee entstanden Publikationen. In diesen drei Seen wurden früh Ver-



Richard Vollenweider (links) im Labor, um 1950.

änderungen des Nährstoffgehalts und des Planktonbestandes – auch Massenerkrankungen von Burgunderblutalgen – nachgewiesen. Schuld war die Einleitung von Abwässern. 1917 wurde dieser Zustand erstmals als Verschmutzung bezeichnet. Der Rotsee wurde in Zusammenarbeit mit dem kantonalen Labor und der Luzerner Baudirektion für Jahrzehnte ins Untersuchungsprogramm des Labors aufgenommen. Das begründete eine anhaltende, auf Lösungen fokussierte Partnerschaft zwischen Forschung, Verwaltung und Politik. Der kantonale Lebensmittelinspektor Ernst Hurter konnte dank einer privaten Spende von 1920 bis 1926 sogar als Assistent am Labor angestellt werden. Er publizierte über die Entwicklung und Bekämpfung der Stechmücken.

Prozesse verstehen

Anders als gelegentlich behauptet, war die Gewässerforschung schon vor dem Zweiten Weltkrieg nicht nur rein beschreibend. Man war sehr wohl auch an den Prozessen und deren Verständnis interessiert. So ist zum Beispiel eine nächtliche Dampfschiffahrt dokumentiert, wo die Teilnehmer an einem von Bachmanns hydrobiologischen Kursen den vertikalen Planktonbewegungen nachspürten. Paul Steinmann und weitere Fischforscher erarbeiteten Grundlagen, etwa zu den Felchen, auf die noch heute zurückgegriffen wird. Auch der Verlauf von Fischvergiftungen wurde



Biologielehrer im Kurs (1966).

studiert und mit heute kaum mehr denkbaren letalen Versuchen simuliert. So beschrieb Steinmann schon 1920 detailliert «die letzten Zuckungen und aufgesperrten Mäuler» von Forellen, die mit Benzol vergiftet wurden.³

Bei allem Enthusiasmus blieb Suche nach Geld und Aufmerksamkeit für die Gewässerforschung aufreibend. So beklagte der spätere Eawag-Direktor Otto Jaag (S. 17), dass die ETH Zürich 1933 noch die einzige schweizerische Hochschule war, an der Limnologie gelehrt wurde. Er räum-

Strom sparen trotz Kälte

Die Arbeit im ersten Labor war bisweilen hart, weil das Haus im See kaum richtig beheizt werden konnte und der Strom zur Zeit des Ersten Weltkriegs teuer war. Ein Eintrag im Laborbuch vom 23. Oktober 1918 zeugt davon: «Surbeck und Steinmann brechen ihre Untersuchungen ab. Da das Schneewetter des 20. grosse Kälte brachte, stieg die Temperatur am 21. erst gegen Abend auf 11°. Wir waren daher gezwungen, den Ofen während der beiden Nächte 21./22. und 22./23. in Betrieb zu lassen, dafür wurde bei Tag nach Möglichkeit gespart. Verbrauch im Ganzen: 93 Kilowattstd.» Zum Vergleich: Damals kostete eine kWh Strom rund 10 Rappen. 93 kWh also knapp 10 Franken – ein guter Tagelohn für einen Handwerker. 2015 haben die Solaranlagen der Eawag in Kastanienbaum und Dübendorf übrigens rund 150'000 kWh Strom produziert.

Den Vierwaldstättersee erkunden

Unter Mithilfe der NGL und Hans Bachmanns entwirft die Limnologische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft ein «Programm zur limnologischen Untersuchung des Vierwaldstättersees».



te aber auch ein, dass die Limnologen selbst sich öfter bekämpften statt unterstützten: «Man muss diese Entwicklung als verhängnisvoll bezeichnen, denn schon damals machten sich ernsthafte Zeichen der Verderbnis unserer fließenden und stehenden Gewässer, ja sogar des Grundwassers, unübersehbar geltend», schrieb Jaag. Umso erstaunlicher ist es, dass es der NGL 1938 in Rekordzeit gelang, das aus allen Nähten platzende Labor durch einen geräumigen Neubau zu ersetzen: Gut 500 Meter südlich vom alten Standort entstand das neue Bootshaus mit Mikroskop-, Labor- und Schulraum. 1964 wurde es leicht erweitert und 2007 erneut saniert.

Das Ende der ehrenamtlichen Forschung

1940, nach dem Tod von Hans Bachmann, wurde Seminarlehrer Heinrich Wolff ehrenamtlicher «Kustos» des Labors. Er publizierte unter anderem zu Wasserflöhen, aber auch über seine Untersuchungen der hochalpinen Seen am San-Bernardino-Pass. Noch in den Kriegsjahren organisierte er Ferienkurse für Studierende aus Zürich und Basel sowie für Gymnasial- und Sekundarlehrer. So entstand ab 1952 auch die Zusammenarbeit mit der Eawag und ihrem Direktor Otto Jaag. 1953 trat Wolff berufsbedingt zurück vom Ehrenamt – ernüchert, dass einzig mit einigen privaten Gönnern eine mit dem Ausland konkurrenzfähige Forschung nicht mehr möglich war. Wolffs Assistent, Sekundarlehrer Richard Vollenweider, verliess Kastanienbaum 1954 für eine Stelle am Limnologischen Institut in Pallanza (S. 16).

Trauer und Freude bei der NGL

Die NGL sah sich in der Folge nicht in der Lage einen qualitativ genügenden Forschungsbetrieb in ihrem Labor aufrechtzuhalten. Der Vorstand entschloss sich, das Labor der noch als ETH-Institut geführten Eawag zu übergeben. Für Eawag-Direktor Otto Jaag war die Übernahme keine Selbstverständlichkeit. «Es brauchte beträchtlichen Mut, diese neue Aufgabe anzupacken», schrieb er, «denn das Laboratorium befand sich in mancher Hinsicht in einem schlechten

Zustand. So musste zunächst in wochenlanger Arbeit eine Generalreinigung sämtlicher Räume vorgenommen werden.» Die Eawag übernahm daher die Station nach einer Versuchsphase erst 1960 endgültig. Über die Stiftung der Wirtschaft zur Förderung des Gewässerschutzes gelang es, die nötigen Mittel zu beschaffen für Ausrüstung und ein neues Boot. Allerdings war die «Hans Bachmann» zu lang für das Bootshaus, welches kurzerhand vergrößert wurde. Erster Leiter der Eawag-Abteilung Limnologie in Kastanienbaum war Heinz Ambühl (S. 18), ein Doktorand von Otto Jaag. Mit der Übernahme des Labors durch die Eawag war der Traum Bachmanns von einem nationalen Institut in Erfüllung gegangen. Ganz schmerzfrei war die Ablösung für die



Colette Grieder und der Leiter der Fischereiwissenschaften, Wolfgang Geiger, untersuchen eine Barbe bei Beznau (um 1973).

NGL jedoch nicht: «Aber eines müssen wir Luzerner hier noch beifügen: Wir trauern sehr um unser Hydrobiologisches Laboratorium, das währende 44 Jahren im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Geschehens unserer Gesellschaft stand. Aber wir freuen uns heute aufrichtig, dass dieses Institut unter würdige Obhut gekommen und sein Weiterbestehen gesichert ist», sagte Wolff in seinem Rückblick 1964.

Eutrophierung und erste Seemodelle

Die ab 1960 in Kastanienbaum durchgeführten Forschungsarbeiten befassten sich bis Mitte der 1970er Jahre im Wesentlichen mit chemischen und biologischen Vorgängen im Vierwaldstättersee und in anderen Seen der Zentralschweiz. So wurden wichtige Erkenntnisse gewonnen über die Bedeutung der Nährstoffe Phosphor (P) und Stickstoff (N) und ihrer Umsetzungsprozesse für die Überdüngung der Seen, die Eutrophierung. Untersuchungen am pflanzlichen und tierischen Plankton, an Sedimenten und an Bodenorganismen dokumentierten die fortschreitende Verschlechterung des Seezustandes in den Sechziger- und Siebzigerjahren. Es zeigte sich, dass nur eine markante, dauerhafte Senkung der Phosphorkonzentration in den Seen eine Besserung herbeiführen konnte. Bund, Kantone und Gemeinden trugen diesen Erkenntnissen bald Rechnung, indem sie die Phosphorfällung in den Kläranlagen im Einzugsgebiet der Seen einführten oder Ringkanalisationen bauten zur Fernhaltung der Abwässer. Die Eawag Kastanienbaum verfolgte die Auswirkungen dieser Massnahmen an verschiedenen Seen. Am Vierwaldstättersee stellen die seit 1961 monatlich durchgeführten biologisch-chemischen Probenahmen eine Datenbasis von unschätzbarem Wert dar für Langzeitstudien über die ökologischen Auswirkungen von Seesänerungen. Mehr und mehr traten Arbeiten in den Vordergrund, die sich um die physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge im komplexen «System See» kümmerten. Schon 1972 erschien auch eine erste Publikation über einen Ansatz, dieses System numerisch zu modellieren, um die Reaktion eines Sees auf Veränderungen vorauszusehen und geeignete Gewässerschutzmassnahmen auszuwählen.



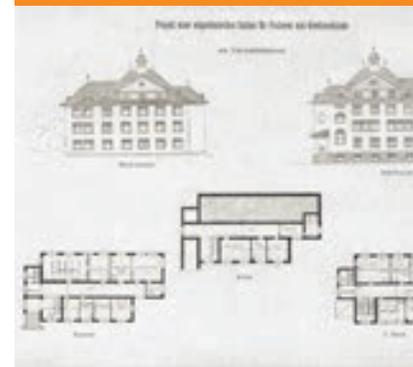
Der von Heinz Ambühl entwickelte «Oxytester» zur Messung des Sauerstoffs und anderer Grössen (um 1963).

Nur erste Etappe des Neubaus realisiert

Hans Bachmanns und Otto Jaags Pläne für ein grösseres Institut wurden ab 1970 vom neuen Eawag Direktor Werner Stumm sowie von Heinz Ambühl vorangetrieben. Nach der Übernahme der Liegenschaft Seeheim (1968) und Provisorien in Baracken, konnte Ende 1976 der terrassenartig in den Hang gebaute Neubau bezogen werden. Wegen des Sparprogramms des Bundes war nur die erste Etappe realisiert worden, und wegen des Personalstopps konnte die Eawag den Betrieb eine Zeitlang nur durch die Verschiebung von Stellen von Dübendorf an den Vierwaldstättersee sicherstellen. Belebend aber aufwändig waren die unzähligen Studienwochen in der Lehrerausbildung und Biologie-Blockwochen von Mittelschulklassen. Oft platzten sowohl die Unterkunft im Seeheim als auch der Mikroskopieraum aus allen Nähten und die Gruppen schränkten den übrigen Forschungsbetrieb ein. 2008 beschloss die Direktion, auf mehrtägige Kurse für Mittelschulen zu verzichten. Mit Summer-Schools für Studierende, Fachkursen (www.eawag.ch/peak), öffentlichen

Grosse Pläne

Hans Bachmann reicht beim Bund Pläne ein für eine «Eidgenössische Station für Fischerei und Gewässerkunde am Vierwaldstättersee». Erstellt werden soll der stattliche Bau im «Winkel» in der Bucht von Horw. Kostenvoranschlag: 331'250 Franken. Während des Ersten Weltkriegs verschwinden die Pläne beim Bund leider in der Schublade.



Führungen sowie kürzeren Besuchsprogrammen für Gruppen bietet die Eawag immer noch sehr viele Einblicke in ihre Tätigkeit und die Ergebnisse ihrer Forschung.

Forschung und Beratung – auch für die Politik

1976 zog die ganze Abteilung für Fischereiwissenschaften nach Kastanienbaum. Fragen der Seenbewirtschaftung wurden abgelöst durch neue Forschungsschwerpunkte, etwa zur Populationsdynamik von Felchen und Rotaugen, aber auch ausgeweitet auf die Analyse von Lebensräumen im See und in Fließgewässern. Vermehrt wurden Untersuchungen auf Ökosystemebene durchgeführt. Arbeiten über die erkannten Defizite – zum Beispiel zu ungenügenden Restwassermengen – halfen mit, dass im neuen Eidg. Gewässerschutzgesetz von 1991 ein umfassender Schutzgedanke für die Gewässer Eingang fand. Auch bei dessen Revision 2011 flossen Erkenntnisse der Eawag-Forschung massgeblich ein, zum Beispiel zur Behebung von negativen Folgen der schwallweisen Wasserrückgabe unterhalb von Wasserkraftwerken (S. 26). Im Auftrag der Vierwaldstätterseekantone wurden in einer Studie (1988–1994) Wege aufgezeigt für einen integralen Gewässerschutz im Einzugsgebiet des Sees. Gemeinsam mit dem Bundesamt für Umwelt, dem Bundesamt für Wasserwirtschaft und kantonalen Fachstellen wurde ein breit abgestütztes, multidisziplinäres Untersuchungskonzept für Gewässer entwickelt, das Modulstufenkonzept. Oberstes Ziel bleibt die Erhaltung der Artenvielfalt in allen Gewässertypen. Fischereiwirtschaftliche Fragen, z.B. zum Rückgang der Fangerträge oder zur Frage der Zweckmässigkeit von Jungfischeinsätzen, werden darüber nicht vernachlässigt.

Im Bereich der chemisch-physikalischen Gewässeruntersuchung legte die Eawag Wert darauf, dass nicht nur in Dübendorf, sondern auch in Kastanienbaum modernste Analysegeräte zur Verfügung standen. Schon 1975 wurden Messgeräte für die Analyse der Metallkonzentrationen und der Algenproduktion beschafft. Heute beherbergt das Labor eine moderne Isotopenanalytik und Labors für molekulargenetische Studien.

Viele Disziplinen unter einem Dach

Unter der gemeinsamen Leitung von Dieter Imboden (S. 19), René Gächter und Peter Baccini wurde 1977 die Gruppe, ab 1978 die Abteilung «Multidisziplinäre Limnologische Forschung – MLF» gegründet. Forschende aus den Bereichen Ingenieurwesen, Physik, Biologie und Geologie arbeiteten unter einem Dach eng zusammen – eine der bis heute gepflegten Stärken des Forschungsstandortes Kastanienbaum. Eines der ersten Grossprojekte war eine Langzeitstudie über die Schädlichkeit von Schwermetallen im Seewasser und im Sediment (S. 33). Die MLF-Abteilung entwickel-



In Moonboots auf dem See – Versetzen einer Messboje um 1988.

te Konzepte zur Sanierung von überdüngten Seen und zu diesem Zweck auch ein mathematisches Seemodell. Die Berechnungen lieferten die Grundlagen für die Belüftungsanlagen, welche ab 1982 im Baldegger-, Sempacher- und Hallwilersee, später auch im Pfäffiker- und Greifensee sowie in mehreren Kleinseen installiert wurden. Parallel dazu war die Eawag in Zusammenarbeit mit den Kantonen meist auch beteiligt an der limnologischen Überwachung der Seen und der seeinternen Massnahmen. Die Umweltphysiker leisteten wichtige Beiträge zu den Mischungsvorgängen im See – Grundlagen, die heute unter anderem zur Beurteilung der Folgen grosser Wärmeentnahmen genutzt werden (S. 34) – sowie zu den Prozessen an der Grenzfläche Sediment – Wasser und im Sediment selbst. Die Abteilung MLF kann als eine der «Keimzellen» für den 1987 eingeführten Studiengang Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich bezeichnet werden.

Neue Erkenntnisse dank neuer Methoden

Dank der gut ausgerüsteten Laboratorien, aber vor allem auch dank der Zusammenarbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mit spezialisierten Technikerinnen und Technikern, sind in Kastanienbaum immer wieder Methoden entwickelt und verfeinert worden, die zu wegweisen-

den Forschungsergebnissen geführt haben: So können mit der Bestimmung verschiedener Kohlenstoffisotope im Methan mikrobiologische Nahrungsnetze aufgeschlüsselt oder mit Stickstoffisotopen weit zurückliegende Veränderungen von Meeresströmungen nachgewiesen werden (S. 40). Immer präzisere und raschere Genanalysen erlauben es, die Bildung neuer Arten nahezu «live» zu verfolgen (S. 22). Mit Versuchen in Mesokosmen und automatisierten Probenahmen können Forschende aufzeigen, dass nicht nur der Lebensraum die Biodiversität bestimmt, sondern auch der umgekehrte Fall auftritt, wo Vielfalt und Zahl der Bewohner ihren Lebensraum prägen (S. 30).

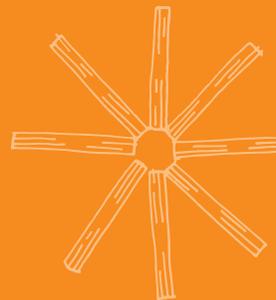
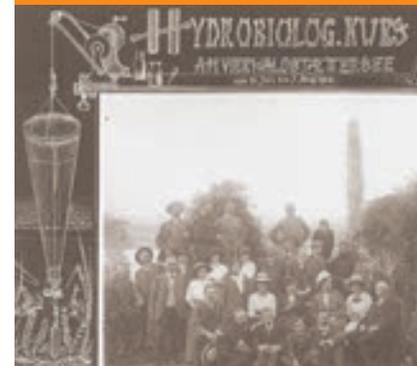
Internationale Kurse

Um die Notwendigkeit eines grossen Instituts zu beweisen, organisiert Hans Bachmann 1911 und 1913 hydrobiologische Kurse mit internationaler Beteiligung.

1915 erteilt dann der Luzerner Regierungsrat der NGL die Bewilligung, auf «Seegrund vor dem Gute Kastanienbaum» der Frau Fischer-Meyer ein «Bootshaus mit hydrobiologischem Laboratorium» zu errichten.

Katholisches Kastanienbaum

Die inzwischen über hundert Mitarbeitenden in Kastanienbaum haben zwar einen einigermaßen peripher gelegenen Arbeitsplatz, dafür ist er landschaftlich nicht zu überbieten. Zudem kommen sie jedes Jahr in den Genuss von deutlich mehr Freitagen als ihre Kolleginnen und Kollegen in Dübendorf. Denn im katholischen Luzern gelten auch Fronleichnam, Mariä Himmelfahrt etc. als Feiertage. Dass wichtige Leute am See streng katholisch sind, hat auch René Gächter erlebt: Als allererster Doktorand in Kastanienbaum, von Prof. Ambühl angestellt, hat er im Dach des Bootshauses geschlafen. Damenbesuch war streng verboten. Als er reklamierte, da frisch verheiratet, hat Ambühl ihm zur Auflage gemacht, er müsse seine Frau erst bei den Nachbarn vorstellen gehen. Der gute Ruf des Labors sollte nicht aufs Spiel gesetzt werden.





Das Hydrobiologische Laboratorium heute

- 1) Bootshaus/Hafen – der Kern des Hydrobiologischen Labors (1938):
Arbeitsplätze für Studierende, Sitzungszimmer
- 2) Seeheim: Seminarsaal, Büros, einfache Unterkünfte für max. 24 Personen, öffentlicher Garten
- 3) Badhüsli
- 4) Laborgebäude (1976): Aquarienräume, Werkstätten, Molekularlabor, Analytik-Labore, Büros, Cafeteria.
- 5) Anbauten, «Castagnettas» (2012): Büros, Bibliothek

Namen und Betreiber

1916/1950

**Hydrobiologisches
Laboratorium Kastanienbaum
am Vierwaldstättersee (1916)
Hydrobiologische Station (1950)**



1969

Limnologische Feldstation



1976

**Seenforschungslaboratorium
Kastanienbaum (SFLK)**



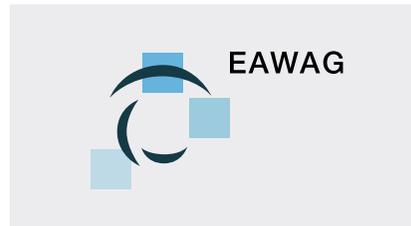
1981

Seelabor Kastanienbaum



1992

**Forschungszentrum
für Limnologie (FZL)**



2010

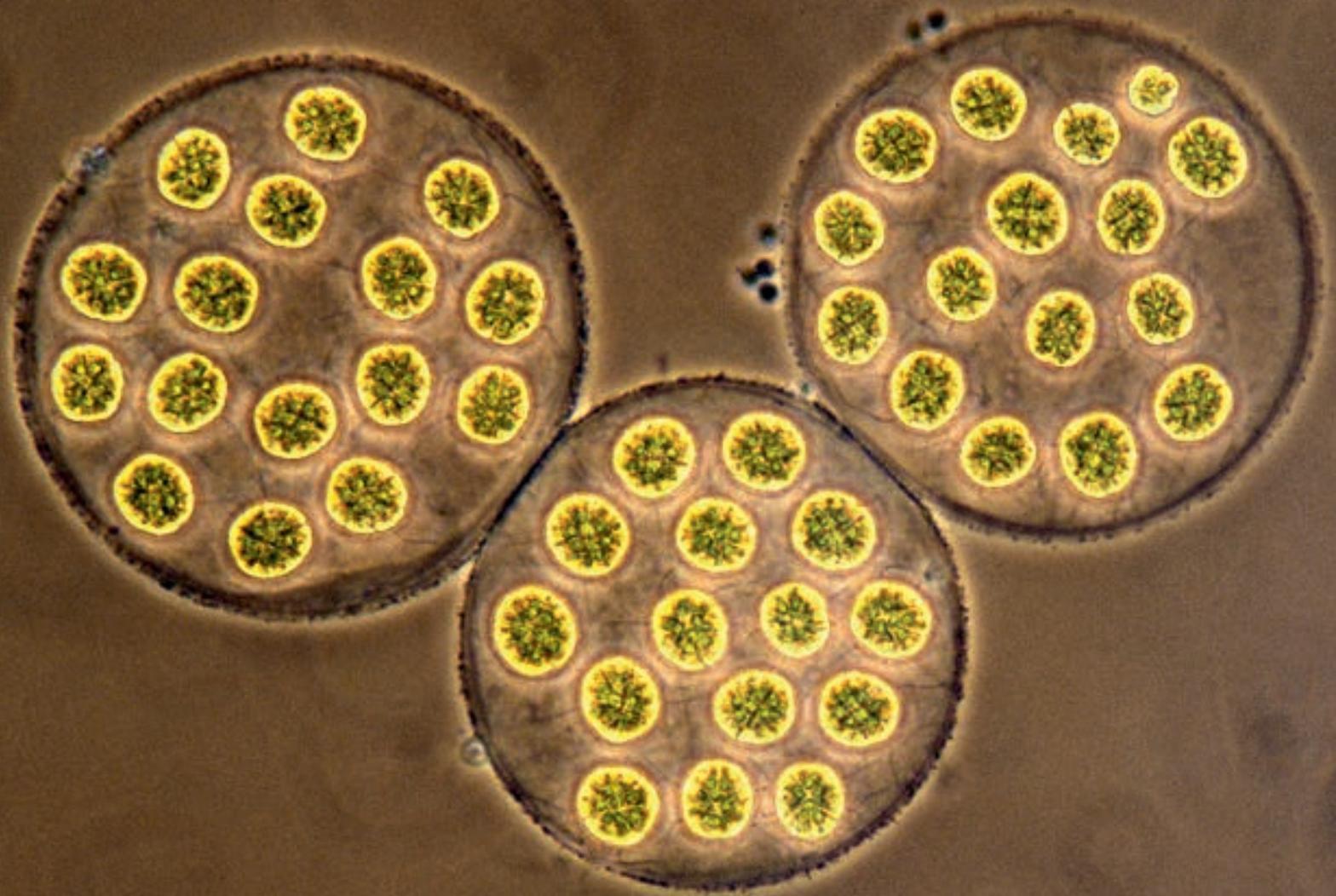
**Zentrum für Ökologie, Evolution
und Biogeochemie (CEEB)**



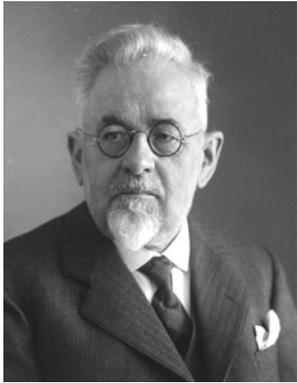
Grosszügiger Arzt

Dank einer Schenkung des Mediziners Fritz Schwyzer (S. 15) kann die Naturforschende Gesellschaft Luzern am 18. Juni 1916 anlässlich ihrer Generalversammlung die Eröffnung des neu erstellten kleinen Labors feiern. Zu den Stiftern gehören auch Stadt und Kanton Luzern, die Zentralschweizerischen Kraftwerke, die Konkordatskommission für die Fischerei des Vierwaldstättersees, Bankier Bidler-Brunner und der Luzerner Nationalbankdirektor Eduard Humitzsch.





Vermehrungsstadien einer Volvox-ähnlichen Grünalge. Die je 16 Tochterzellen der ursprünglichen Zellen haben sich erneut geteilt. Jede Tochterzelle hat eine komplette, von Gallerte umhüllte Kolonie mit begeißelten Miniaturzellen gebildet.

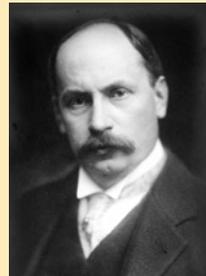


Hans Bachmann (1866–1940) – «jeglicher unexakten Behandlung abhold»

Im Jubiläumsjahr «seines» hydrobiologischen Labors in Kastanienbaum jährt sich Hans Bachmanns Geburtstag zum 150. mal. 1866 in Lieli (Kt. LU) ob dem Baldeggersee geboren, absolvierte er das Seminar in Hitzkirch und wurde Primarlehrer.

Sozusagen auf dem zweiten Bildungsweg holte er die Matura nach und studierte schliesslich Biologie an der Universität in Basel, unter anderem beim Zoologen Friedrich Zschokke. 1895 doktorierte er, begann aber schon 1892 als Naturgeschichtelehrer an der Kantonsschule Luzern zu arbeiten. Seine Zeitgenossen beschreiben ihn als «unendlich wissbegierig» und als einzigartigen, charismatischen Lehrer, der es verstand, seine Schülerinnen und Schüler im Klassenzimmer und auf Exkursionen für die Biologie zu begeistern. Er war ihnen Freund und väterlicher Erzieher zugleich, konnte aber auch unerbittlich fordern. Heinrich Wolff, nach Bachmanns Tod Verwalter des Labors, schrieb über ihn: «Er kannte nur echte, solide und aufrichtige Darstellung des naturgeschichtlichen Stoffes und war jeglichen unexakten, geheimnistuerischen oder gar süsslichen Behandlung gründlich abhold.» Seine Arbeit über «das Phytoplankton des Süsswassers mit besonderer Berücksichtigung des Vierwaldstättersees» (1911) war für den damaligen Stand der Hydrobiologie ein Meilenstein. Immer wieder verstand er es, andere zur Mitarbeit an Forschungsprojekten zu motivieren. Zusammen mit Bakteriologen, Zoologen, Fischereifachleuten und mit dem Luzerner Kantonslabor, klärte er die zunehmende Verschlechterung der hygienischen und fischereilichen Verhältnisse in den Gewässern ab. So wurde er Fachmann und Berater in Abwasserfragen. Ab 1915 bis zu seinem Tod präsidierte er die Hydrobiologische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. 1924 verlieh ihm

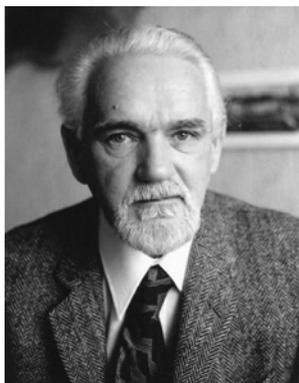
die ETH die Würde eines Ehrendoktors und die Stadt Luzern das Ehrenbürgerrecht. Man mag sich wundern, wie er neben den Pflichten als Lehrer, all seine Forschung, Vorträge, Exkursionen und Ämter bewältigen konnte. Riesige Unterstützung gewährte ihm sicher seine Frau. Ida Bachmann (Berchtold) hatte grosses Organisationstalent und war eine vorzügliche Gastgeberin: «Die Freunde des Ehepaars Bachmann werden die frohen Stunden der Geselligkeit, gewürzt mit feinem Humor, die sie auf Musegg erleben durften, nie vergessen», schreibt Heinrich Wolff⁴.



Fritz Schwyzer (1864–1929) – Freund und grosszügiger Stifter

«Stifter und Förderer des Hydrobiol. Laboratoriums Kastanienbaum» steht unter der Fotografie von Fritz Schwyzer, Sohn des Nordostbahndirektors. Wie hoch die Schenkung des Arztes an die NGL 1916 tatsächlich war, ist nirgends notiert. Sein Freund, Hans Bachmann, schickte ihm einfach alle Rechnungen zu. Der Zürcher hat 1887 in Würzburg über Bazillen doktoriert und dann als Pathologe gearbeitet und geforscht – 1892 unter anderem auch ein Jahr in Berlin, wo zur gleichen Zeit Robert Koch die moderne Mikro-

biologie begründete. Ab 1893 arbeitete Fritz Schwyzer in New York. Eine seiner Publikationen erschien 1901 im New Yorker Medical Journal über die chronische Vergiftung durch fluoridhaltiges Wasser – ein Thema, mit dem sich die Eawag auch ein Jahrhundert später wieder befasst. 1911 liessen seine Frau Jeanne Schwyzer (Vogel) und er sich im Waldwinkel in Kastanienbaum nieder. Jeanne Schwyzer (1870–1944) gründete 1920 den Luzerner Verein für Frauenbestrebungen, führte staatsbürgerlicher Kurse für Frauen ein, förderte den Aufbau von alkoholfreien Restaurants und arbeitete 1929 mit bei der Frauenstimmrechtspetition. 1934–1940 war sie die erste Frau im Verwaltungsrat der Schweizerischen Volksbank.



Richard A. Vollenweider (1922–2007) – ein Luzerner und alle kranken Seen der Welt

In den 1980er Jahren galt Richard Albert Vollenweider als der führende Limnologe der Gegenwart. 1986 wurde er zusammen mit Eawag Direktor Werner Stumm für seine Arbeiten zur Eutrophierung (Überdüngung) von Seen mit dem Tyler Prize ausgezeichnet,

dem «Nobelpreis» für Umweltwissenschaften. In einem Glückwunschtelegramm schrieb der amerikanische Präsident Ronald Reagan: «Sie haben so viel getan, um die Verschmutzung der Grossen Seen aufzuhalten. Alle Amerikaner und Kanadier sind Ihnen zu tiefem Dank verpflichtet.»

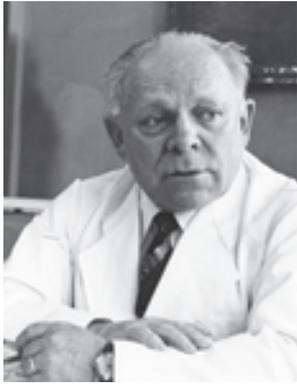
Schon als kleiner Junge war er in Luzern mit Botanisierbüchse und Lupe unterwegs. Ausserdem war er sehr musikalisch, er spielte Geige, Klavier und Trompete. Wirklich begonnen hat Vollenweiders Karriere als Seenforscher 1949. Ab da arbeitete der Biologe und Sekundarlehrer als nebenamtlicher Assistent am Hydrobiologischen Institut in Kastanienbaum. Früh interessierte er sich für das Wachstum von Algen und Bakterien und passte dafür erfolgreich die aufkommende Radiokarbon-Methode zur Bestimmung der Photosynthese an. 1968 – Vollenweider arbeitete nach Stationen in Pallanza (Italien), Uppsala (Schweden), Alexandria (Ägypten) und Paris inzwischen am Canada Center for Inland Waters in Burlington und als Professor an der Universität Hamilton – publizierte er seine Formel über das «Umkippen» von überdüngten Seen. Sein Buch «Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication» (Paris, 1968) verschaffte ihm Weltruf. Obwohl eine Autorität, blieb er selbst auch als Berater der OECD⁵ und zahlreicher Staaten bescheiden: «Habe, ohne es eigentlich zu wollen, einen Bestseller im Gebiet der Gewässer-Eutrophierung geschrie-

ben», schrieb er einmal an einen Freund. Vollenweider sah nicht nur den direkten Zusammenhang zwischen Phosphorkonzentrationen und dem Trophiegrad von Gewässern, er schlug auch ein für die Praxis hilfreiches Gewässer-Klassifizierungssystem vor und begann Gewässer als offene Systeme, mit Nährstoffeinträgen und -abflüssen zu betrachten. Darauf aufbauend gelang ihm die Entwicklung von mathematischen Modellen für die Prognose des Algenwachstums.

Das grösste Verdienst von Richard Vollenweider liegt in seinem erfolgreichen Bestreben, aus theoretischen Überlegungen praktische Massnahmen abzuleiten. Dabei baute er auf die Zusammenarbeit der Wissenschaftler und der Regierungen, «denn der gute Wille allein nützt nichts», sagte er. An den grossen Seen zwischen Kanada und USA erhielt er Gelegenheit dazu, es folgten kranke Seen und Flüsse auf der ganzen Welt. Immer wieder weilte Vollenweider mit seinen Freunden Heinz Ambühl und Otto Jaag in Kastanienbaum. 2007 ist er in Burlington verstorben.

Eine einzige Familie

Spass haben an der Forschung ist kein Privileg der Doktorierenden, die heute im Badhüsli des Instituts ihre Feste feiern. Schon 1911, als Hans Bachmann zu seinem ersten hydrobiologischen Kurs einlud, herrschte unter den 42 Teilnehmenden aus zahlreichen Ländern eine heitere Stimmung. Einer beschrieb das in der «Internationalen Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie» wie folgt: «Trotz der bunten Zusammensetzung und trotz der grossen Teilnehmerzahl waren die Studierenden bald miteinander befreundet; auch die Beziehungen zwischen Dozenten und «Schülern» waren äusserst kollegial. Die engen Raumverhältnisse zu Lande und zu Wasser mögen das ihrige dazu beigetragen haben. Tatsache ist, dass am Schluss des Kurses alles eine einzige Familie bildete unter der sorglichen Obhut des Kursleiters Prof. Bachmann.»



Otto Jaag (1900–1978) – ein Professor prägt die Umweltpolitik

Otto Jaag, Primarlehrer in Beringen (SH), hat in Genf Naturwissenschaften studiert und 1929 über Flechten doktriert. An der ETH Zürich arbeitete er am Institut für Spezielle Botanik und als Privatdozent für Hydrobiologie. 1941 wurde er Pro-

fessor und übernahm 1952 die Spitze der Eawag. Mit grossem Einsatz hat sich Jaag als Vorsitzender einer ausserparlamentarischen Kommission schon zuvor um einen Ausgleich der Interessen bemüht, als es um die Einführung eines Gewässerschutzartikels in der Verfassung ging. Das Volk hat diesen Artikel dann 1953 mit einer denkwürdigen Mehrheit von 81,4 Prozent angenommen; 1957 trat das zugehörige Gesetz zum Schutze der Gewässer gegen Verunreinigungen in Kraft. Mit seiner Aufklärungsarbeit hat Jaag massgeblich zu diesem eindeutigen Bekenntnis des Schweizervolks zum Gewässerschutz beigetragen. Das war nötig. Denn der wirtschaftliche Aufschwung nach dem Zweiten Weltkrieg, verbunden mit steigendem Konsum von Energie und Ressourcen, blieb nicht ohne Folgen für die Gewässer. Umweltschutzämter gab es noch nicht. Kaum zehn Prozent der Bevölkerung waren 1960 einer zentralen Kläranlage angeschlossen. Jaag sah, dass das Gewässerschutzgesetz zahllos geblieben war und focht für dessen Revision – insbesondere für eine aktivere Subventionspolitik des Bundes. Diese folgte 1962 mit einem neuen Subventionsartikel und 1971 mit dem neuen Gesetz, das dem Kanalisations- und Kläranlagenbau zum Durchbruch verhalf. Heute werden in der Schweiz rund 97 Prozent aller Abwässer in modernen Kläranlagen gereinigt.

An der Eawag baute Jaag eine Abteilung für Limnologie auf und stärkte parallel die Beratungstätigkeit sowie die Lehre, vor allem für die Bauingenieure. 1955 erweiterte er das In-

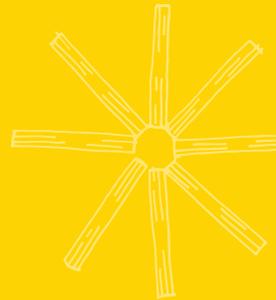
stitut mit der Abteilung für Müllforschung, eine Folge der sichtbaren Zusammenhänge zwischen der damaligen Abfallentsorgung und der Verschmutzung von Gewässern und Grundwasser. Mit der Übernahme des Hydrobiologischen Laboratoriums Kastanienbaum von der Naturforschenden Gesellschaft Luzern stärkte Jaag 1960 die naturwissenschaftlichen Bereiche der Eawag. Parallel zur intensiven Beratertätigkeit für Gemeinden, Kantone und Bund besann sich die Eawag in dieser Zeit zudem vermehrt auf ihren Auftrag als Forschungsstelle. Das bezeugen die ersten Dissertationen und Arbeiten zur Überdüngung der Seen oder zur Selbstreinigung von Gewässern, die in Kastanienbaum entstanden. Direktor Jaag fand dank seines Netzwerks die nötigen Finanzen für Ausbau und moderne Ausstattung dieser Forschungsstation.

Unbequeme Wissenschaftler

Otto Jaag hat sich erfolgreich um Kontakte zur Praxis bemüht. Er hat immer er Wege gesucht, die abweichenden Interessen auf ein gemeinsames Ziel auszurichten, und trotz seines Enthusiasmus für das reine Wasser hat er dessen zahlreiche Verschmutzer nie heftig angegriffen. Mit kritischen Bemerkungen hielt er trotzdem nicht zurück und verteidigte den wissenschaftlichen Freiraum: «Wissenschaftler sind Individualisten. Sie sehen ihre wissenschaftliche Aufgabe und nehmen dabei im Allgemeinen wenig Rücksicht, weder aufeinander noch auf die Auffassung der Praktiker. Hierin liegt die Zuverlässigkeit und unbestechliche Objektivität ihrer Arbeit begründet. Niemandem wird es einfallen, von den Wissenschaftlern zu fordern, dass sie ihre Auffassung durch praktische Rücksichten abbiegen lassen. Damit aber kommen sie leicht untereinander und mit der Praxis in Konflikt.»

Auf Du mit Albert Einstein

Im Oktober 1924 organisiert und leitet der umtriebige Hans Bachmann die Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft im Kursaal Luzern. Die ETH ernennt ihn zum Ehrendoktor. Gastreferenten in Luzern sind Francis William Aston, der Erfinder des Massenspektrometers, und Albert Einstein (Bild). Mit beiden korrespondierte Hans Bachmann persönlich.





Heinz Ambühl (1928–2007) – geht nicht gibt es nicht

Von seinem charismatischen Lehrer Paul Steinmann an der Kantonsschule Aarau inspiriert, studierte Heinz Ambühl Biologie an der ETH. Bereits seine Dissertation – betreut von Otto Jaag – «Die Bedeutung der Strömung als ökologischer Faktor» setzte neue Massstäbe und öffnete ihm

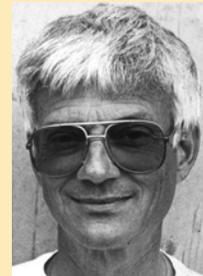
nach mehrjähriger Tätigkeit als Kantonaler Wasserchemiker im Kanton Aargau den Zugang zur Forschung an der Eawag. Seine Verfeinerung von chemischen Analysen ermöglichte erst die Bestimmung der wachstumslimitierenden Pflanzennährstoffe im Mikrogrammbereich. 1960 wurde er erster Leiter der Eawag-Abteilung Hydrobiologie in Kastanienbaum und übernahm immer mehr Lehrverpflichtungen. 1972 wurde er zum a.o. Professor an der ETH Zürich gewählt. Ambühls Vorlesungen waren didaktisch hervorragend, und auf Limnologie-Exkursionen oder in Praktika war er in seinem Element.

In Kastanienbaum wurden unter seiner Initiative neben hydrobiologischen Themen immer mehr praxisrelevante, limnologische Themen bearbeitet. Viele Aspekte der damaligen Forschung wie Fischbiologie, ökotoxikologische Fragestellungen oder multidisziplinäre Studien mit mathematischen Modellen waren Ausgangspunkt für die Schaffung neuer Fachbereiche, die inzwischen zu eigenen Abteilungen geworden sind.

Als Experte arbeitete Ambühl mit in den Internationalen Kommissionen zum Schutze des Rheins und des Bodensees, später auch in der Donaukommission. Als es um den Bau der ersten Atomkraftwerke ging, waren seine Forschungen mitentscheidend, dass die «thermische Verschmutzung» der Gewässer ernst genommen und die Abwärme aus den AKWs nur begrenzt den Flüssen übergeben werden durfte – eine Problematik, die mit der Klimaerwärmung aktueller ist denn je.

Lange bevor es computerbasierte Literatursuchprogramme gab, hat er gegen 20'000 Originalarbeiten in einer Sichtlochdatei mit hunderten von Fachbegriffen geordnet und der Eawag zugänglich gemacht. Auch die Publikation der wissenschaftlichen Resultate überliess er nicht dem Zufall, sondern redigierte bis 1984 die Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie, heute das renommierte Journal «Aquatic Sciences».

Fehlte eine entsprechende Analytik oder Technik, setzte Heinz Ambühl sich kurz entschlossen hin und konstruierte selbst eine ausgeklügelte Methode oder Geräte. Die über dreissig Doktoranden und die zahlreichen Diplomanden konnten auf seine Unterstützung zählen, ohne dass er deshalb seinen Namen hinter deren Publikationen stellen wollte. Wenn es um praxisnahe Forschung mit folgenschweren Massnahmenpaketen ging, wie die Sanierung der Mittellandseen, erklärte er die Projekte zur Chefsache und setzte seine ganze Kraft in die Realisierung von wegweisenden Sanierungsprojekten. Unbeeirrt von neuen experimentellen Möglichkeiten führte er langjährige Ökosystemstudien fort und sammelte Langzeitdaten, die heute als «limnologische Goldmine» für klimatische Modelle und andere Arbeiten genutzt werden⁶.



Rene Gächter (*1939) – Mentor und Motor

Zusammen mit Rene Schwarzenbach (*1945) hat der Biologe René Gächter bis 1992 die Abteilung Multidisziplinäre Limnologische Forschung geleitet. Müsste ein einzelner Wissenschaftler als Vater der Seenbelüftung bezeichnet werden,

wäre es er. Er hat sich detailliert mit den Stoffumsätzen in den Seen befasst, besonders an den kritischen Übergängen zwischen Boden und Wasser sowie Tiefenwasser und Sediment. Schon seine Dissertation drehte sich um den Phosphorhaushalt in der Horwer Bucht. Er hat Seen nicht als isolierte Systeme betrachtet, sondern die Aktivitäten im Einzugsgebiet sowie Wettereinflüsse mit einbezogen. Für junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler war er – uneigennützig und unbestechlich – ein unvergesslicher Lehrer und Diskussionspartner. Sein scharfer Geist und seine ungeschminkten Kommentare entlarvten alle eventuellen böhmischen Dörfer. Ungezählte Doktorierende hat er motiviert und bei Publikationen und der Mittelbeschaffung unterstützt. Obwohl längst im Ruhestand ist Rene Gächter ein gefragter Kollege, Autor und Gutachter, zuletzt etwa für die chinesische Millionenstadt Kunming am Dianchi-See, dem stark überdüngten See vor Zürichs Partnerstadt.



Dieter Imboden (*1943) – die Dinge aus anderem Blickwinkel anschauen

Dieter Imboden aus Horgen (ZH) studierte theoretische Physik in Berlin und Basel, wo er 1971 mit einer Arbeit aus der Festkörperphysik promovierte. Ab 1974 war er Mitarbeiter der ETH Zürich, 1982 habilitierte er sich mit einer Arbeit über die Mo-

dellierung von Umweltprozessen und wurde 1988 ordentlicher Professor. Ein Jahr zuvor hatte er zusammen mit Direktor Werner Stumm und weiteren Eawag-Forschenden zu den treibenden Kräften gehört, die den neuen Studiengang für Umweltnaturwissenschaften lancierten.

Schon ab 1971 war er in Kastanienbaum beim Aufbau der Forschung in Umweltphysik an der Eawag aktiv. Bald entwarf er sein erstes Seemodell, das in weiterentwickelter Form noch heute verwendet wird. Bis zum Antritt seiner Professur gehörte er zum Leitungsgremium der Multidisziplinären Seenforschungsgruppe, bis 1992 leitete er die neue Abteilung für Umweltphysik in Kastanienbaum. Zeitweise forschte er auch am Scripps-Institut für Ozeanografie in Kalifornien. Sein Forschungsgebiet war lange Zeit die Chemie und Physik von Gewässern, Mischungs- und Transportprozesse, vor allem der grossen Seen wie dem Baikalsee oder dem Kaspischen Meer. Zwischen 1992 und 1996 leitete Imboden das Departement für Umweltwissenschaften an der ETH.

Von 2005 bis Ende 2012 war er Präsident des Schweizerischen Nationalfonds (SNF). Seine Lehrbücher über organische Umweltchemie und über die mathematische Modellierung natürlicher Systeme sind zu Standardwerken geworden. Seine Vorlesung über Systemanalyse hat die aus der Physik bekannten Methoden der Quantifizierung in der Auseinander-

setzung mit Umweltfragen etabliert. Die Wasserforschung hat davon profitiert, dass Dieter Imboden gleichzeitig exakter Wissenschaftler, Stratege und Macher ist – so hat er Brücken geschlagen zwischen Natur-, Geistes- und Sozialwissenschaften. Sein Credo, wenn möglich Dinge aus ungewöhnlichen Perspektiven zu betrachten und auch einfach einmal etwas probieren mit «rollender Planung», haben ihm selbst und seinen Studierenden viele Türen geöffnet.

«Über 30 Jahre dauert die ökologische Aufwertung der Mittellandseen. Ebenso lange kenne ich das grosse Engagement und die lösungsorientierten Analysen der Forschenden an der Eawag in Kastanienbaum für die Beratung des Kantons Luzern in Fragen zum heiklen Phosphorhaushalt, zu spezifischen Mischungsprozessen und zur kritischen Sauerstoffdynamik in den Seen.»

Thomas Joller, Doktorand Abteilung Multidisziplinäre Limnologische Forschung 1985; bis Juli 2015 Dienststellenleiter Umwelt und Energie des Kantons Luzern.

Neubau in Rekordzeit

Ab 1930 nimmt das Laboratorium alle vierzehn Tage Proben in der Seemitte (Kreuztrichter) und kommt zunehmend in Platznot.

Zudem verweigert die Besitzerin des Wieslandes zwischen der Strasse und dem Laboratorium die Wegbenützung. Im Frühling

1938 bestimmt die NGL daher eine Baukommission und sucht einen Bauplatz

für einen Neubau. Innert kürzester Zeit wird das heute noch bestehende Bootshaus mit Labor erstellt und am 25. September 1938 mit einer kleinen Feier im Hotel Kastanienbaum eingeweiht.

Das Mittagessen kostet 3.50 Franken pro Gedeck.



So fahren die Forschenden auf den See

vor 1916



Schwan, vor 1916. Eigentlich hiess der Schwan Brünig. Doch der Schraubendampfer ging 1871 unter, wurde geborgen, umgebaut und in Schwan umgetauft. Bis zu seinem Umbau von Dampf auf Benzinmotor (1920) nutzen die NGL und Hans Bachmann – dank des wohlgesinnten Direktors der Schiffahrtsgesellschaft Vierwaldstättersee – den Schwan regelmässig für limnologische Exkursionen, in der Regel für 50 Franken pro Tag. 1933 ausgemustert.

1916–1955



Charlotte, 1916–1955. Holz. H. Wolff und R. Vollenweider demonstrieren Mess- und Probenahmegeräte auf dem kleinen Motorboot vor dem ersten Labor. Das Boot war ein Geschenk des Genfer Dozenten Duc de Gandolfi-Hornoyold. Ein Ruderboot erhielt die NGL von der Konkordatskommission des Vierwaldstättersees geschenkt.

1964–2001



Hans Bachmann, 1964–2001. Holz, für 12 Personen zugelassen, 9 m lang. 2001 auf dem See leck geschlagen und notfallmässig ausgemustert. Bachmann war das erste von A bis Z als Forschungsboot konzipierte Boot der Eawag. Direktor Otto Jaag hat die «Stiftung der Wirtschaft zur Förderung des Gewässerschutzes in der Schweiz» dazu gebracht, das Schiff zu finanzieren. Weil es länger wurde als geplant, musste daraufhin das Bootshaus auch verlängert werden.

1964–1989



Gloeocapsa, 1964–1989, Holz, 6 Personen, 6,8m lang, 85-PS-Aussenborder, Litoralboot mit kleinem Kran, der vor allem für Planktonprobenahmen verwendet wurde. Hier im Einsatz bei einem Modellökosystem (Limnocorral) im Vierwaldstättersee. Finanziert ebenfalls von der Gewässerschutzstiftung der Wirtschaft.

ab 1979



Salm 1-3, ab 1979. GFK, Meier Dintikon, 5 Personen, 7 m lang, 1,8 m breit. Inbetriebnahme 1979. Einsatz für Probenahmen auf verschiedensten Seen, wie hier beim Versenken von Sedimentfallen im Silvaplannersee. Zwei Salm-Boote wurden zeitweise zu einer Plattform verbunden, um eine grössere Krananlage montieren zu können.

ab 1988



Thalassa, ab 1988. Stahl, Werft: Succes NL, Ausbau: Hensa, Altendorf. 12 Pers., 10 m lang, 3 m breit, ca. 8 t; mit dem Kran im Heck und einer starken Hydraulik können mit der Thalassa auch schwerere Arbeiten auf dem See verrichtet werden. Sie war unter anderem schon auf dem Lago Maggiore oder dem Neuenburgersee unterwegs und wird oft für Studenten-Praktika eingesetzt. Beschafft von Dieter Imboden als er die neue Professur für Umweltphysik an der ETH übernahm.

ab 2004



Perca, ab 2004. 9 m lang, 3 m breit, 3,3 t, 12 Pers.; Perca fluviatilis ist der Flussbarsch bzw. Egli. Das Boot ist Ersatz für die ausgemusterte «Hans Bachmann». Es wird vor allem für limnogeologische Praktika und Probenahmen auf dem Vierwaldstättersee eingesetzt.

ab 2007



Salm II, ab 2007. Alu, Chavanne Bootsbau, 6 Pers., 6,9 m lang, 2 m breit, 1070 kg. Wie die Salm 1-3 einfach trailerbar für den Einsatz auf diversen Gewässern. Baugleich mit der 2009 in Betrieb genommenen **Gloeocapsa II**. Dieser Taufname ist eine Referenz an Otto Jaag (S. 17), der sich intensiv mit dieser Arten von Cyanobakterien befasst hat; insbesondere mit deren Fähigkeit selbst bei schwächstem Licht noch Photosynthese zu betreiben.

Das Werden und Vergehen von Arten

Die Vielfalt der Fische, besonders der Felchen, in der Schweiz hat die Forschenden früh begeistert. Entstanden ist sie in «nur» rund 10'000 Jahren seit der letzten Eiszeit. Heute versteht man, wie sich Arten dank Anpassung an unterschiedliche ökologische Bedingungen, wie Nahrung oder Laichgründe, entwickeln. Einiges ist auch darüber bekannt, warum Arten wieder verschwinden, etwa als Folge von überdüngten Gewässern.



1905 publizierte Walther Nufer – wie Hans Bachmann (S. 15) ein Schüler des Zoologen Friedrich Zschokke an der Universität Basel – einen ausführlichen Bericht über die Fische des Vierwaldstättersees. Nufer, der später oft am Hydrobiologischen Labor in Kastanienbaum weilte, ging es vor allem um eine «möglichst genaue Kenntnis der Lebensbedingungen, unter denen die Fische existieren.» Diese Kenntnis, so der Forscher, sei die Grundlage für einen rationellen Fischereibetrieb und man müsse daher auch den übrigen Wassertieren und den Wasserpflanzen grössere Aufmerksamkeit schenken – was sein Kollege Bachmann ja dann auch tat. Der Vierwaldstättersee schien Nufer sehr geeignet dazu. Denn «trotz mannigfacher fischfeindlicher Einrichtungen, wie der intensive Dampfschiff- und Motorbootbetrieb und die immer weiter sich ausdehnende Ausbesserung der Ufer» besitze er «den grossen Vorteil, durch keinerlei giftige Abwasser von Fabriken verunreinigt» zu werden.

Die eingemachten Felchen

1950 publizierte der Aargauer Kantonsschullehrer Paul Steinmann dann eine Monografie der Felchen der Schweiz. Immer wieder forschte auch er in Kastanienbaum. Seine Felchensammlung ist erhalten und dient als Referenz für neue Untersuchungen (S. 24). Obwohl viele der von Steinmann noch beschriebenen Arten inzwischen ausgestorben sind, ist die Vielfalt immer noch gross: Insgesamt sind in der Schweiz mindestens 24 endemische Felchenarten bekannt, wobei je nach See bis zu sechs endemische, also nur dort heimische Arten vorkommen. Die ökologischen Unterschiede manifestieren sich in der Körpergrösse, der Körperform,

Referenzsammlung von Fischen im Naturhistorischen Museum Bern.

der Form und Zahl der Kiemenreusen sowie in der Kiefferform und in der Färbung von Flossen und Rücken. Die unterschiedlichen Arten ernähren sich von verschiedenen benthischen oder pelagischen Organismen, variieren ihre Paarungszeiten und laichen in verschiedenen Tiefen.

Walensee wie Viktoriasee

Heute können die Evolutionsforscherinnen und Forscher in Kastanienbaum dank moderner genetischer Analysen das Werden und Vergehen dieser auch als adaptiver Radiationen bezeichneten Vielfalt noch exakter beschreiben. Die wohl beeindruckendste Radiation ist die der Buntbarsche im afrikanischen Viktoriasee. In nur 15'000 Jahren entwickelten sich hier 500 Buntbarsch-Arten. In einem gross angelegten Projekt mit 27 anderen Forschungsinstituten auf der ganzen Welt haben die Wissenschaftler gezeigt, dass die Vorfahren der Buntbarsche in einer Phase ohne grossen Selektionsdruck in ihrem Erbgut besonders viele Mutationen anhäuferten. Prof. Ole Seehausen erklärt: «Damals war diese Variation wohl ziemlich nutzlos; aber sie wurde unglaublich nützlich, als die Fische die ostafrikanischen Seen besiedel-

ten. Dort gaben ihnen vielfältige Nischen plötzlich Gelegenheit für unterschiedlichste Anpassungen». Die Forschenden betonen deshalb, dass der Schutz der Artenvielfalt wesentlich vom Erhalt der genetischen Diversität abhängt. Ausserdem stellten sie einen Zusammenhang fest zwischen der Grösse des Lebensraums und der Vielfalt. Neben Fläche und Sonneneinstrahlung wird diese vor allem von der Tiefe der Seen beeinflusst. Grosse Tiefen, sofern sie von Fischen besiedelbar sind, sind die beste Voraussetzung für vielfältige ökologische Nischen. Und noch ein Resultat: Die lokalen Artbildungsprozesse sind entscheidend für die Vielfalt – nicht die Einwanderung bestehender Arten.

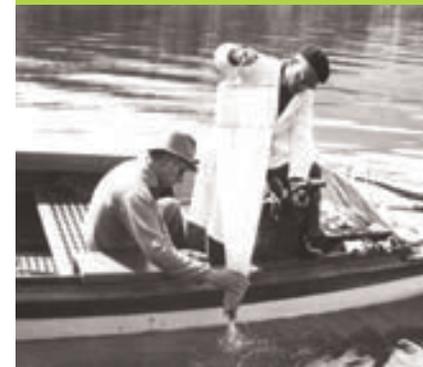
Auch bei den Alpenrandseen, etwa Briener-, Thuner- und Walensee, ist die Tiefe ein Garant für grössere Vielfalt von endemischen Arten. Doch die Wissenschaftler haben anhand der Schweizer Felchenarten einen weiteren Zusammenhang aufgedeckt: Je höher der Nährstoffgehalt in einem See einmal war, desto geringer ist jetzt die genetische Differenzierung zwischen den Arten, die noch vorhanden sind.

Jede Spende zählt

Für 331'250 Franken wollte Hans Bachmann 1912 eine «Eidgenössische Station für Fischerei und Gewässerkunde am Vierwaldstättersee» bauen. Daraus wurde nichts. Das 1916 erstellte «kleine, aber gediegene» Bootshaus mit dem Labor im Obergeschoss dürfte weniger als ein Zehntel des ersten Betrages gekostet haben. Und in den Kriegsjahren war jede Spende willkommen. Das Ehrenbuch führt Beträge bereits ab 15 Franken auf. Auch Naturalien sind aufgelistet, so stiftete der Schweizerische Fischereiverein zwei Aquarien, der berühmte Geologe Albert Heim eine geologische Karte des Vierwaldstättersees mit Profilen, die Konkordatskommission ein gebrauchtes Ruderboot und die Luzerner Papeterie Messerli «Schreibzeug». Die Dozentinnen und Dozenten des hydrobiologischen Kurses von 1913 schliesslich vermachten dem Labor «30 Glasschalen, 18 Handtücher, 600 Präparatengläser und 100 Tropfflaschen».

Rücktritt in Geldnöten

Um mit der Forschung im Ausland konkurrenzfähig zu bleiben, sind ein Ausbau des Labors und neue Gerätschaften dringend nötig geworden. Zudem hätten endlich bezahlte Wissenschaftler eingestellt werden müssen, denn bis jetzt arbeiten alle Mitarbeiter ehrenamtlich, auch der Laborleiter, Seminarlehrer Heinrich Wolff (links mit Hut). Doch die NGL kann das Geld nicht aufbringen. Wolff tritt zurück, und ein Jahr darauf verlässt auch sein Assistent, Richard Vollenweider (rechts; S. 16) das Institut; ab dann wird kaum mehr geforscht im Labor.



Projet Lac – die grosse Fisch-Inventur

Den Alpen- und Alpenrandseen auf den Grund gehen. Das ist das Ziel der grössten, je durchgeführten Fisch-Inventur in der Schweiz. Denn die Fangstatistiken der Fischer können die wahre Vielfalt nur unvollständig spiegeln. Mit einheitlichen Methoden erhoben, wird die Verteilung der Fische jetzt von See zu See vergleichbar, und es können Schlüsse für den Schutz der noch erhaltenen Biodiversität gezogen werden.

Das Schweizer Fischereigesetz und die Wasserrahmenrichtlinie der EU verlangen, die Verbreitung der Fischarten sei zu dokumentieren. Die Statistiken müssten zeigen, welche Arten Schutz benötigen. Auch die Strategie Biodiversität Schweiz stellt die Erhaltung der Ökosysteme und ihrer Leistungen sowie der Arten und der genetischen Vielfalt innerhalb der Arten an erste Stelle. Doch tatsächlich sind Fischereistatistiken meist die einzigen verfügbaren Daten. Man weiss, welche Arten und wie viele Fische gefangen werden und wie viele ausgesetzt werden, die wahre Vielfalt ist jedoch unbekannt.

2010, im Internationalen Jahr der Biodiversität, haben die Eawag, die Universität Bern und das Naturhistorische Museum der Burggemeinde Bern daher das «Projet Lac» gestartet, unterstützt vom Bundesamt für Umwelt, weite-

ren Forschungsinstituten und den Kantonen. Mit standardisierten Methoden werden die grösseren Seen systematisch befishet, die Arten bestimmt, vermessen und fotografiert, Gene sequenziert sowie die Fangzahlen statistisch ausgewertet. «So ermitteln wir erstmals, wie hoch die Fischbiodiversität in den Seen heute wirklich noch ist», sagt Ole Seehausen (S. 45). «Ausserdem wollen wir mit dem Projekt herausfinden, wieso Artenvielfalt und -zusammensetzung von See zu See so stark variieren und welche ökologischen Gründe zum Verschwinden von Arten führen.» Bis 2014 wurden 26 Voralpenseen untersucht und über 70 Fischarten inventarisiert. Eine Sammlung von Fischen und Gewebeproben am Naturhistorischen Museum Bern dient als Referenz für zukünftige Forschungsarbeiten. Für ein Dutzend Seen sind die Schlussberichte inzwischen publiziert (www.eawag.ch/projet-lac). Zwei Beispiele.



Trüsche aus dem Vierwaldstättersee.

Verlust an Lebensräumen im Murtensee

Die Inventur im Murtensee förderte Ernüchterndes zu Tage: Über ein Drittel der um 1840 noch beschriebenen Fischarten sind verschwunden. Ein Drittel der für die Fische wichtigen Seeufer sind heute künstlich und verbaut. Und ab 20 Meter Seetiefe fehlt der Sauerstoff für Fischarten die eigentlich in grösseren Tiefen leben. Gleichzeitig wurden bisher für den Murtensee unbekannt Arten gefunden, etwa italienische Rotfedern oder Giebel. Deutlich wurde auch, dass sich die Berufs- und Hobbyfischerei auf die Artenzusammensetzung im See selektiv auswirkt. Die Fischer fangen überproportional viel Zander, Hechte und Welse. Karpfenartige und Kleinfischarten werden kaum gefangen. Dies hat Einfluss auf die Altersstrukturen der Populationen im See.

1958/60

Übernahme durch die Eawag

Der Vorstand der NGL bietet das Labor schweren Herzens der ETH an; 1959 betreibt es die Eawag unter Otto Jaag probenhalber. Unter der vertraglichen Bindung, das Gebäude der hydrologischen Forschung zu erhalten und den Namen Hydrobiologisches Laboratorium Kastanienbaum weiterzuführen, nimmt die ETH bzw. die damalige ETH-Annexanstalt Eawag, 1960 die Schenkung an.



Auch die Kleinsten werden sorgfältig bestimmt und vermessen.

Engadiner Fische unter Druck

Auch die Befischung des Silsersees im Engadin und des Lago di Poschiavo zeigte eine starke Beeinflussung der historischen Artenvielfalt: Ausgesetzte Seesaiblinge und Namaycush konkurrieren mit den einheimischen Forellen. Bachforellen aus anderen Einzugsgebieten kreuzten sich mit den einheimischen Arten, genetische Vielfalt ging verloren. So sind von der adriatischen Forelle nur noch Restposten vorhanden, und von der Marmorforelle wurden die wohl bald letzten Exemplare der Schweiz gefunden. Immerhin konnte sich im Silsersee eine Population von Schwarzmeerforellen knapp halten. Spannend für die Fischer war die Frage, warum sie im Silsersee immer weniger Seesaiblinge fangen, während die Fänge im Puschlav zunehmen. Die überraschende Antwort aus den standardisierten Netzfängen: Die Seesaiblinge leben in beiden Seen in ähnlicher Dichte. Auch ihre Grössen sind vergleichbar. Es muss deshalb davon ausgegangen werden, dass die Fische im Silsersee schwieriger zu fangen sind als im Lago di Poschiavo. Das könnte zum Beispiel auf unterschiedliche Fressgewohnheiten in den beiden Seen zurückzuführen sein.

Zu simple Gleichung

Aktuell fordern Berufsfischer, den Seen solle mehr Phosphor zugeführt werden. Die Elimination dieses Nährstoffs durch die Kläranlagen werde zu weit getrieben, den Speisefischen fehle das Futter. Obwohl das Projekt Lac nicht konzipiert wurde, um der Frage «Mehr Phosphor = mehr Felchen?» nachzugehen, kann gesagt werden, dass diese Gleichung zu einfach ist. Die Verhältnisse im See sind sehr komplex und von See zu See verschieden. Weniger Phosphor heisst nicht pauschal weniger Fische. Sehr nährstoffarme Seen wie der Walensee weisen hohe Fischbiomassen auf. Allerdings ist die Mehrzahl der Fische kleiner als in den «fetten» Jahren bevor die Gewässerschutzmassnahmen Wirkung zeigten und sie leben teilweise in Tiefen, die von den Fischern nicht erreicht werden. Mehr Phosphor kann ausserdem negative Folgen haben, indem toxische Algen oder eingeschleppte Arten gefördert werden und die Sauerstoffzehrung die Vermehrung der einheimischen Tiefwasserfische – meist Felchen und Saiblinge – beeinträchtigt.



Hilfe für bedrängte Fliessgewässer

Rund ein Viertel aller Fliessgewässer in der Schweiz müssen als stark beeinträchtigt, künstlich oder eingedolt klassiert werden. Im Mittelland sind es sogar über 40 Prozent. Seit 2011 fordert daher das revidierte Gewässerschutzgesetz die Kantone und Gemeinden auf, den Bächen mehr Raum zu geben, sie ökologisch aufzuwerten und die negativen Folgen der Wasserkraftnutzung zu mindern. Die Wasserforschung liefert Grundlagen und Instrumente dafür.



Die Hoffnung auf einen absoluten Hochwasserschutz durch Begradigung und Eindämmung der Flüsse zu Beginn des 20. Jahrhunderts hat sich als trügerisch erwiesen. Die Schäden bei extremen Ereignissen haben in den letzten Jahrzehnten unter anderem wegen des grossen Siedlungsdrucks deutlich zugenommen. Gleichzeitig sind Lebensräume und Vernetzungen verschwunden, welche für funktionierende Fliessgewässerökosysteme dringend nötig wären. Gewässerforscherinnen und -forscher der Eawag haben daher 2002 zusammen mit Kollegen der WSL, der ETH Zürich (VAW⁷), der EPFL (LCH⁸), Partnern aus Bund, Kantonen, der Universitäten Zürich und Neuchâtel, der Auenberatungsstelle sowie privaten Umwelt- und Ingenieurbüros das Rhone-Thur-Projekt lanciert. Daraus entstanden die Folgeprojekte «Integrales Flussgebietsmanagement» sowie «Wasserbau und Ökologie». Unter allen drei Titeln arbeiten Expertinnen und Experten aus Ökologie, Flussbau und Sozialwissenschaften erfolgreich zusammen.

Handbücher für die Praxis

In der ersten Phase standen Gerinneaufweitungen, die Verbreiterung von kanalisiertem Flüssen zur Kombination flussbaulicher und ökologischer Ziele, im Zentrum. Zudem wurden Effekte der schwallweisen Wasserrückgabe (Schwall-Sunk) unterhalb von Wasserkraftwerken auf die Gewässerökologie und das Grundwasser untersucht. Neben wissenschaftlichen Publikationen konnten zwei Handbücher für die Praxis herausgegeben werden. Sie zeigen auf, wie Wasserbauprojekte unter Einbezug verschiedenster Akteure geplant und Erfolgskontrollen bei Revitalisierungen eingerichtet wer-

Mitarbeitende der Eawag beim Abfischen in der Reussebene 1976. Das Projekt «Hochwasserschutz und Renaturierung Reuss», um das aktuell gerungen wird, soll dem Gebiet wieder mehr Vielfalt bringen.



Aufweitung der Moesa bei Grono (GR) und verbaute Wigger oberhalb Zofingen (AG).

den können. Die Untersuchungen von Revitalisierungen an Emme, Moesa, Rhone und Thur haben bestätigt, dass mehr Lebensraumvielfalt geschaffen wurde. Allerdings hat das Projekt auch aufgedeckt, wie stark dieser Erfolg abhängig ist davon, ob im Oberlauf oder in Zuflüssen noch naturnahe Abschnitte vorhanden sind.

In der zweiten Projektphase ging es vor allem um die Lebensraumvielfalt sowie die Längs- und Quervernetzung der Fliessgewässer. So zeigten zum Beispiel Untersuchungen mit der schwimmschwachen Groppe, wie schon kleine Querbauwerke flussaufwärts zu einer genetischen Verarmung führen können. Die Resultate aus diesem Teil sind in acht Merkblättern für die Praxis aufbereitet.

Damit der Kies wieder rollt

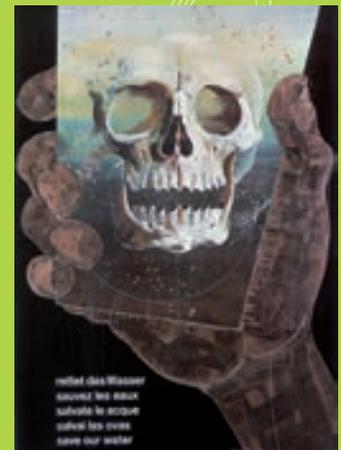
Im zurzeit noch laufenden Projekt «Wasserbau und Ökologie» liegt der Schwerpunkt auf der Sanierung des Geschieberegimes. Während die Flussbauer sich mit hydraulisch-

konstruktiven Massnahmen befassen, wie Geschiebe an Stauanlagen durchgeleitet oder flussabwärts künstlich eingebracht werden kann, untersuchen die Gewässerökologen, wie sich solche Massnahmen auf das aquatische Nahrungsnetz und die Fortpflanzung der kieslaichenden Fischarten auswirken. Sie nutzen dazu Feldaufnahmen und simulieren die veränderten Bedingungen in Versuchsrinnen. Die Fisch-ökologinnen und -ökologen aus Kastanienbaum analysieren zudem, ob sich eine Sanierung von Schwall-/Sunk-Verhältnissen unterhalb von Wasserkraftwerken positiv auf die ökologische Funktion des betroffenen Gewässers auswirkt. Die ersten Resultat deuten darauf hin: Sofern Flussverbauungen zu einem verarmten Gewässer führen, fehlen wichtige Lebensräume. Daran ändert auch die Rückkehr zu einem naturnahen oder natürlichen Abflussregime wenig. Mit dem 2013 gestarteten Programm Fliessgewässer Schweiz fördern die Eawag und das Bundesamt für Umwelt den Wissensaustausch zwischen Praxis und Wissenschaft weiter und unterstützen den Vollzug des Gewässerschutzes mit praxisnaher, interdisziplinärer Forschung.

Rettet das Wasser

Die Verschmutzung der Seen und Flüsse wird offensichtlich. «Baden verboten» heisst es an vielen Orten. Erst 10 Prozent der Bevölkerung sind an eine Kläranlage angeschlossen.

Eawag Direktor Otto Jaag organisiert in Luzern, unter anderem zusammen mit Ciba-Chef Robert Käppeli, die Kundgebung «Der Gewässerschutz als Aufgabe unserer Generation». Hans Erni gestaltet das Plakat dazu.



Wanderwege für die Fische schaffen

Über hunderttausend künstliche Hindernisse höher als fünfzig Zentimeter beeinträchtigen in der Schweiz die Fischwanderung. Forscherinnen und Forscher aus Kastanienbaum untersuchen, welche Hilfen die unterbrochenen Wanderwege am besten öffnen können und welche anderen Faktoren noch mitentscheiden, ob die Fische diese Wege tatsächlich durchschwimmen.

Dass die Lachse wandern wollen, aber trotz der wieder verbesserten Wasserqualität den Weg über alle künstlichen Hindernisse rheinaufwärts kaum mehr schaffen, ist bekannt. Doch auch die meisten anderen Fische sind im Verlauf ihrer Entwicklung auf räumlich getrennte Lebensräume angewiesen, zum Beispiel auf Jungfisch- oder Laichhabitats. Die Fisch- und Gewässerökologen der Eawag untersuchen daher, wie sich die Längsvernetzung von Bächen und Flüssen verbessern lässt. So können isolierte Populationen wieder verknüpft und Gewässerabschnitte mit geringen Fischdichten wieder besiedelt werden.

Zu steil oder mit zu hohen Stufen

Während bei Wasserkraftwerken zumeist technische Fischpässe oder in jüngerer Zeit Umgehungsgerinne erstellt werden, können kleinere Schwellen oder Abstürze durch Block-

rampen passierbar gemacht werden. Die an eine natürliche Kaskade oder Stromschnelle erinnernde Bauwerke gelten als fischgängig. Genauere Untersuchungen mit markierten Fischen haben jedoch gezeigt, dass dies nur der Fall ist, wenn solche Rampen richtig erstellt werden: zum Beispiel nicht mit über fünf Prozent Gefälle oder mit senkrechten Stufen. Und natürlich sollten die Rampen auf die Schwimmstärke derjenigen Fischarten ausgerichtet sein, die im jeweiligen Gewässer natürlicherweise vorkommen. Sie sollten also im Schweizer Mittelland nicht nur für die Bachforellen passierbar sein, sondern auch für Fische wie Alet, Elritzen oder sogar für die schwimmschwachen Gropfen.

Wehre und unnatürliche Wasserführung

Für die Fischart Alet und die Kraftwerkskette am Hochrhein hat ein Forscherteam kürzlich untersucht, ob diese Fischtreppen die genetische Durchmischung der Fische tatsächlich fördern. Sie konnten bestätigen, dass eine funktionierende Fischtreppe die Trennwirkung eines Wehrs stark reduziert: Eine künstliche Barriere ohne Fischtreppe trennt die Fische ähnlich stark wie 100 Kilometer Distanz in einem unverbauten Fluss. Bei den Barrieren mit Fischtreppe liegt dieses Äquivalent allerdings nicht bei null, sondern bei rund 12 Kilometern. Oder anders ausgedrückt: Will ein Alet von Basel bis nach Eglisau schwimmen, müsste er 10 Kraftwerksstufen überwinden und theoretisch nicht 90, sondern 210 Kilometer schwimmen.

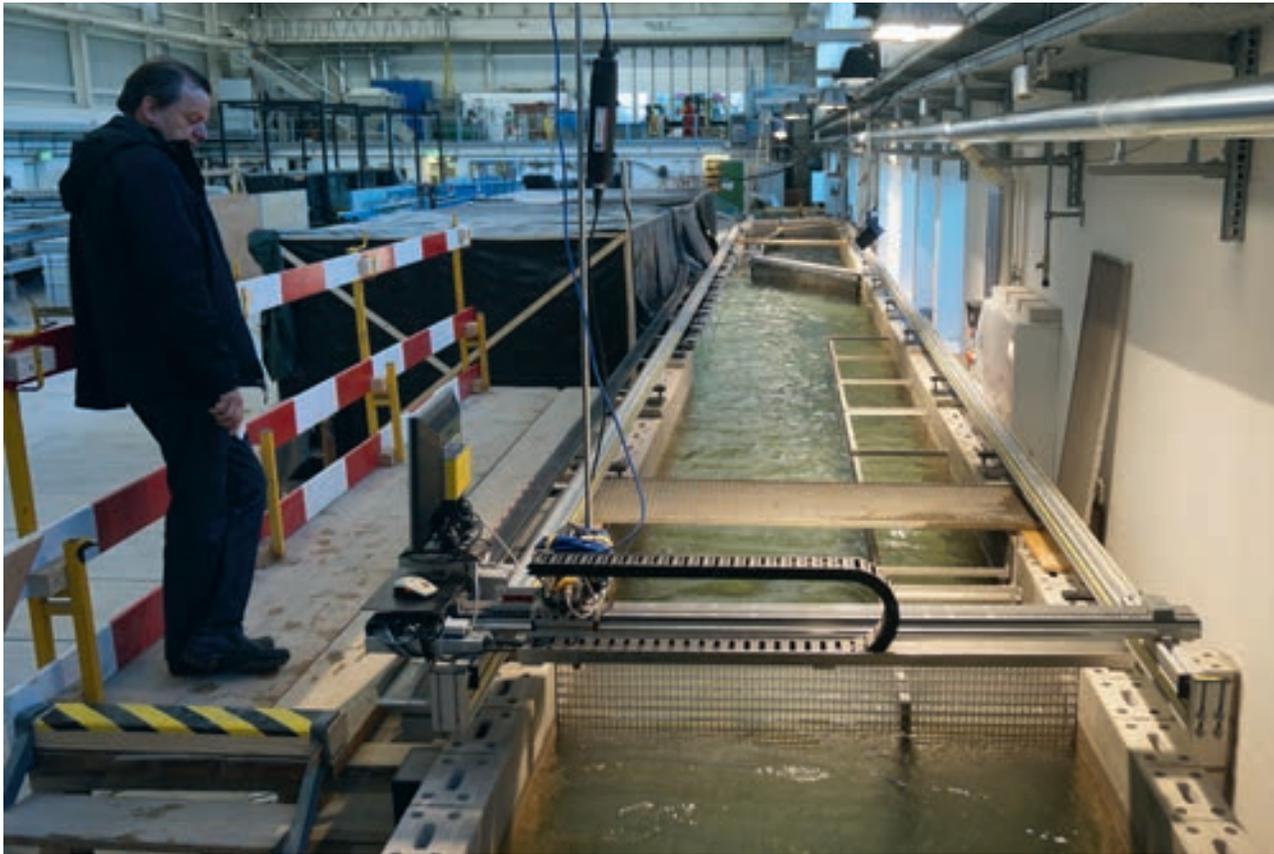
Die Markierung von Fischen mit kleinen Transpondern macht es möglich, ihre Wanderungen mit Antennen präzise zu verfolgen. So haben Untersuchungen am Alpenrhein zu



Diese Barben vermeiden es, durch den Leitreechen zu schwimmen, und können so vom gefährlichen Durchschwimmen der Turbinen abgehalten werden.

Totalrenovation und Vergrößerung

Das kleine Institut wird unter Mithilfe der «Stiftung der Wirtschaft zur Förderung des Gewässerschutzes in der Schweiz» ausgebaut. Die Stiftung finanziert nicht nur einen Teil des Umbaus, sondern auch zwei neue Boote und eine Reihe Mikroskope. Die Eawag führt regelmässig Kurse für Lehrkräfte verschiedener Schulstufen durch und Fachkurse für Mitarbeitende kantonaler Gewässerschutzfachstellen sowie Praktika für Studierende der ETH und von Universitäten.



Im Strömungskanal an der VAW⁷ wird getestet, wie Leiteinrichtungen die Fische beim Abstieg in einen gefahrlosen Bypass lenken können.

Tage gefördert, dass nicht nur Staustufen – in diesem Fall Reichenau – sondern auch die künstlich stark veränderte Wasserführung den Fischen offenbar nicht geheuer sind: Die vom Bodensee aufsteigenden Seeforellen jedenfalls wanderten am Wochenende, wenn von weiter flussaufwärts liegenden Kraftwerken keine schwallweise Wasserrückgabe erfolgt, immer deutlich mehr als an den Werktagen.

Abwärtswanderung noch kaum gelöst

Während gut erstellte und unterhaltene Fischpässe, Blockrampen oder Umgehungsgewässer von den Fischen zum

Aufsteigen genutzt werden, ist noch eher wenig darüber bekannt, wie sie den Weg abwärts finden. Am Aarekraftwerk Ruppoldingen zum Beispiel sind während einer Studie der Eawag weniger als 10 Prozent der markierten Fische über das Umgehungsgerinne abgestiegen, etwa gleich viele haben den risikoreichen Weg durch die Turbinen genommen. Zusammen mit der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH (VAW) und dem Verband der Aare-Rhein-Kraftwerke wird daher zur Zeit untersucht, wie grosse Leitwerke die Fische von den Turbinen weg und hin zu Bypässen, gefahrlosen Wasserrutschen ins Unterwasser, führen könnten.



Der Evolution über die Schulter schauen

Veränderungen der Umwelt können dazu führen, dass neue Arten entstehen oder bestehende aussterben. Umgekehrt verändern Organismen ihrerseits die Ökosysteme und beeinflussen deren Lebensgemeinschaften. Solche ökologisch-evolutive Wechselwirkungen erforschen Wissenschaftler der Eawag in der Natur und mit Experimenten.

Seit 150 Jahren breitet sich der Dreistachlige Stichling im Mittelland rasant aus. David Marques von der Abteilung Fischökologie und Evolution und Kollegen der Universität Bern haben nachgewiesen, dass sich die Fischart sehr rasch an neue Lebensräume anpasst. So leben im Bodenseegebiet zwei unterschiedliche Formen des Stichlings. Die eine Form

ist typisch für den See, die andere für dessen Zuflüsse. Mit ausgeklügelten genetischen Analysen zeigten die Biologen, dass die beiden Stichling-Formen begonnen haben, sich aufgrund der Anpassungen an die Bedingungen in See und Fluss in zwei Arten aufzuspalten. «Wir waren überrascht, wie schnell die Stichlinge sich auseinanderentwickeln, obwohl sie sich zur gleichen Zeit und an denselben Orten paaren, sagt Marques. «Arten entstehen üblicherweise, indem Populationen sich räumlich isoliert voneinander fortpflanzen, zum Beispiel in verschiedenen Wassertiefen.»

Überdüngung sorgt für Artenverlust

Wenn sich die Umweltbedingungen ändern, können Arten auch verschmelzen, wie eine Studie unter der Leitung des Evolutionsökologen Ole Seehausen zeigt. Demnach führte die Überdüngung der Schweizer Seen zwischen 1950 und 1990 dazu, dass sich eigenständige Felchenarten vermischten. Weil in dieser Zeit viele Seen am Grund und im tiefen Wasser kaum noch Sauerstoff enthielten, fehlten den Spezialisten die ökologischen Nischen, zu fressen und sich fortpflanzen. Sie mussten in seichteres Wasser ausweichen. Dort kreuzten sie sich mit verwandten Arten und verloren innert weniger Generationen ihre genetische und funktionale Einzigartigkeit.

So wie Umweltveränderungen das Artengefüge eines Ökosystems beeinflussen, verändern Arten auch ihren Lebensraum. Zum Beispiel die Asiatische Körbchenmuschel, die nach 2000 in den Bodensee eingeschleppt wurde: Pro Quadratmeter Seeboden kommen laut einer an der Eawag betreuten Bachelor-Arbeit bis 900 Muscheln vor. Der stellenweise



Mit den Mesokosmen erforscht Blake Matthews, wie Umweltveränderungen die Evolution antreiben und umgekehrt evolutive Prozesse die Umwelt prägen.

fast flächendeckende Teppich filtert insgesamt etwa 1,85 Millionen Liter Wasser pro Sekunde. Mit diesem Tempo filtern die Muscheln in einem Jahr den ganzen See. «Man muss davon ausgehen, dass die Körbchenmuschel die Verfügbarkeit von Nahrung für das Zooplankton im See stark beeinflusst», sagt Jukka Jokela von der Abteilung Aquatische Ökologie. Ob die Muscheln damit indirekt verantwortlich sind dafür, dass die Fischer aktuell sehr wenige Speisefische im Bodensee fangen? Jokela wagt keine Antwort: «Dazu braucht es mehr Daten und Analysen zur Dynamik der Muscheln.»

Natürliche Dynamik in künstlichen Ökosystemen

Um die evolutiven Prozesse und die Wechselwirkungen zwischen Arten und ihrer Umwelt zu verstehen, führen Forschende der Eawag Versuche in künstlichen Ökosystemen durch. So starten 2016 in Dübendorf in einer neuen Anlage mit 36 Versuchsteichen die ersten Experimente. Blake Matthews von der Abteilung Aquatische Ökologie baut dagegen Lebensräume mithilfe von Mesokosmen nach. Mesokosmen sind 300 bis 1000 Liter fassende Outdoor-Tanks, die mit Seesedimenten und -wasser gefüllt sind. «In diesen Behältern können wir unter kontrollierten Bedingungen gezielt einzelne Parameter verändern und analysieren, wie sich dies auf die Nahrungsnetze und Ökosystemprozesse auswirkt», sagt der Biologe.

In Mesokosmen untersucht Matthews zum Beispiel, wie die Stichling-Formen des Bodensees ihren Lebensraum verändern und wie diese Veränderungen auf die evolutiven Vorgänge bei den Stichlingen zurückwirken. Er fand heraus, dass die Seestichlinge und die Flusstichlinge das Vorkommen von Plankton oder Cyanobakterien sowie die Nährstoffkonzentration unterschiedlich beeinflussen. Dies wirkt sich auch auf die folgende Generation aus. So reduziert sich die Überlebensrate der Jungfische, wenn zuvor adulte Flusstichlinge in den Mesokosmen gelebt haben. Die überlebenden juvenilen Seestichlinge wachsen dabei rascher als die Flusstichlinge.



Im Bodenseegebiet unterscheiden sich beim Dreistachligen Stichling nicht nur Weibchen (links) und Männchen. Es kommen auch zwei verschiedene Formen vor: Die eine Form ist typisch für den See, die andere für die Seezuflüsse.

Der See als Freigut eines jeden?

Vandalenakte an Forschungseinrichtungen scheinen kein Phänomen der jüngeren Zeit. Jedenfalls beklagte die Hydrologische Kommission der NGL schon 1917, dass ihre von der Dampfschiffverwaltung im See verankerte Boje nur ein Jahr wertvolle Dienste geleistet habe. Dann musste sie, offensichtlich mutwillig beschädigt, entfernt werden. «Hoffen wir, dass nach der Restaurierung unsere Einrichtung ein respektvolleres Benehmen von Seite derjenigen Ruderer erfährt, die den See als Freigut eines jeden betrachten», notierte der Chronist. Heute werden Bojen von Forschenden auch schon einmal mit einem aufgemalten Totenkopf geschmückt, um Vandalen abzuschrecken – mit Erfolg.

Übernahme Seeheim

Die Liegenschaft Seeheim kann übernommen werden. Übernachtungsmöglichkeiten für Kursteilnehmer werden geschaffen. Allerdings bleibt die Nutzung der Villa beschränkt, da die bisherigen Besitzer noch ein Wohnrecht haben. Der Personalbestand am Standort steigt von 2 auf 6 Personen. Der Luzerner Regierungsrat stellt der ETH/Eawag Landreserven auf der anderen Strassenseite zur Verfügung, wo ein Neubau projiziert wird.



Als die Seen nach Luft rangen

Ungeklärtes Abwasser und abgeschwemmte Nährstoffe aus der Landwirtschaft haben die Gewässer über Jahrzehnte überdüngt. Übermässig gewachsene Algen zehrten bei ihrem Abbau den Sauerstoff. Es kam immer wieder zu Fischsterben. Dem heute völlig klaren Ablauf musste man erst einmal auf die Spur kommen und Gegenmassnahmen entwickeln.

Die Geschichte des Hydrobiologischen Labors Kastanienbaum ist eng verknüpft mit den biologischen und chemischen Veränderungen in den Mittellandseen, verursacht durch zu viele Abwässer, die ungeklärt eingeleitet wurden. Massenentwicklungen von Algen, die nach ihrem Absterben unangenehm dufteten und tausende von Fischen, die

elendiglich verendeten, waren die offensichtlichsten Folgen. Schon 1917 wurde dieses Phänomen am Rotsee erstmals als «Verschmutzung» bezeichnet. Nebst den häuslichen und gewerblichen Abwässern trug nährstoffreiches Wasser aus der Landwirtschaft das seine zur Überdüngung bei – einzelne Seen leiden noch heute unter diesen diffusen Einträgen.

Vorreiter in Sachen Nachhaltigkeit

Das Seenlabor erforschte Pfade und Mengen der eingetragenen Stoffe und die damit ausgelösten seeinternen Vorgänge. Die wissenschaftlichen Resultate waren eindeutig: Der Überdüngung konnte nur mit einer dauerhaften Senkung der Phosphorkonzentrationen Einhalt geboten werden. Dazu gehörte der Ausbau von Kanalisationen und Kläranlagen – so war die Zusammenarbeit der Seenforscherinnen und -forscher in Kastanienbaum mit den Ingenieurwissenschaften an der Eawag in Zürich schon im Gang bevor die Eawag das Labor übernahm. Mit dem neuen Gewässerschutzgesetz von 1971 kamen die Pflicht zum Anschluss an die Kanalisation und das von der Eawag verlangte Verursacher- und Vorsorgeprinzip hinzu. Mit der Revision der Eidgenössischen Verordnung über Abwassereinleitung (1975) wurde die Phosphatfällung im Einzugsgebiet von Seen vorgeschrieben. Zusammen mit dem Verbot phosphathaltiger Textilwaschmittel (1985) – ebenfalls basierend auf Untersuchungen der Eawag – gelang es, die Negativspirale der Überdüngung zu durchbrechen. Langsam begannen die Phosphorkonzentrationen in den Seen zu sinken. Im Gewässerschutz hat sich ein Handeln durchgesetzt, das später als nachhaltig bezeichnet werden sollte.



In langen Schläuchen mit drei Metern Durchmesser wurde 1983 die in ausgeprägten Tag-Nacht-Zyklen ablaufende Frassleistung des Zooplanktons im Vierwaldstättersee gemessen.

Künstliche Lungen können noch nicht abgestellt werden

Einigen Patienten ging es so schlecht, dass trotzdem Soforthilfe angesagt war. Man überlegte sich, die Algen mit Herbiziden zu bekämpfen – ein Vorschlag, den die Eawag rasch als untauglich einstufen konnte. Hingegen begannen die Seenforscher in Versuchen und mit Berechnungen an Tiefenwasserbelüftungen zu arbeiten. Zusammen mit den kantonalen Fachstellen von Luzern und Aargau wurden in den 1980er Jahren im Baldegger-, Sempacher- und Hallwilersee Belüftungs- und Zirkulationssysteme eingerichtet. Deren Ziel, das Wasser bis zum Seegrund für Fische als Lebensraum zugänglich zu machen, wurde erreicht. Eine natürliche Fortpflanzung der am Seegrund laichenden Felchen blieb hingegen an vielen Orten bis heute eine Vision. Die in den fetten Jahren abgesunkenen Algen zehren immer noch Sauerstoff, so dass die dünne Grenzschicht zwischen dem Sediment und dem Seewasser nicht ausreichend versorgt wird. In weniger stark überdüngten Gewässern, wie dem zürcherischen Pfäffikersee konnten die seeinternen Systeme, im Grunde eine Symptombekämpfung, inzwischen abgestellt

werden. Die umfassenden vorsorglichen Massnahmen, von der Abwasserbehandlung über den Bau von Regenklärbecken bis zu finanziellen Anreizen für Landwirte, die reduziert düngen, haben gegriffen.



Mit solchen Diffusoren wird Luft und nach Bedarf reiner Sauerstoff in die Tiefe des Sees gebracht.

Pavillon gegen Platznot

Mit befristeter Baubewilligung wird ein Laborpavillon erstellt. Der Personalbestand steigt auf 12 Personen. In Dübendorf (ZH), wo die Eawag soeben ihren Neubau bezogen hat, wird die Eawag-Abteilung für Fischereiwissenschaft geschaffen. Das nun als ETH-Annexanstalt geführte Institut – ab 1993 im ETH-Bereich selbständig – war zuvor an bis zu sieben Standorten im Zürcher Hochschulquartier verteilt und führte neben dem Labor in Kastanienbaum auch noch eine Versuchsanlage und Werkstätten neben der Kläranlage Werdhölzli.



Grossversuche mit Schwermetallen

Schon in den 1960er Jahren zeigten Untersuchungen von Sedimenten die wachsende Belastung mit Schwermetallen. Über deren Auswirkungen auf das aquatische Leben war aber wenig bekannt. Einzig Laborversuche mit nicht realistischen, stark überhöhten Konzentrationen gaben Hinweise auf die Schädigung von Organismen. Das Seenforschungslaboratorium startete daher 1976 die Melimex-Studie (=Metall-LIMnologisches Experiment): Im Baldeggersee wurden dazu drei kreisrunde, bis zum Seegrund reichende «Schläuche» mit zwölf Metern Durchmesser installiert. Einer blieb unbeeinflusst, in den anderen zweien wurden während 15 Monaten die Schwermetallkonzentrationen künstlich erhöht. Der Versuch zeigte interessante

Resultate, etwa dass sich die Planktongemeinschaft in Richtung von resistenten Organismen verschob, sich aber die Schwermetalle anders als z.B. chlorierte Kohlenwasserstoffe nicht in der Nahrungskette anreicherten. Wichtig war auch die Erkenntnis, dass die Schwermetallkonzentrationen in einem See nicht nur von den Zuflüssen abhängen, sondern wesentlich auch von der biologischen Produktion des Sees. Zu anderen, mit dem Experiment gestellten Fragen fanden die Forschenden keine endgültigen Antworten. Oder sie mussten einräumen, dass die eingeschlossenen Wassermassen im See die natürlichen Verhältnisse nicht ungestört abbilden konnten. So realisierte man zum Beispiel, dass die zu Beginn des Versuchs benutzte Trennfolie Zink ans Wasser abgab, eines der untersuchten Metalle.



Im Wasser steckt viel Energie

Wie wirkt sich ein Pumpspeicherbetrieb auf natürliche Seen aus? Welche ökologischen Folgen haben Kleinwasserkraftwerke? Können künstliche Hochwasser unterhalb von Stauseen eine Auendynamik aufleben lassen? Die Gewässerforschung befasst sich in vielen Projekten mit der Energiegewinnung aus Wasser und ihren Folgen, so auch mit der Problematik der thermischen Verschmutzung.

Als in den 1960er Jahren in der Schweiz die ersten Atomkraftwerke geplant wurden, haben die Ingenieure auch bei der Eawag und dem Labor in Kastanienbaum angeklopft: Wie viel wärmer darf die Aare nach der Rückgabe des Kühlwassers sein als vorher? lautete die Frage. Die Gewässer- und Fischökologen nahmen sich ihr an und prägten den Begriff der «thermischen Verschmutzung» eines Gewässers. Ihre Studien waren mitentscheidend, dass die Wärme der AKWs zum grösseren Teil mit Kühltürmen und nur teilweise über die Gewässer abgeführt werden muss. Und der Bund schrieb in die Gewässerschutzverordnung, dass ein Gewässer nach Einleitungen höchstens 3 °C, in der Forellenregion höchstens 1,5 °C, wärmer werden und die Wassertemperatur nicht über 25 °C steigen darf. Der Hitzesommer 2003 und weitere sehr warme Jahre haben dazu geführt, dass Kühlanlagen-Betreiber heute eine Lockerung dieser Regeln verlangen. Die Abklärung, ob sie mit ihrer Forderung den «Hitzetod für die Flüsse» (Zitat von Prof. Heinz Ambühl, S. 18) in Kauf nehmen, wird neue Forschungsprojekte erfordern.

Realistische Bedarfsszenarien

Mit den Zielen einer nachhaltigen Energieversorgung wird hingegen die Nutzung von Wärme aus Seen zunehmend attraktiv. Da sich an den grösseren Seen, wie Zürich-, Vierwaldstätter- oder Genfersee auch Städte und grosse Ortschaften befinden, drängt sich die Nutzung des riesigen Wärmepotenzials auf. Einzelne Anlagen stehen zwar schon in Betrieb, doch sind die bisher genutzten Wärmemengen klein. Für den Bodensee hat eine neue Studie der Eawag untersucht, ob deutlich grössere Wärmeentnahmen die Ökologie auf den Kopf stellen könnten. Statt mit einer allenfalls

maximal tolerablen Erwärmung von 2–3 °C zu rechnen, sind die Forschenden von einem realistischen Nachfrageszenario ausgegangen. Ein Leistungsbedarf von rund 1 Kilowatt pro Einwohner ergibt, hochgerechnet auf eine Million Menschen um den See, 1 Gigawatt oder 2 Watt pro Quadratmeter Seeoberfläche. Das wäre zwar das Dreissigfache der heutigen Entnahmen, doch verglichen mit den natürlichen Wärmeflüssen des Bodensees ist es wenig: Allein über die langwellige Abstrahlung verliert der See rund 170 Gigawatt und über die Verdunstung etwa 20 Gigawatt.

Um den räumlichen und zeitlichen Verlauf der Temperaturen im See abzuschätzen, verwendeten die Forschenden ein mathematisches Turbulenzmodell. Unter dem skizzierten Bedarfsszenario ergaben die Modellierungen nur kleine Änderungen der Wassertemperatur: Maximal um 0,2 °C würde der See an der Oberfläche kühler, wenn 1 Gigawatt zu Heizzwecken entnommen würde. Die Modellierung hat zudem gezeigt, dass sich die Temperaturdifferenzen im See mit den Entnahme- und Rückgabebetiefen, den entnommenen Wassermengen und mit der Temperaturdifferenz zwischen entnommenem und zurückgegebenem Wasser minimieren lassen.

Sogar förderlich für Durchmischung

Grössere Kühlwasserentnahmen mit Rückgabe von erwärmtem Wasser können die sommerliche Stagnationszeit leicht verlängern, im Mittel allerdings nur einen Tag pro zugeführtem Gigawatt. Da die meisten Szenarien von mehr Wärmeentnahmen im Winter ausgehen, wird die (erwünschte) Durchmischung des Sees im Herbst und Früh-



Die Wärmeenergie aus dem Bodensee – hier mit dem Sântis – liesse sich nutzen, ohne dass sich dies negativ auf das Ökosystem auswirkt.

ling tendenziell gefördert. Eine optimale Projektierung von grossen Kombianlagen könnte daher helfen, dass die beiden Effekte – zusätzliche Abkühlung im Winter und zusätzliche Erwärmung im Sommer – sich teilweise kompensieren.

Am grossen und tiefen Bodensee wären die Effekte auf das Ökosystem bei einer stark erweiterten Energienutzung also

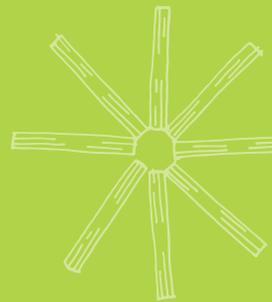
minimal, «insbesondere wenn man sie mit dem Gewinn vergleicht, der durch das Einsparen von fossiler Energie entsteht», sagt Projektleiter Prof. Alfred Wüest. Er hofft, dass einige der grossen, zurzeit in Projektierung stehenden Seewärmeprojekte zum Fliegen kommen, zum Beispiel am Genfersee zum Heizen und Kühlen der ETH und Universität Lausanne sowie des Uno-Komplexes.

Die Sage von Kastanienbaum

An der zur Strasse gewandten Fassade des Eawag-Bootshauses (S. 45) hat der einheimische Maler Marcel Nuber die Sage von Kastanienbaum bildlich dargestellt: «Vor vielen Jahren übernachteten auf einem sehr schön am See gelegenen Hofe der Gemeinde Horw zwei Italiener. Als sie weggingen, übergaben sie dem Gastgeber zum Dank zwei Kastanien, die er setzen sollte. Er tat's und sah zu seiner grössten Freude bald zwei üppige Bäume heranwachsen, die er sorgfältig pflegte, bis sie ihm Früchte trugen. Indem er neuerdings Kastanien setzte, erwuchs ihm bei Lebzeiten ein Wald fruchtbarer, kräftiger Kastanienbäume. Von da an haben sich die Kastanienbäume dann auch weiter verbreitet; der Hof aber wurde nurmehr «Kestenbaum» geheissen.» Noch um 1900 waren auf der Horwer Halbinsel ganze Haine von Edelkastanien anzutreffen. Heute sind nur noch wenige vorhanden.

Neubau am Hang

Gegen Ende 1976 wird der Neubau des Labors bezogen und am 2. Juni 1977 eingeweiht (Bild). Der von Architekt Roland Mozzatti terrassenartig konzipierte Bau beherbergt Labors, Aquarienräume und Büros. Realisiert wird aber nur die erste Etappe. Die Fischereiwissenschaften ziehen von Dübendorf an den Vierwaldstättersee. In Kastanienbaum arbeiten nun 25 Angestellte.



Geschichte und Geschichten im Seegrund

Besiedlung und Industrialisierung des Vallée de Joux, Tsunami im Vierwaldstättersee oder Erdbeben in Ostanatolien: Aus den Sedimentschichten, die sich im Lauf der Zeit in einem See ablagern, können Forschende die Auswirkungen vergangener Umwelteinflüsse und menschlicher Aktivitäten rekonstruieren.

«Die Sedimente eines Sees sind wertvolle Archive», sagt Nathalie Dubois, Leiterin der Forschungsgruppe Sedimentologie der Eawag. «Abhängig von den lokalen Einflüssen lagern sich im Lauf der Zeit verschiedene Stoffe am Seegrund ab.» Wer wie Dubois die Schichten zu lesen versteht, kann Informationen über die Vergangenheit gewinnen. So hat die Forscherin kürzlich zusammen mit Kollegen untersucht, wie sich die wirtschaftliche Entwicklung des Vallée

de Joux (VD) in den Sedimenten des Lac de Joux widerspiegeln. Die Wissenschaftler zogen Sedimentkerne aus dem Seegrund, die sie im Labor auf Herz und Nieren prüften. Sie beurteilten die Zusammensetzung der Sedimente optisch, erfassten die Magnetisierbarkeit der Schichten, massen deren Dichte, bestrahlten sie mit Röntgenlicht, führten geochemische Analysen durch und bestimmten anhand von Kohlenstoff-, Blei- und Cäsiumisotopen das Alter.

Abholzung führte zu starker Erosion

«Die Kerne reichen rund 1200 Jahre in die Vergangenheit», sagt Dubois. Bis zum 13. Jahrhundert wechseln sich Schichten dunkelbraunen Schlammes und hellen Kalks ab, was auf klimatische Schwankungen hindeutet. In den darüber liegenden Ablagerungen weisen die pflanzlichen Bestandteile eine andere Zusammensetzung der Kohlenstoffketten auf. Dies rührt vom Eintrag organischen Materials her, den die Wissenschaftler dem Zeitraum zwischen 1300 und 1500 zuordnen konnten. Dazumal wanderten zahlreiche Siedler ins Tal und rodeten den Wald. Vom vegetationslosen Boden wurden grosse Mengen organischen Materials in den Lac de Joux ausgewaschen. Das zunehmend niederschlagsreiche Klima – Vorbote der Kleinen Eiszeit – trug das seine zur Erosion bei.

Schwermetalle aus der Uhrenindustrie

Mit der wirtschaftlichen Entwicklung ging die Erosion ab 1600 zurück. Die Zusammensetzung der Sedimente änderte sich. 1777 wirbelte ein Dammbbruch die Schichten durcheinander, der Wasserspiegel sank. Gemeinsam mit der steigenden Verdunstung infolge des wärmer werdenden Klimas führte dies im 19. Jahrhundert zu einer stärkeren Ausfällung



Entnahme eines Sedimentkerns aus dem gefrorenen Trübsee (NW). Damit werden historische Hochwasser rekonstruiert und Zusammenhänge zwischen besonderen Wetterlagen und Starkniederschlägen abgeleitet.

lung von Kalk. Der 1942 neu konstruierte Damm hielt. Die Sedimentkerne weisen für diese Zeit grobkörnige Ablagerungen auf, die auf im See entsorgte Bauabfälle hindeuten. Der Damm veränderte auch die Strömungsdynamik des Lac de Joux. Es entstanden Bereiche mit stehendem Wasser, was zusammen mit dem steigenden Eintrag von Phosphor aus Waschmitteln die Überdüngung des Sees förderte. Die Zusammensetzung der Kohlenstoffketten und -isotope in den entsprechenden Sedimentschichten weisen auf ein verstärktes Wachstum von Wasserpflanzen hin. Ab den 1950er Jahren fanden die Forschenden in den Sedimenten Blei, Zink, Eisen und Kupfer, die sie unter anderem auf die lokale Uhrenindustrie zurückführen.

Spuren von Tschernobyl im Bielersee

Mit Sedimentkernen konnten Eawag-Forschende auch die Ursache eines für 1687 verbrieften Tsunamis im Vierwaldstättersee klären: Ein unterseeischer Hang im Muotadelta geriet ins Rutschen. Die in die Tiefe stürzenden Schlamm-massen sorgten für eine vier Meter hohe Flutwelle und massive Überschwemmungen. In den Sedimenten des Bielersees fanden Experten der Eawag und des Strahlenschutzlabors Spiez radioaktives Cäsium, das 1999 aus dem Kernkraftwerk Mühleberg in den See gelangte. Der Eintrag war viel geringer als beim Reaktorunglück in Tschernobyl 1986, das die Forschenden ebenfalls nachweisen konnten. Dane-

ben fanden sie auch Plutonium von weltweiten Atomwaffentests in den 1960er Jahren. Im Vansee in der Türkei erforschen Wissenschaftler die Klima- und Erdbeibengeschichte des Nahen Ostens. Sedimentkerne von insgesamt über 800 Metern Länge erlauben einen Einblick in 500'000 Jahre Vergangenheit. «Aus Sedimentanalysen können wir auch Rückschlüsse ziehen, wie heutige Aktivitäten die Umwelt oder das Klima beeinflussen oder wie widerstandsfähig Ökosysteme gegenüber Störungen sind», sagt Dubois.



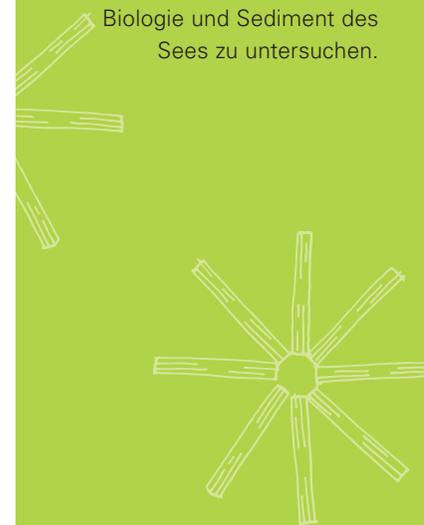
Mithilfe dieses Sedimentkerns aus dem Greifensee (ZH) haben Forschende der Empa und der Eawag gemessen, wie sich der Eintrag von bromierten Flammschutzmitteln entwickelt hat. Gut zu sehen sind die Jahresschichten.

160 Flaschen WC-Entkalker

Wenn Sedimente erbohrt werden, muss das Bohrloch laufend mit einer geleeartigen Masse stabilisiert werden. Doch als ein internationales Forscherteam unter Co-Leitung der Eawag im Sommer 2010 den Grund des türkischen Vansees erbohren wollte, klappte das nicht. Statt sich mit dem Wasser zu mischen, flockte das Mittel zur Bildung dieses Bohrschlammes aus. Schuld war der hohe pH-Wert des Seewassers von 9,6. Doch wie beschafft man in Ostanatolien möglichst rasch die nötige Säure, um den pH-Wert zu senken? Flugs kauften die findigen Wissenschaftler im kleinen Städtchen alle Reserven an WC-Entkalker auf und brachten sie auf das Bohrfloss, 160 Flaschen. Das genügte für den ersten Tag. Danach konnte Zitronensäure in Pulverform beschafft werden. Die Bohrungen waren erfolgreich.

Disziplinenübergreifend

Die neue Abteilung für Multidisziplinäre Limnologische Forschung MLF wird gegründet. Im Baldegger- und im Vierwaldstättersee werden in riesigen Schläuchen Experimente gemacht, um die Auswirkungen von Schwermetallen und Überdüngung auf Chemie, Biologie und Sediment des Sees zu untersuchen.



Impulse für eine ganzheitliche Wasserwirtschaft

Sauberes Wasser in strukturlosen Flüssen oder trockene Bachbetten unterhalb von Wasserkraftwerken? Mit dem Modulstufenkonzept und dem Projekt Ökostrom sind aus der Gewässerforschung am Institut in Kastanienbaum Impulse ausgegangen, die inzwischen zu Standards in der Gewässerbeurteilung und für die Zertifizierung von grünem Strom geworden sind.

Ab Mitte der 1980er Jahre wurde die Wasserqualität an vielen Orten in der Schweiz besser. Die Investitionen in die Abwasserreinigung und die vorsorglichen Massnahmen zeigten Erfolg. Doch immer deutlicher wurde: Seen und Flüsse sollen nicht nur vor Verunreinigung geschützt werden, sondern auch ihre vielfältigen Funktionen als Lebensräume für Pflanzen und Tiere erfüllen können und Objekte sein für Erholung, Trinkwassergewinnung oder Fischerei. Weitere Nutzungen, namentlich die Ausbeutung der Wasserkraft, aber auch der Hochwasserschutz sollten so nachhaltig wie möglich erfolgen.

Umfassender Schutzgedanke

Die Wasserforscherinnen und -forscher in Kastanienbaum und ihre Kollegen an der Eawag in Dübendorf begannen daher zu untersuchen, wie stark vor allem die Fliessgewässer durch Nutzung, Korrektion und Verbauung beeinträchtigt sind. Statt die Gewässer nur mit chemischen Kenngrössen zu beurteilen, entwickelten sie – zusammen mit den Bundesämtern für Umwelt und für Wasserwirtschaft sowie kantonalen Fachstellen – eine Methodik, wie der Zustand von Bächen und Flüssen einheitlich zu bewerten ist. Schon zuvor haben sie an einem Vorschlag für das 1991 revidierte Gewässerschutzgesetz mitgearbeitet und definiert, welche minimalen Restwassermengen in einem Gewässer verbleiben sollten.

Das Beurteilungskonzept ist in verschiedene Module wie Hydrologie, Ökomorphologie, Biologie oder Ökotoxikologie

gegliedert. Zudem kann es in einer grossflächigen und einer feineren, auf das einzelne Gewässer bezogenen Stufe angewendet werden. Daraus entstand der Name Modulstufenkonzept, eine bis heute weiterentwickelte und vom Bund und Kantonen angewandte Methode zur Untersuchung und Beurteilung der Oberflächengewässer der Schweiz.

Ökostrom setzt Massstäbe

Ganz neue Wege beschritt die Eawag ab 1997 im Projekt Ökostrom. Ziel des Vorhabens war es, die wissenschaftlichen Grundlagen für ein Ökolabel für Strom aus Wasserkraft zu entwickeln und die Realisierung eines solchen Labels zu unterstützen. Zwar hatten disziplinenüberschreitende Forschungsprojekte in Kastanienbaum schon viel früher Einzug gehalten, doch nun kamen zu den Ingenieur- und Naturwissenschaften die Gesellschaftswissenschaften als gleichwertige Partner dazu. Neben den Forschenden arbeiteten auch private Firmen, Experten aus Amtsstellen sowie Vertreter der Elektrizitätswirtschaft und von Umweltorganisationen mit. Zusätzlich zu den ökologischen Fragen, zum Beispiel zur Hydrologie und Vernetzung, galt es auch wirtschaftliche, institutionelle und rechtliche Probleme zu lösen.

Sehr unterschiedliche Rollenvorstellungen

Bernhard Truffer, einer der damaligen Projektleiter und heute Leiter der Abteilung Umweltsozialwissenschaften, sagt: «Die grösste Herausforderung im Ökostrom-Projekt war wohl, die sehr weit gefächerten Wahrnehmungen und

Flucht nach vorn

Eine Analyse des ETH-Bereichs durch die Firma Hayek deckt Schwachstellen in Kastanienbaum auf: Die Aussenstation sei unterkritisch besetzt, heisst es im Bericht.

Die Szenarien reichen vom Verzicht auf das Labor über die Fortführung des Status quo bis zur Verstärkung. So werden nach dem Personalstopp des Bundes bis 1991 rund 20 neue Stellen geschaffen, teils auch durch Umlagerung aus Dübendorf. Der Sandoz-Brand in Schweizerhalle mit seinen Folgen für den Rhein (Bild) und die darauf geleistete Unterstützung der Behörden durch die Eawag mögen das Ihre zum Ausbau beigetragen haben.



Soziale, institutionelle und politische Faktoren sind heute – hier an einem Kurs zur nachhaltigen Wasserwirtschaft in Dübendorf – selbstverständlicher Teil der Eawag-Wasserforschung.

Interessen der gesellschaftlichen Akteure mit ebenso divergierenden Ansätzen und Rollenvorstellungen der verschiedenen Wissenschaftler so zu verbinden, dass auf ein breit akzeptiertes Resultat hin gearbeitet werden konnte.» Dieses Resultat kam zustande: Mit greenhydro wurde erfolgreich ein Verfahren etabliert, das heute noch zur Beurteilung und Zertifizierung nachhaltiger Wasserkraft genutzt wird, inzwischen nicht nur in der Schweiz, sondern auch in Deutschland, Grossbritannien, Holland oder Schweden. Vom neu gegründeten Verein für umweltgerechte Elektrizität (VUE) wurde Ende 2000 das Label naturmade star für grünen Strom lanciert.

Ökostrom war das erste «Querprojekt» an der Eawag, weitere folgten, zum Beispiel das «Rhone-Thur-Projekt» (S. 26). 2001 sagte der stellvertretende Direktor Ueli Bundi: «Für den kurzfristigen akademischen Erfolg mag es einfachere Wege geben, doch Forscherinnen und Forscher und ihre

Institutionen werden sich verstärkt legitimieren müssen, indem sie bei der Bewältigung wichtiger gesellschaftlicher Probleme mithelfen.» Mit der Gründung des Netzwerks Wasseragenda21 (2008) wurde diese Forderung gestärkt und ein weiterer Schritt getan zu einer ganzheitlichen statt sektoriell organisierten und handelnden Wasserwirtschaft.

«Wer in Kastanienbaum forschen durfte, nimmt eines mit auf den Weg: Die hier praktizierte interdisziplinäre Zusammenarbeit der Forscherinnen und Forscher untereinander, aber auch mit der Praxis und Politik ist einzigartig und führt zu einem unschätzbaren Mehrwert.»

Claudia Friedl, St.Gallen, Doktorandin Abteilung Fischereiwissenschaften 1996, Nationalrätin

Detektivisches Vorgehen bringt neue Einsichten

Schon mal etwas von Isotopensignatur oder Kohlenstofflabeling gehört? Was heute im Labor Kastanienbaum unter anderem an Methoden eingesetzt wird, sind moderne Versionen von Fingerabdruck und unsichtbar eingefärbten Banknoten. Statt Täter und Fluchtrouten lassen sich in der Umweltwissenschaft damit Klimaänderungen oder Nahrungsnetze verfolgen.

Stellen Sie sich vor, Sie schöpfen mit einer Flasche, an einer Schnur angebunden vom Dampfschiff aus, mitten im Vierwaldstättersee eine kleine Wasserprobe. Danach sagt Ihnen eine Wasserexpertin, ob das Wasser vom Gotthard- oder vom Brünigpass in den See gelangt ist. Wie das? Das Zauberwort heisst Isotopensignatur. Darunter versteht man das Verhältnis von stabilen, aber nicht ganz gleich schweren Atomen desselben Elements, zum Beispiel beim Sauerstoff von ^{18}O zu ^{16}O . Dieses Verhältnis ist je nach Herkunft des Wassers verschieden, vor allem wegen der verschiedenen Geologie im Einzugsgebiet. Bestimmen können die Forschenden das heute relativ einfach in einem Massenspektrometer. Doch damit nicht genug: Weil diese Isotopensignaturen auch in die Biomasse von Algen und anderen Wasserorganismen eingebaut werden, können ganze Nahrungsketten und weitere Zusammenhänge rekonstruiert werden. Ein Beispiel dazu.

«Meine Zeit am Forschungszentrum für Limnologie in Kastanienbaum hat meine berufliche und persönliche Zukunft geprägt. Ich habe vor allem im methodischen Bereich sehr viel gelernt. Darauf kann ich immer noch aufbauen – sowohl für das Design von Feldexperimenten, als auch für die Auswertung von Datensätzen. Genauso wichtig war aber das persönliche Netzwerk, von dem ich viel profitiere. Und nicht zuletzt lebe ich seit mehr als 25 Jahren in der Region von Kastanienbaum, in die mich damals meine Forschungsarbeit verschlagen hat.»

Werner Dönni, Luzern, Doktorand Abteilung Fischereiwissenschaften 1993, Inhaber Firma Fischwerk, Luzern.

Als das Meer die Richtung änderte

Eines der ältesten bekannten Wettersysteme ist die Nordatlantische Oszillation (NAO), der periodische Wechsel der Luftdruckunterschiede zwischen den Azoren und Island. Sie bestimmt nicht nur, ob die Winter in Europa kalt und trocken oder nass und warm sind, sondern beeinflusst auch die Meeresströmung im Nordatlantik. Vor Nordamerika und Kanada bestimmt während positiven Phasen der NAO eine mit 10 Grad Celsius relativ warme, aus dem Golfstromsystem entspringende, salz- und nährstoffreiche Wassermasse die Ozeanografie. Befindet sich die NAO in einer negativen Phase, ist die Labradorströmung prägend, eine mit 6 Grad Celsius relativ kalte und nährstoffärmere Wassermasse aus subpolaren Gebieten.

Ein internationales Team mit Carsten Schubert (S. 46) konnte nun nachweisen, dass in den frühen 1970er Jahren im westlichen Nordatlantik ein einschneidender Wechsel zu einem «Warmwasser-Modus» stattgefunden hat. Die Forschenden machten sich dazu die Stickstoff-Isotopensignale in Korallen zunutze. Tiefseekorallen in mehreren hundert Metern ernähren sich von herabsinkenden organischen Partikeln. Das erlaubt, auf die Meeresströmungsverhältnisse der letzten Jahrzehnte zurückzuschliessen, denn Korallen bilden Jahrringe, wie Bäume. Der rekonstruierte Wechsel der Meeresströmung geht zeitlich mit der globalen Klimaerwärmung einher und ist für die letzten 2000 Jahre einmalig. Das konnte das Team mit derselben Methode bestätigen, aber nicht mit lebenden, sondern mit fossilen Korallen.

Umbau und Renovation des «Seeheims»

Die ehemalige Villa am See kann nun vollständig von der Eawag genutzt werden. Das Haus wird innen und aussen renoviert und den Bedürfnissen der Forschung angepasst. Im Erdgeschoss entstehen ein Mehrzweckraum für Kurse, in den Obergeschossen Büros und Unterkünfte. Ein Teil des Gartens wird neu der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.



Probenahmen auf dem Lago Cadagno im Schweizer Südkanton Tessin.

Leben vom Sauerstoff der anderen

Süßwasserseen – auch Stauseen in warmen Breitengraden – tragen im Unterschied zu den Meeren signifikant zum Ausstoss des Treibhausgases Methan bei. Dieses stammt vom Abbau des auf den Grund gesunkenen organischen Materials. Geschichtete Seen mit sauerstofffreiem Wasser in der Tiefe stossen aber wenig Methan aus. Bisher ging man davon aus, dass in ihnen dieselben Methanabbau-Prozesse ablaufen, wie im Meer. Eine Studie in einem Tessiner Bergsee zeigt, dass das nicht so ist. Forschende der Eawag und vom Max-Planck-Institut für marine Mikrobiologie in Bremen wiesen in der sauerstofffreien Zone des Lago Cadagno zwar einen fast vollständigen Methanabbau nach, fanden jedoch keine der bekannten, anaerob Methan abbauenden Bakterien. Auch Archaeen,

welche im Meer massgeblich für den Methanabbau verantwortlich sind, wurden keine gefunden. Hingegen enthielten die Proben aus rund 12 Metern Tiefe eine reichhaltige Bakteriengemeinschaft von sauerstoffzehrenden Proteobakterien. Wie können diese im sauerstofffreien Wasser leben? Um das zu klären, haben die Wissenschaftler eine weitere neue Methodik eingesetzt: das Markieren (engl. «label») einzelner Moleküle – hier des Methans – mit «schweren» ^{13}C -Atomen, welches dessen Abbau zeigte. Zusammen mit dem Markieren der Gene von Methanbakterien mit einem fluoreszierendem Farbstoff konnten sie mikroskopisch nachweisen, dass sich die Methanabbauer immer in der Nähe befanden von Kieselalgen, die Photosynthese betreiben. Die Bakterien beziehen ihren Sauerstoff offensichtlich von den Algen.





Kieselalge *Encyonema Cymbella* in Gallertschlauch. Im Uferbereich von Seen häufig. Die von den Zellen ausgeschiedene Gallerte verhindert, dass die Zellen mit der Strömung verdriftet werden.

Fasziniert, neugierig, engagiert – wer heute hier arbeitet

Verteilt auf 83 Vollzeitstellen arbeiteten anfangs 2016 37 Frauen und 60 Männer am Eawag-Standort Kastanienbaum, vom Zivildienstleistenden bis zum Direktionsmitglied. Neun von Ihnen geben in den folgenden Kurzporträts einen kleinen Einblick, weshalb die Wasserforschung sie fasziniert.



Salome Mwaiko – Wissenschaft läuft nicht immer rund

Biologin und Labormanagerin. 55. Heimatland: Tansania. «Manchmal laufen die Experimente eine Woche lang perfekt, dann macht man genau das Gleiche und nichts klappt mehr. Diese Herausforderung gefällt mir», sagt Mwaiko. Ihr Labor für molekulare Genetik untersucht Fragen zur Ökologie, Evolution und Biodiversität. Sie bedient und unterhält die komplexen Geräte nicht nur selbst, sondern führt auch Studierende in die Techniken ein. Zudem hilft sie mit bei Feldarbeit und ist mitverantwortlich für die Verwaltung der immensen Datenmengen und für die wachsende Sammlung konservierter Fische, die als Referenzen für spätere Forschungsarbeiten aufbewahrt werden. «Wird eine neue Studie publiziert, freue ich mich genauso wie die Forschenden», sagt Mwaiko. Klar. Sie hat die Wissenschaftler auch motiviert, wenn wieder einmal etwas nicht geklappt hat und die nach kniffliger Präzisionsarbeit endlich ausgespuckten Daten unbrauchbar waren.

Die intellektuelle Aktivität der Luzerner

1965 skizziert Eawag-Direktor Otto Jaag das Projekt eines «Eidgenössischen, hydrobiologischen Zentralinstituts am Vierwaldstättersee mit Gästehaus». Das Institut soll von der ETH und den zentralschweizerischen Kantonen betrieben werden. Den Plänen für eine Universität Luzern stand Jaag eher skeptisch gegenüber: «Nach Auffassung mancher Kreise könnte dem Bedürfnis nach vermehrter intellektueller Aktivität weit besser entgegengekommen werden durch die Schaffung lediglich eines hydrobiologischen Forschungsinstitutes, dessen Errichtung grössere Dringlichkeit zukommt als der Schaffung einer neuen Universität», schrieb er in einem Memorandum.



Doris Hohmann – dauerndes Weiterlernen

Medizinische Laborantin und Technikerin. 62. Wohnort: Horw. Bevor Doris Hohmann 1990 als Technikerin an die Eawag kam, hat sie am Unispital Zürich unter anderem Haut untersucht – jetzt wurden es Algen und Kleingetier aus Seen und Bächen. «Eigentlich war ich für diese Arbeit nicht ausreichend qualifiziert, doch das Team traute mir mehr und mehr zu», erinnert sie sich. Das Vertrauen gab Schwung. Berufsbegleitend absolvierte sie ein Nachdiplomstudium in Umweltwissenschaften und wurde zur Expertin in Entomologie (Insektenkunde). Die Mitarbeit in der Forschung hat ihr bereits im Spital gut gefallen. Doch wenn sie als Erste wusste, dass ein Patient Krebs hatte, war das belastend. Kranke Gewässer lassen sich eher heilen, lernte sie – etwa im Grossprojekt «Gewässerschutz im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees». Und lernen will Doris Hohmann auch nach ihrer bevorstehenden Pensionierung: An der Uni will sie sich für deutsche Literaturwissenschaft einschreiben.

Blake Matthews – ein Tier weniger kann alles verändern

Umweltnaturwissenschaftler, Biologe. 37. Heimatort Vancouver (CAN). Seit 2008 leitet Blake Matthews die Gruppe für öko-evolutionäre Dynamik in Kastanienbaum. «Meistens denken wir, dass die Umwelt die Organismen bestimmt», sagt Matthews, «doch genauso gut kann es umgekehrt sein. Wenn drei Familien in exakt gleiche Wohnungen ziehen, werden diese Wohnungen schon nach wenigen Wochen sehr verschieden aussehen. Das ist in der Umwelt nicht anders. Verschwindet ein einziges Tier, kann das Folgen haben auf die ganze Nahrungskette oder sogar auf die Landschaft.» Das untersuchen Matthews und seine Gruppe in der Natur, im Labor, mit Modellen am Computer und auch mit Experimenten in Mesokosmen, wie die blauen Kübel auf dem Bild. Als Matthews zur Welt kam, wurde in Kastanienbaum eben das neue Laborgebäude eingeweiht: «Ich bin stolz, hier arbeiten zu können, im Land, wo die Limnologie erfunden wurde», sagt er und lobt die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit seinen Kolleginnen und Kollegen.





Beat Müller – arbeiten, wo die wahren Aufgaben liegen

Chemiker. 59. Wohnort Greppen. «Ich darf nicht daran denken, was ich als Bub im Keller für gefährliche Pulver gemischt habe», sagt Beat Müller. Nach dem Chemiestudium war dann aber die Suche nach dem Pulver, das die Welt zusammenhält, für Müller nicht so faszinierend, wie erhofft. Motiviert vom damaligen Direktor, Werner Stumm, kam er 1985 an die Eawag und machte eine Dissertation über das Verhalten von Schwermetallen im Sediment. «Ich habe gespürt, dass hier Aufgaben liegen, die anzupacken sich lohnt», erzählt er von der Aufbruchstimmung, die 1987 auch zum Start des Studienganges Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich geführt hat – mit Müller als Dozenten und Leiter von Praktika. Expeditionen zum Baikalsee oder auf dem Yangtse-Fluss zählen zu seinen abenteuerlichsten Erlebnissen. Heute sitzt er vorwiegend hinter dem Computer: «Leider», sagt er, «denn ein Ökosystem draussen zu erleben, wie die Gründer des Labors vor 100 Jahren, ist immer noch etwas ganz anderes als ein Computermodell.

Ole Seehausen – wie Tierarten entstehen und wie sie vergehen

Evolutionsökologe. 51. Heimatort Hannover (D). Doktorierte an der Universität Leiden (NL). 2001 wurde er Assistent Professor in Hull (GB). Seit 2004 leitet er die Abteilung Fischökologie und Evolution in Kastanienbaum und ist Professor am Institut für Ökologie und Evolution der Universität Bern. Als «einer der wirklich grossen Naturforscher» hat ihn eine Web-Zeitung betitelt. Man spürt sein Engagement, etwa wenn er alte Ansichten widerlegt: «Einerseits dauert Artentstehung eben nicht immer viele tausend Jahre, und andererseits kommt es auch zwischen Arten, die sich schon über Millionen Jahre auseinanderentwickelt haben, zu genetischem Austausch», nennt Seehausen als Beispiele. Seine Gruppe forscht zur Rolle der Umwelt in diesen Prozessen, aber ebenso zur Auswirkung evolutionärer Änderungen auf die Ökosysteme. «Das Umfeld in Kastanienbaum ist ideal», sagt Seehausen, «hier arbeiten Evolutionsbiologen, Ökologen, Geowissenschaftler und Umweltwissenschaftler alle im selben Haus.»

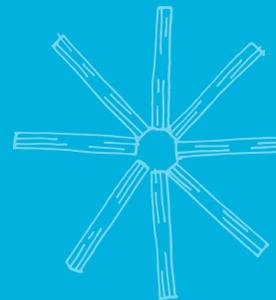


Umbau Bootshaus

Das alte Labor von 1938, nur noch «Bootshaus» genannt, wird umgebaut und renoviert.

Restauriert wird auch das Wandbild von Künstler Marcel

Nuber mit der Sage von Kastanienbaum (S. 35).



Brigitte Germann – wenn Fische in den Wald fliegen

Chemielaborantin und Technikerin. 56. Heimatort: Luzern. Als Brigitte Germann 1976 ihre Lehre an der Eawag begann, hätte sie nicht im Traum daran gedacht, nahezu ihr ganzes Berufsleben hier zu arbeiten. Doch weder das Intermezzo in einer Chemiefirma noch die harte Arbeit als Köchin in einem Kinderheim waren Traumjobs. So kam sie 1983 zurück und hat im Labor der Limnologen Chlorophyll, Schwermetalle und vieles andere im Wasser gemessen. Weil sie aber lieber Frischluft als Labordüfte atmet und damals nur einmal pro Monat für Probenahmen auf den See kam, kündete sie und bewarb sich erfolgreich bei der Abteilung Fischereiwissenschaften. Da sind vermehrt Einsätze am Fließgewässer gefordert. Auf dem Foto zeigt sie, wie Fische mit kleinen Transpondern versehen werden, damit ihre Wanderungen mit Antennen verfolgt werden können. Manchmal enden die Wanderungen auch im Wald: «Unlängst haben wir Transponder unter dem Nest eines Fischreiher gefunden», schmunzelt Germann.



Carsten Schubert – auf halbem Weg nach Italien hängen geblieben

Geologe. 49. Heimatort Pohlheim (D). Doktoriert hat Carsten Schubert über Klimaschwankungen in der unwirtlichen Arktis. Dann wollte er in Italien forschen: «Da sind Wetter und Essen gut», sagt er. Doch während eines Postdoc-Aufenthalts in Vancouver lernte er den Leiter der Eawag-Abteilung Oberflächengewässer, Bernhard Wehrli, kennen und als er die Stellenanzeige von einer Gruppenleiterstelle in Biogeochemie in Kastanienbaum las, war es um ihn geschehen. So wechselte er von den Meeren zu den Seen und von Deutschlands Mitte doch wenigstens ein Stück weit Richtung Süden. Sein Spezialgebiet sind das Methan und die Prozesse, wie es aus Seen entweicht, beim Aufstieg abgebaut wird oder in der Tiefe gefangen bleibt – etwa im afrikanischen Kivu-See: «Es ist schon super, etwas erklären zu können, das man schon 30 Jahre zuvor in den Daten beobachtet hat», sagt er. In jüngster Zeit hat er sich viel mit Biomarkern befasst. Zum Beispiel mit dem Wasserstoffisotop Deuterium, mit dessen Hilfe die Wege des Wassers zurückverfolgt werden können. Denn «die Vergangenheit ist der Schlüssel für die Zukunft», zitiert er eine alte Geologenweisheit.

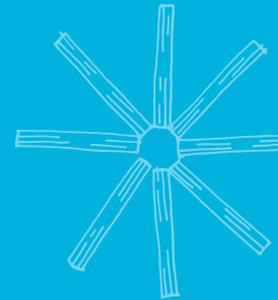
Christian Dinkel – Probenahmekran am Gummiböttli

Chemielaborant und Techniker. 46. Heimatort: Kastanienbaum. Als Siebenjähriger war «Chregu» Dinkel schon dabei als die Eawag 1977 den Neubau der in den Hang gebauten Labors und Büros feierte. Hier wollte er auch einmal arbeiten. Er montierte einen Probenahmekran an sein Schlauchböttli und analysierte das gesammelte Seewasser zu Hause im «Labor». Mit 14 telefonierte er, welche Lehre er machen müsse, um zu seinem Ziel zu kommen, und nach Abschluss der Chemielaborantenlehre bekam er die erste, noch befristete Anstellung. Berufsbegleitend absolvierte er die Technikerschule und wurde zum Fachmann für Elektronik, Mess- und Regeltechnik. «Routine gibt es kaum an der Eawag. Ich konnte und musste immer wieder Neues lernen», sagt Dinkel und schraubt weiter an einer motorbetriebenen Winde, die ihren Dienst auch schon auf dem Tanganjika-See in Afrika getan hat. Routine kennt Chregu auch auf dem Arbeitsweg nicht: Als er noch in Hergiswil wohnte, kam er Sommer und Winter mit dem Kajak an die Eawag über den See.



Summerschools statt Landschulwochen

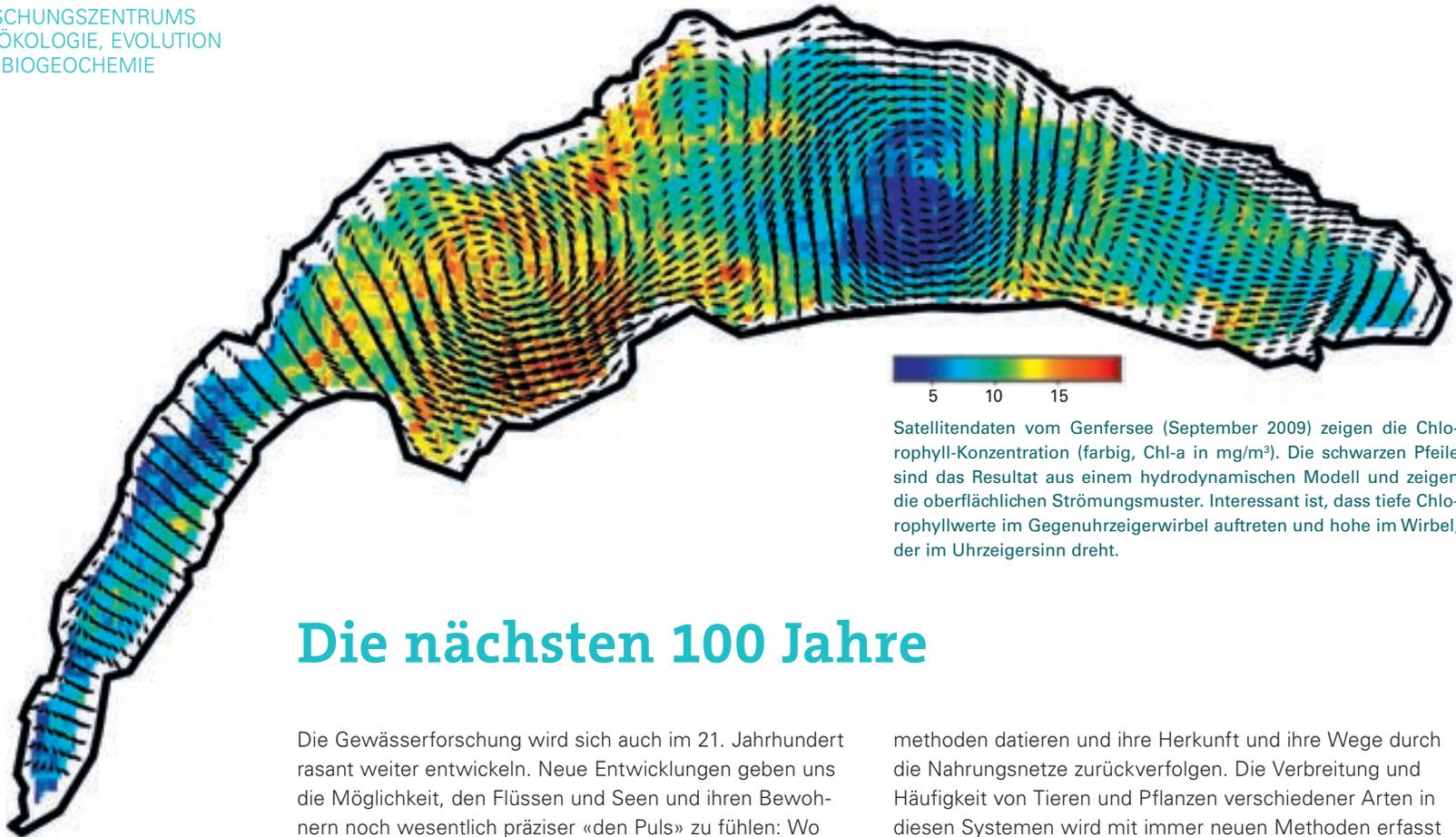
Mit inzwischen rund 70 Angestellten und wissenschaftlichen Gästen wird der Platz am See erneut eng. Die Direktion beschliesst, auf mehrtägige Biologie-Fachwochen für Mittelschulen zu verzichten. Stattdessen werden Summerschools für Studierende intensiviert und einzelne Peak-Kurse (praxisorientierte Eawag-Kurse) an den Standort Kastanienbaum verlegt. Zudem werden regelmässig öffentliche Führungen ausgeschrieben.



Philine Feulner – vom Hirsch zum Fisch zum Schaf zum Fisch

Evolutionsbiologin. 39. Heimatort Würzburg (D). Ihre Diplomarbeit an der Universität im deutschen Kiel hat Philine Feulner über Rothirsche in den Karpaten verfasst. Dann beschäftigte sich mit dem Erbgut von Elefantenrüsselfischen im Kongo, von Schafen in England und von Stichlingen an der Uni Münster und am Max-Planck-Institut in Plön. Seit eineinhalb Jahren wohnt sie in Luzern und arbeitet als Gruppenleiterin für Fischgenomik in Kastanienbaum. Ihr Arbeitsplatz ist mehrheitlich das Büro; ab und zu grüsst sie ihre Felchen im Aquarienraum. Doch wenn sich die Gelegenheit ergibt, zieht es sie auch nach draussen auf den See mit Kollegen, welche jeden Fisch kennen und nicht «nur» dessen genetische Strukturen. «Es ist eine grossartige Chance, an einem Ort zu arbeiten, wo zwischen Theorie und Praxis keine Gräben sind», sagt sie und freut sich, dass die heutigen technischen Möglichkeiten es erlauben, die Untersuchungen von früher zu erweitern und Hypothesen von damals zu prüfen.





Satellitendaten vom Genfersee (September 2009) zeigen die Chlorophyll-Konzentration (farbig, Chl-a in mg/m^3). Die schwarzen Pfeile sind das Resultat aus einem hydrodynamischen Modell und zeigen die oberflächlichen Strömungsmuster. Interessant ist, dass tiefe Chlorophyllwerte im Gegenuhrzeigerwirbel auftreten und hohe im Wirbel, der im Uhrzeigersinn dreht.

Die nächsten 100 Jahre

Die Gewässerforschung wird sich auch im 21. Jahrhundert rasant weiter entwickeln. Neue Entwicklungen geben uns die Möglichkeit, den Flüssen und Seen und ihren Bewohnern noch wesentlich präziser «den Puls» zu fühlen: Wo früher monatliche Messproben gesammelt wurden, prüfen heute Sensorsysteme die Wasserqualität und Bewegungen in Echtzeit und übermitteln die Daten rund um die Uhr. Dank Fernerkundung mit Satelliten erhalten wir in naher Zukunft täglich neue Karten des Algenwachstums für alle grossen Gewässer auf unserem blauen Planeten. Das Gleiche gilt für die Oberflächentemperatur, die Trübung und sogar für gelöste Stoffe. Aus solchen Informationen, die mit zunehmend feinerem Raster erfasst werden, gewinnen wir nicht nur Einsichten in die gerade aktuelle Verteilung der Wassereigenschaften sondern auch über die Dynamik deren Entwicklung.

Datenreichtum will genutzt sein

Um den Stoffhaushalt in Ökosystemen noch zuverlässiger zu vermessen, können wir einzelne Substanzen mit Isotopen-

methoden datieren und ihre Herkunft und ihre Wege durch die Nahrungsnetze zurückverfolgen. Die Verbreitung und Häufigkeit von Tieren und Pflanzen verschiedener Arten in diesen Systemen wird mit immer neuen Methoden erfasst und verfolgt. Neue Computermodelle werden nötig sein, um diesen Reichtum an Daten klug zu nutzen. So können aus Information und dem Vergleich von Modellen und Beobachtungen schliesslich Einsichten destilliert und Erkenntnisse aus den verschiedensten Fachgebieten verknüpft werden.

Neue Methoden – präzisere Antworten

Inzwischen hat eine wissenschaftliche Revolution die ökologische Forschung auf neue Grundlagen gestellt: Durch molekulargenetische Analysen und evolutionsbiologische Modellierung ist es heute möglich, die Evolution von Arten und Artenvielfalt in Gewässern über tausende von Jahren zu rekonstruieren. Parallel dazu können wir die rasant ablaufenden Veränderungen in den heutigen Ökosystemen direkt verfolgen. Entwicklungen im Genom können die Forscher

mit der Entwicklung von Umwelteinflüssen wie Nährstoffbelastung, Verlust und Fragmentierung der Lebensräume oder klimatischer Änderung in Bezug setzen. Wir werden damit präzisere Antworten auf die Frage finden, unter welchen Bedingungen neue Arten entstehen und die biologische Diversität zunimmt und wann Arten ihre Anpassungen verlieren oder sogar aussterben.

Ehrgeizige Ziele

Die Bevölkerung hat dem Gewässerschutz in der Schweiz für die kommenden Jahrzehnte ehrgeizige Ziele gesetzt: Auch die grössten Tiefen der Seen sollen wieder gut mit Sauerstoff versorgt und ihre Artenvielfalt soll erhalten werden, viele Fliessgewässerstrecken sollen revitalisiert werden, Hindernisse für die Wanderung der Fische in den Flüssen werden beseitigt und die Wasserkraft muss ökologische Randbedingungen einhalten. Das Forschungszentrum für Ökologie, Evolution und Biogeochemie der Eawag in Kastanienbaum wird diese Bemühungen weiterhin wissenschaftlich begleiten und die gewonnenen Erkenntnisse produktiv in Debatten um Nutzungskonflikte rund um die Gewässer

einbringen. Das Forschungszentrum selbst hat sich das ehrgeizige Ziel gesetzt, die Populationswissenschaften – Evolutionsbiologie und klassische Ökologie – mit den Umweltsystemwissenschaften – Biogeochemie und physikalische Limnologie – zu verknüpfen, um das Funktionieren von Ökosystemen noch besser zu verstehen und letztlich die Ökosysteme und ihre Biodiversität in Zukunft besser zu schützen. Die Eawag hat vor Jahrzehnten in Kastanienbaum in der interdisziplinären Gewässerforschung Pionierarbeit geleistet. Wir wollen weiterhin «am Ball» bleiben.

Autoren dieses Ausblicks

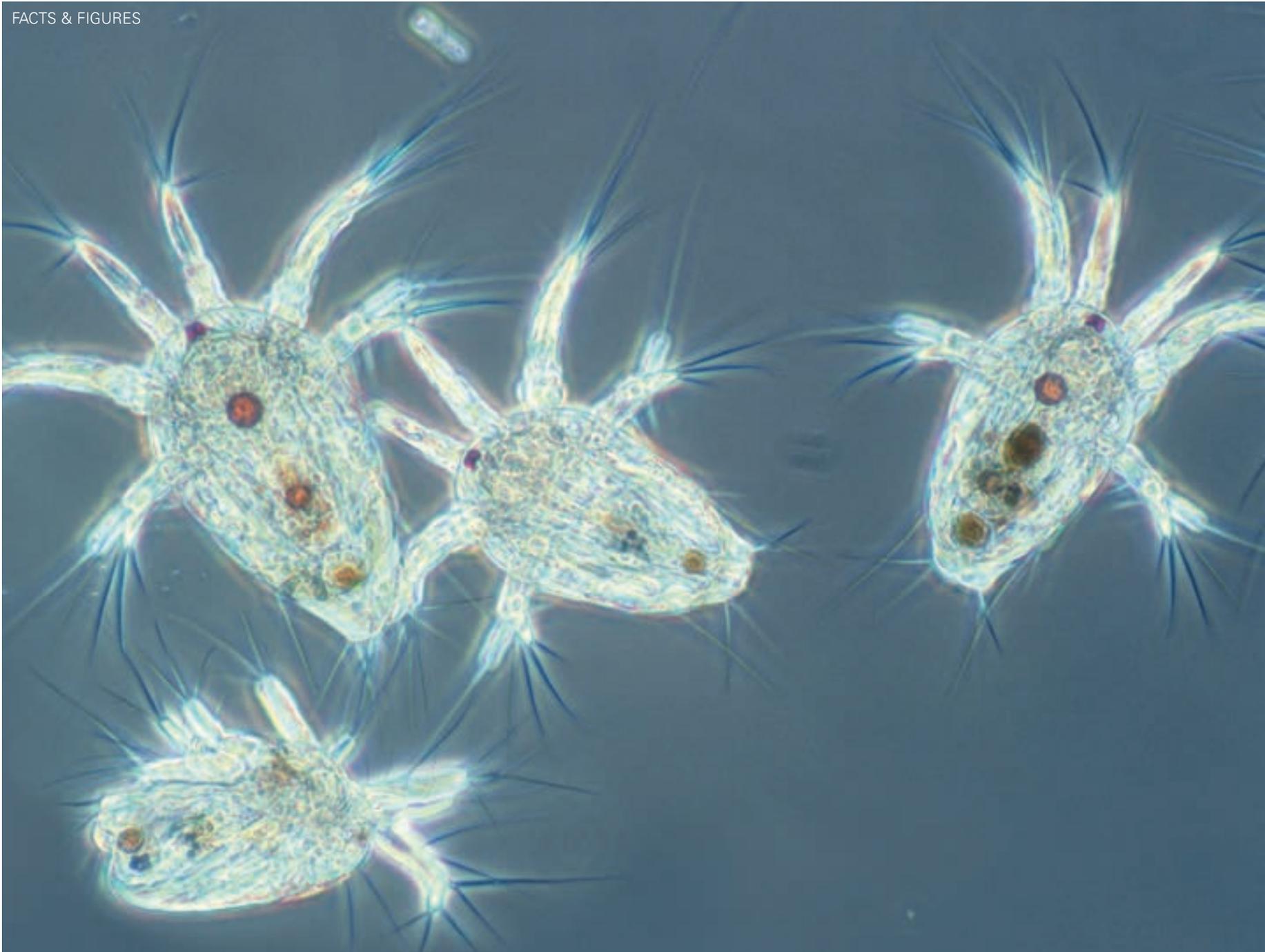
Bernhard Wehrli: Professor für aquatische Chemie an der ETH Zürich. Gruppenleiter aquatische Chemie und Mitglied der Direktion (2005–2015) an der Eawag. **Ole Seehausen:** Professor für aquatische Ökologie an der Universität Bern. Leiter der Abteilung für Fischökologie und Evolution sowie der Gruppe Evolutionäre Biodiversitätsforschung an der Eawag. **Carsten Schubert:** Geologe, Leiter der Abteilung für Oberflächengewässer sowie der Gruppe Biogeochemie an der Eawag. **Alfred Wüest:** Professor für Umweltphysik, Direktor des Zentrums für Limnologie und Leiter des Labors für die Physik aquatischer Systeme an der EPFL. Gruppenleiter aquatische Physik und Mitglied der Eawag Direktion.

Hohe Politik

Dank internationaler Kontakte aus der Forschung, namentlich der Direktoren Otto Jaag und Werner Stumm, weilten immer wieder hohe Gäste an der Eawag. Manchmal setzte aber die Weltpolitik allzu innigen Kontakten Grenzen. So musste 1968 der Internationale Kongress für Wasser- und Abwasserforschung mit 500 Angeordneten abgesagt werden: Das Tagungshotel in St. Moritz weigerte sich, Vertreter aus Staaten aufzunehmen, deren Armeen einen Monat zuvor an der Invasion in der Tschechoslowakei beteiligt waren. Ausserdem fürchtete man Demonstrationen. 1992 liess Stumm einen Besuch aus China platzen. «Unser Direktor ist nicht bereit, einen offiziellen Vertreter der gegenwärtigen Regierung Chinas an unserem Institut zu empfangen. Ich bedauere die durch die politische Situation gestörte wissenschaftliche Kommunikation», schrieb der zuständige Stabsmitarbeiter. Geklappt hat hingegen der Besuch von Nikolay Vorontsov, des russischen Umweltministers, 1989 in Kastanienbaum. Mit Bundesrat Flavio Cotti hat Vorontsov anschliessend sogar ein Zusammenarbeitensabkommen im Bereich Umweltschutz unterzeichnet – bis heute laufende Projekte der Eawag am Baikalsee gehen auf dieses Abkommen zurück.

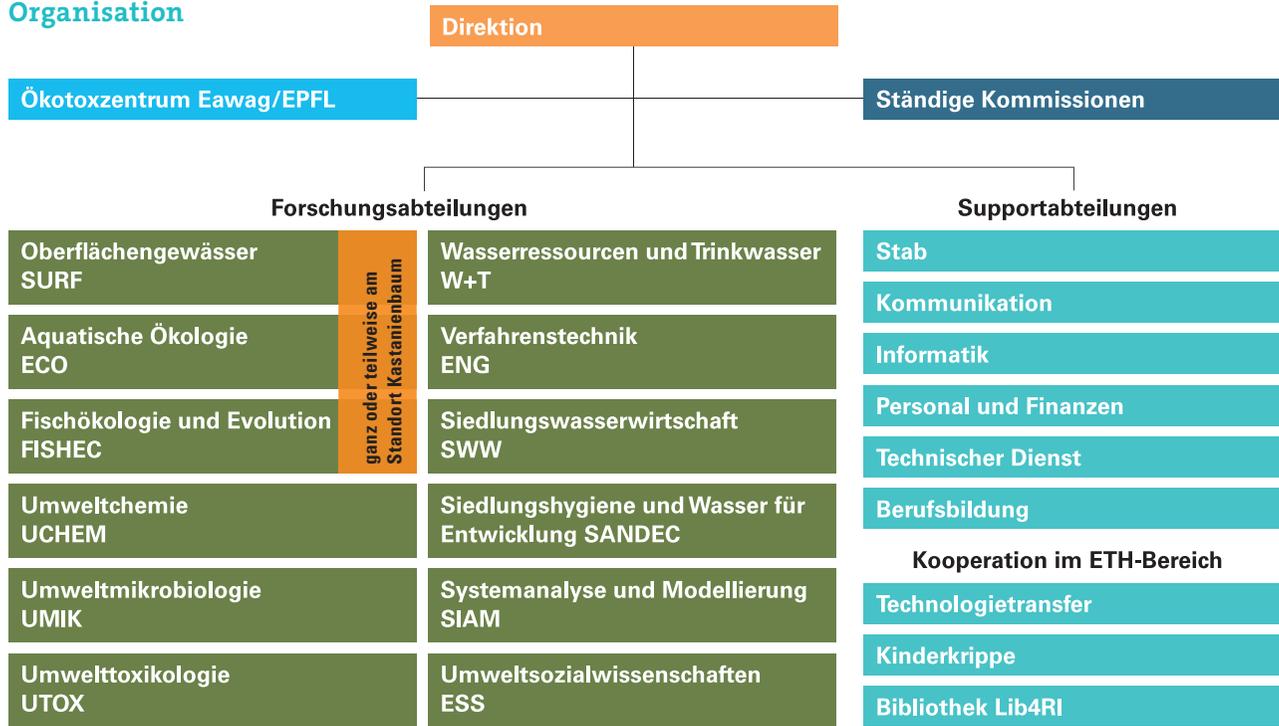
Mesokosmen in Betrieb
Versuche oder Simulationen im Labor lassen sich nicht 1:1 auf den See übertragen. Doch Experimente im See sind schwer kontrollierbar und wiederholbar. Darum werden Ökosystemfragen in Mesokosmen untersucht. Die blauen und schwarzen «Kübel» oberhalb des Labors setzen eine Tradition fort von Fliessrinnenversuchen und Experimenten in Aquarien. Aus Gründen des Landschaftsschutzes werden die Kunststoffbehälter wenn keine Versuche laufen jeweils weggeräumt.





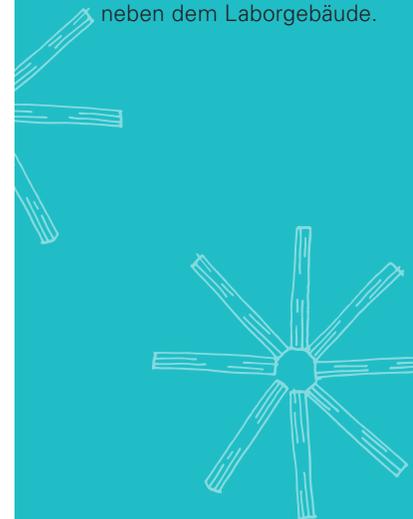
Nauplius-Stadium eines Ruderfusskrebsees (vermutlich Cyclops = Hüpferling). Nach dem Keimen der Eier durchlaufen die Ruderfusskrebse 6 Nauplienstadien und dann 5 Copepoditstadien, bis sie geschlechtsreif sind.

Organisation

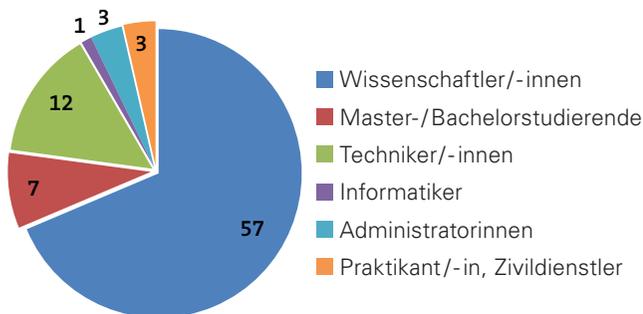


Totalsanierung Terrassenbau

Das Laborgebäude von 1977 wird komplett saniert. Unter anderem sorgen eine neue Lüftung und eine Kühlung mit Seewasser für einen massiv tieferen Energieverbrauch. Zudem ersetzt ein schlichter Anbau in Holzbauweise die «Castagnettas» getauften provisorischen Pavillons neben dem Laborgebäude.



Mitarbeitende in Kastanienbaum



Total 83 Vollzeitstellen; davon 20 Gastwissenschaftler und 2 Zivildienstleistende

Einbettung der Eawag im ETH-Bereich



Herausgeber

Eawag, das
Wasserforschungsinstitut
des ETH-Bereichs

Konzept, Texte, Redaktion

Andri Bryner
Andres Jordi (S. 30, 36)

Übersetzungen

Zieltext
Übersetzungen & Kommunikation
8702 Zollikon

Gestaltung und Satz

Sandra Schwab, s-at.ch
3011 Bern

Druck

Medienhaus Mattenbach
8411 Winterthur

Copyright

© Eawag, Dübendorf/Kastanienbaum
Mai 2016

Bildnachweis

Eawag Archiv: 4, 6, 7, 7r, 10, 11r, 13r, 15, 16, 18, 19r, 20, 21, 23, 25r, 26, 29r, 30, 33r, 35r, 37r, 39r, 41r, 45r, 47r / Peter Bossard: 32 / Andri Bryner: 5, 25, 29, 35, 44o, 46o, 47 / Philipp Dubs: 36 / Rudolf Müller: 8, 9 / Peter Penicka: 46u / Armin Peter: 27or / Raoul Schaffner: 39, 45u / Aldo Todaro: 3, 43, 44u, 45o / Ole Seehausen: 24

Jenny Held (Eawag), Alexander Smirnow (ETH/UZH): 12, 51
Perdo Galliker, Mikroskopaufnahmen: 1, 14

Georg Gerster: 17o / Bundesarchiv: 17r / Andreas Hartl: 31 / NGL: 2 / Max Planck Institut, Bremen, Jana Milucka: 41 / SNF: 19, 37 / Tiefbauamt Graubünden: 27ol / Umwelt und Energie, Kanton Luzern: 33 / VAW/Eawag: 28

Wichtigste Quellen

- Jahrbücher der NGL und Jahresberichte der Eawag
- Die Geschichte des Hydrobiologischen Laboratoriums in Kastanienbaum, Heinrich Wolff, Luzern. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie, Vol. 28. 1966
- Ein zentrales schweizerisches limnologisches Institut am Vierwaldstättersee; Memorandum von Otto Jaag, 1965
- Pressedokumentation zur Projektierung (1973) und Einweihung des Neubaus (1977)
- Ein Blick zurück; das Eawag-Forschungszentrum für Limnologie (FLZ) in Kastanienbaum. Ruedi Müller. 1997
- Beitrag zur Geschichte der Gewässerforschung in der Schweiz, Peter Perret (letzter Präsident der Hydrobiologischen Kommission der SANW). 2001

Fussnoten

¹ Beschreibung des berühmten Lucerner oder 4. Waldstaetten Sees und dessen fürtrefflichen Qualiteten und sonderbaaren Eygschafften (Johann Leopold Cysat, Luzern; David Hutt; 1661)

² Le Léman (Genf, 1882-1904; 3 Bände)

³ Beiträge zur Toxikologie der Fische; P. Steinmann, G. Surbeck, Zeitschrift für Hydrologie, 1920

⁴ H. Wolff, «Prof. Dr. Hans Bachmann (1866-1940)», in Verh. SNG, 1940, 404-412, (mit Porträt und Schriftenverz.)

⁵ Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung

⁶ Bearbeitet nach H.R. Bürgi: «Abschied von Heinz Ambühl» in den Mitteilungen der Schweizerischen Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie/SGHL (Dez. 1970)

⁷ VAW: Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH Zürich

⁸ LCH: Laboratoire de constructions hydrauliques an der EPF Lausanne

1998 ∞ Ulmann, P. – The importance of habitat diversity and connectivity for fishes in the Toess River with special emphasis on temporarily isolated pools, **1998** ∞ Zika, U. – Factors affecting settlement and post-settlement processes in littoral marine fishes, focusing on *Aidablennius sphynx*, **1999** ∞ Zollhöfer, J. – Spring biotopes in Northern Switzerland Habitat heterogeneity, zoobenthic communities and colonization dynamics, **1999** ∞ Enz, C. A. – Population dynamics of whitefish (*Coregonus suidteri* Fatio) in artificially oxygenated Lake Hallwil, with special emphasis on larval mortality and sustainable management, **2000** ∞ Jonas, T. – Convective Mixing Processes in Natural Waters, **2001** ∞ Steingruber, S. M. – Nutrient Transformations in a Wetland Pond, **2001** ∞ Bott, M. – Iron sulfides in Baldeggersee during the last 8000 years formation processes, chemical speciation and mineralogical constraints from EXAFS spectroscopy, **2002** ∞ Buesing, N. – Microbial productivity and organic matter flow in a littoral reed stand, **2002** ∞ Fabian, D. – Sedimentation and remobilisation of metals in Baldeggersee: from early diagenesis to paleo-indicators, **2002** ∞ Bouille, R. – La truite commune (*Salmo trutta* L.) dans la region du lac de Neuchâtel; Biologie et perspectives de gestion, **2003** ∞ Markard, J. – Liberalisierung des Elektrizitätsmarktes und ökologische Innovationen, **2003** ∞ Bratrich, C. – Planung, Bewertung und Entscheidungsprozesse im Fließgewässer Management : Kennzeichen erfolgreicher Revitalisierungsprojekte, **2004** ∞ Kobler, B. – Effects of treated wastewater on trout: a case study of a Swiss river, **2004** ∞ Sahan, E. – Interrelations of methanogens and sulfate-reducing bacteria in sediments of through-flow and stratified lakes, **2004** ∞ Fette, M. – Tracer studies of river-groundwater interaction under hydropeaking conditions, **2005** ∞ Teodoru, C. R. – Nutrient retention capacity of the Danube-Black Sea system, **2005** ∞ Dang, C. K. – Rôle fonctionnel de la biodiversité : hyphomycètes aquatiques et décomposition des litières dans les cours d'eau, **2006** ∞ Finger, D. – Effects of hydropower operation and oligotrophication on internal processes in Lake Brienz, **2006** ∞ Matzinger, A. D. – Is anthropogenic nutrient input jeopardizing unique Lake Ohrid? - Mass flux analysis and management consequences, **2006** ∞ Obst, M. – Mechanisms of calcite precipitation by picocyanobacteria, **2006** ∞ Reinhardt, M. – Phosphorus and nitrogen retention in small constructed wetlands treating non-point source pollution, **2006** ∞ Schindler, M. – Effects of litter diversity, leaf quality and water chemistry on litter decomposition in streams, **2006** ∞ Tiegs, S. D. – Landscape-scale controls of litter decomposition in streams, **2006** ∞ Weber, C. – River rehabilitation and fish: The challenge of initiating ecological recovery, **2006** ∞ Brand, A. – The influence of bottom boundary turbulence on sediment solute dynamics, **2007** ∞ Filippini, M. – Structure and Dynamics of Viral Communities in Aquatic Ecosystems, **2007** ∞ Klausner, L. – Distribution of amino sugars in a lacustrine and a marine anoxic environment, **2007** ∞ Märki, M. – Biogeochemical processes in surface sediments of lakes : a microscale approach, **2007** ∞ Diem, T. – Methane dynamics in oxic and anoxic aquatic systems, **2008** ∞ Flury, S. – Carbon fluxes in a freshwater wetland under simulated global change: litter decomposition, microbes and methane emission, **2008** ∞ Hammrich, A. – Effects of warming and nitrogen enrichment on carbon turnover in a littoral wetland, **2008** ∞ Pierotti, M. E. R. – Origin, maintenance and evolutionary consequences of male mating preference variation in East African cichlid fishes, **2008** ∞ van der Sluijs, I. – Divergent mating preferences and nuptial coloration in sibling species of cichlid fish, **2008** ∞ Magalhaes, I. S. – The roles of divergent selection and environmental heterogeneity in speciation of Lake Victoria cichlid fish, **2009** ∞ Pasche, N. – Nutrient cycling and methane production in Lake Kivu, **2009** ∞ Stelkens, R. B. – The role of hybridization in adaptive evolution, **2009** ∞ Vonlanthen, P. – On speciation and its reversal in adaptive radiations. The central European whitefish system, **2009** ∞ Lorrai, C. – Estimating benthic boundary layer oxygen dynamics in lakes, **2010** ∞ Del Sontro, T. S. – Quantifying methane emissions from reservoirs: From basin-scale to discrete analyses with a focus on ebullition dynamics, **2011** ∞ Hudson, A. G. – Population genomics and ecology of parallel adaptive radiations: the Alpine lake whitefish, **2011** ∞ Kunz, M. J. – Effect of large dams in the Zambezi River Basin: Changes in sediment, carbon and nutrient fluxes, **2011** ∞ Schweizer, M. – The evolutionary diversification and biogeography of parrots (Aves: Psittaciformes) : an integrative approach, **2011** ∞ Bonalumi, M. – Effect of pumped-storage operations on temperature, turbidity and sedimentation in reservoirs and possible mitigation measures, **2012** ∞ Carstens, D. – Degradation and transformation of lacustrine organic nitrogen compounds, **2012** ∞ Naeher, S. – Sedimentary lipid biomarkers and trace metals as indicators for past hypoxia and eutrophication, **2012** ∞ Lucek, K. – From invasion to diversification - studying the speciation continuum in stickleback, **2013** ∞ Lundsgaard-Hansen, B. – Ecological drivers and ecosystem consequences of adaptive radiation, **2013** ∞ Person, E. – Impact of hydropeaking on fish and their habitat, **2013** ∞ Sommer, T. – Double diffusion in lake Kivu, **2013** ∞ Kirf, M.K. – Chemical eyes - visualization and interpretation of chemical gradients in stratified water bodies, **2014** ∞ Randlett, M. E. – Lipid biomarkers as paleolimnological indicators in a 600 kyrs sediment record from Lake Van, **2014** ∞ Ross, K. A. – The effect of subaquatic volcanism on the structure of Lake Kivu in the Albertine Rift; East Africa, **2014** ∞ Selz, O. M. – Experimental tests of the role of hybridization in adaptive radiations, **2014** ∞ Weibel, D. – On the importance of longitudinal river connectivity for fishes, **2014** ∞ Birtel, J. – Effects of Environmental Change on Bacterial Diversity in Aquatic Meta-Ecosystems, **2015** ∞ Sollberger, S. C. – Methane emissions from an anthropogenically modified freshwater continuum, **2015** ∞ Torres, N. – Applications of a portable capillary electrophoresis instrument in environmental science, **2015** ∞ Marques, D.A. – Population Genomics of Adaptive Radiation: a Threespine Stickleback Perspective, **2016** ∞ Meier, J. – Hybridization and adaptive radiation: Genomic insights from Lake Victoria cichlid fishes, **2016** ∞ Oswald, K. – Methane oxidation in suboxic and anoxic zones of freshwater lakes, **2016** ∞

NGL
Naturforschende
Gesellschaft Luzern
www.ngl.ch

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

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

www.eawag.ch
info@eawag.ch