

EAWAG Jahresbericht 1999

Report**Author(s):**

EAWAG, Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung Abwasserreinigung und Gewässerschutz

Publication date:

2000

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000298833>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

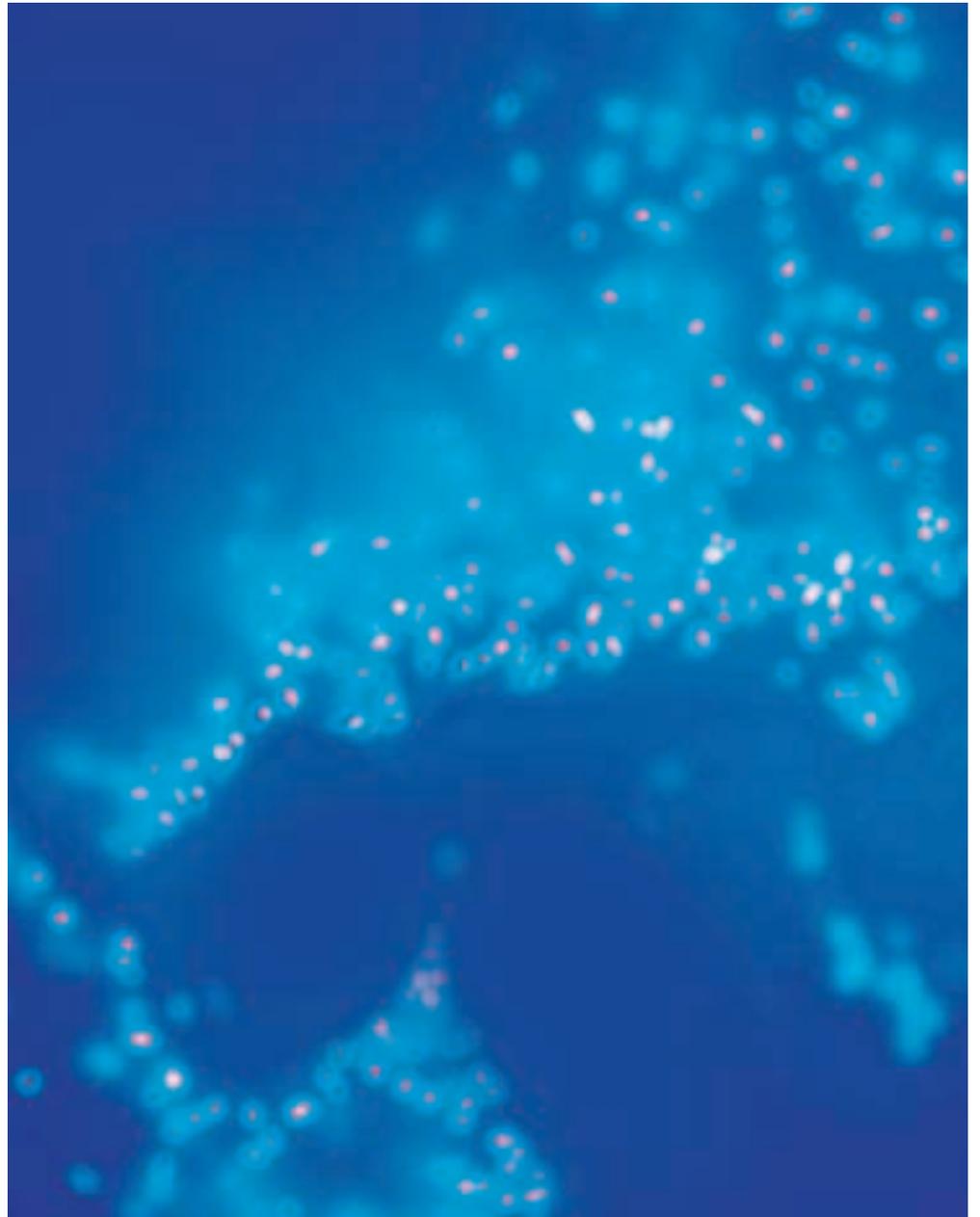
Originally published in:

EAWAG Jahresbericht



EAWAG

Eine Forschungsanstalt
des ETH-Bereichs



Jahresbericht 1999

**EAWAG – Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung,
Abwasserreinigung und Gewässerschutz**

Einleitung	1
Werner Stumm 1924–1999	3
Zum Hinschied von Rudolf Braun	7
Quo vadis EAWAG?	9
LEITARTIKEL	
Die Revitalisierung von Fließgewässern – ein neuer Fokus der EAWAG	11
KURZBEITRÄGE AUS DEN TÄTIGKEITSBEREICHEN DER EAWAG	
Umweltechnologie	18
Verhalten von Stoffen in der Umwelt	26
Ökosystemforschung	38
Umwelt und Gesellschaft	54
EAWAG - INTERN	
Organigramm	60
Beratende Kommission 1999	62
Umweltschutz an der EAWAG	63
Labor- und Feldmessgeräte im Wandel der Zeit	65
Engagement der EAWAG im Donauraum und in Südosteuropa	66
Wenn sich Primärproduzenten gegenseitig befruchten	68
Aus dem Personal	69
Personalbestand	71
Finanzen	72
A N H A N G	
Kurse und Fachtagungen der EAWAG	77
Lehrveranstaltungen	78
Wissenschaftliche Publikationen	80
Tätigkeit in Kommissionen, Arbeitsgruppen etc.	90
Diplomarbeiten, Dissertationen und Habilitationen	93

Impressum

Herausgeberin

Vertrieb und © by EAWAG, CH-8600 Dübendorf
Abdruck mit Quellenangabe und Belegexemplar
erwünscht.

Redaktion

Rudolf Koblet, Jürg Beer, Silke Meyns, Gerda Thieme

Grafische Darstellungen

Yvonne Lehnhard, Lydia Zweifel

Gestaltung

Dani Schneider, Zürich

Layout

Peter Nadler, Küsnacht

Druck

Meier + Cie. AG, Schaffhausen

Kontaktadresse

EAWAG
Presse und Information
Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf
Tel. 01-823 55 11
Fax 01-823 53 98

WWW-Adresse

<http://www.eawag.ch>

E-Mail-Adresse

rudolf.koblet@eawag.ch

Legende zum Titelbild

Das Titelbild erinnert an einen Blick in die Unendlichkeit des nächtlichen Sternenhimmels. In Wahrheit zeigt es aber etwas sehr Kleines, nämlich eine Aufnahme des Fluoreszenzlichts von Naphthalin-Biosensorbakterien. Das Bild zeigt die einzelnen Zellen als helle rötliche Punkte, die in Anwesenheit von Naphthalin-Kristallen (dunkle blaue Schatten) zu leuchten anfangen. Grösse der Zellen etwa 1 Mikrometer.
(Foto: Jan Roelof van der Meer, EAWAG)



(Foto: Theresa Büssler, EAWAG)

Einleitung

Liebe Leserinnen, liebe Leser

Die EAWAG soll ein starkes, unverwechselbares Profil auf dem Gebiet des Wassers erhalten, ein von einem Hochschulinstitut klar unterscheidbares Erscheinungsbild anvisieren, Gleichwertigkeit der problemorientierten mit der disziplinierten Forschung auf internationalem Spitzenniveau anstreben, ihre Arbeit und Planung verstärkt an den Bedürfnissen der Kunden sowohl national als auch international orientieren, sich dynamisch neuen Herausforderungen stellen und ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern entwicklungsfähige und persönliche Erfüllung bietende Arbeitsplätze in einem guten Arbeitsklima bereitstellen.

Dies waren die wichtigsten Ziele der Reorganisation, die im Jahre 1999 abgeschlossen wurde. Die Reorganisation hat viel Bereitschaft für Veränderungen von jeder Mitarbeiterin, jedem Mitarbeiter der EAWAG verlangt. Trotz vieler schwieriger Fragen, Ungewissheiten und Diskussionen haben sich die Mitarbeitenden mit aller Kraft der erfolgreichen Realisierung der Umorientierung gewidmet. Alle Forschungsthemen sind einer kritischen Analyse

unterzogen und in der Form von Leistungsvereinbarungen festgelegt worden. Ein neuer, prozessorientierter Aufbau hat die Abteilungsstruktur ersetzt. Die Direktion ist von drei auf sieben Mitglieder erweitert worden, um die verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen in diesem Gremium breiter abzustützen.

Eine abgeschlossene Reorientierung und Reorganisation ist die erste Hürde, sie verspricht noch keinen Erfolg. Dieser muss in den kommenden Jahren erarbeitet werden, die neue EAWAG muss sich erst bewähren. Ich bin zuversichtlich, dass wir die anvisierten Ziele erreichen. Der Weg dorthin verlangt aber von uns allen, von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ebenso wie von den Prozessleitern und der Direktion, ein teilweises Umdenken und ein Sichöffnen für eine breitere Sicht der Natur und unserer Umwelt. Mehr Details zur Reorganisation finden Sie, liebe Leserinnen und Leser, auf Seite 9.

Die EAWAG hat im Jahre 1999 zwei ihrer wichtigsten Exponenten verloren. Am 14. April ist Professor Werner Stumm gestorben, viel zu früh für uns alle. Er blieb auch nach seiner Pensionierung als Direktor eine Quelle der Inspiration. Er hat mir vor acht Jahren ein ausgezeichnetes Institut hinterlassen. Als neuer Direktor ein solches Institut leiten zu dürfen, war und ist auch heute noch eine Freude und eine grosse Herausforderung. Am 29. Januar

ist Professor Rudolf Braun nach langer Krankheit gestorben. Er baute an der EAWAG ab 1955 die Abteilung für die Bewirtschaftung fester Abfallstoffe auf und leitete sie während 28 Jahren. Er setzte sich in dieser langen Zeit für eine umweltgerechte Abfallwirtschaft ein und entwickelte massgebende wissenschaftlich fundierte und praktisch realisierbare Konzepte. Damit hat er die Abfallwirtschaft nachhaltig geprägt. Vieles, auf das wir heute stolz sind, haben Professor Stumm und auch Professor Braun initiiert. Wir alle haben ihnen sehr viel zu verdanken und werden ihnen ein ehrendes Andenken bewahren. Ausführliche Nachrufe finden sich ab Seite 3.

In diesen etwas turbulenten Zeiten der Neuorientierung und Verselbständigung nicht nur an der EAWAG, sondern auch im ETH-Bereich konnten wir immer auf die tatkräftige und wohlwollende Unterstützung des ETH-Rates zählen. Insbesondere sein Präsident, Professor Francis Waldvogel, und sein Vizepräsident und Delegierter, Dr. Stephan Bieri, haben uns in unseren Bestrebungen, eine wissenschaftliche Führungsrolle sowohl national wie international zu übernehmen, immer wieder bestärkt und gefördert.

Die Beratende Kommission hat sich intensiv, kritisch und mit viel Engagement mit unserer Arbeit auseinander gesetzt. Sie ist uns jederzeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden. Die Mitglieder waren bereit, auch ausserhalb der Sitzungstermine über Fragen unserer zukünftigen Tätigkeit mitzudenken und mitzuarbeiten. Ihnen allen sei herzlich gedankt.

Meinen beiden Kollegen Hannes Wasmer und Ueli Bundi danke ich sehr für die gute Zusammenarbeit bei der Wahrnehmung der Direktionsaufgaben. Ihr steter Einsatz in dieser doch hektischen Phase half, eine effiziente Leitung der EAWAG aufrechtzuerhalten. Mein Dank richtet sich auch an die Leiterinnen und Leiter der Forschungs- und Fachbereiche. Sie haben unter erschwerten Umständen 1999 Enormes geleistet.

Besonders danken möchte ich auch der Personalvertretung für die gute und kritische Zusammenarbeit sowie dem Vorstand und den Angestellten der Interessengemeinschaft Personalrestaurant für die tadellose und flexible Führung der Cafeteria und die freundliche Erledigung so vieler Spezialwünsche.

Schliesslich möchte ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der EAWAG für ihren überaus effektiven Einsatz und die für die EAWAG erbrachten Leistungen der vergangenen Jahre bedanken. Viele von ihnen haben die Diskussion um die Neuorientierung der EAWAG massgeblich mitgeprägt und damit wichtige Beiträge für die Institution als Ganzes geleistet. Ihre Arbeit, ihre Hin-

gabe und ihre Begeisterung haben das positive Bild der EAWAG in der Öffentlichkeit noch verstärkt und dazu beigetragen, dass die EAWAG ihren international anerkannten Spitzenplatz zu halten und weiter auszubauen vermochte.

Die Redaktion des vorliegenden Jahresberichtes besorgten Dr. Rudolf Koblet, Dr. Silke Meyns, Dr. Jürg Beer und Gerda Thieme. Die grafischen Darstellungen wurden von Yvonne Lehnhard und Lydia Zweifel angefertigt.



März 2000 Alexander J.B. Zehnder

Werner Stumm 1924–1999

Am 14. April 1999 ist Werner Stumm, von 1970 bis 1992 Professor für Gewässerschutz an der ETH Zürich und Direktor der EAWAG, im Alter von 74 Jahren gestorben. Als Direktor hat er die EAWAG zu einer international anerkannten wissenschaftlichen Institution ausgebaut. Werner Stumm war der Begründer der aquatischen Chemie, welche die chemischen Vorgänge in natürlichen Gewässern erforscht. Er hat mit grossem Engagement Generationen von Studierenden für sein Fach begeistert.

Neben dem folgenden kurzen Rückblick auf sein wissenschaftliches Leben beleuchten einige persönliche Erinnerungen verschiedene Facetten von Werner Stumm.

Zwischen Wassertechnologie und Geochemie

Laura Sigg, Bernhard Wehrli

Nach seinem Chemiestudium an der Universität Zürich war Werner Stumm bei einer ersten Anstellung an der EAWAG mit Gewässerschutzfragen konfrontiert worden. Dabei realisierte er rasch, dass grundlegende chemische Prozesse erforscht werden müssen, um Gewässerschutz und Wassertechnologie rationell gestalten zu können. Er begann dann seine wissenschaftliche Karriere an der Harvard University in den USA, wo er zuerst als Postdoktorand und bald als Professor von 1956 bis 1970 die theoretischen Grundlagen der Lösungs- und Koordinationschemie auf Vorgänge in natürlichen Gewässern und in der Wassertechnologie anwendete. Dabei erwies sich der intensive Gedankenaustausch zwischen seiner Gruppe – den «Wassertechnologen» – und den Erdwissenschaftlern, welche damals die physikalische Chemie «entdeckten», als sehr fruchtbar. Während seiner Tätigkeit an der Universität Harvard verfasste Werner Stumm zusammen mit James J. Morgan die erste Ausgabe des klassischen Lehrbuchs «Aquatic Chemistry». Dieses Buch, das in mehrere verschiedene Sprachen übersetzt wurde und 1996 in dritter Auflage erschien, hat die Entwicklung der Wasser- und Umweltchemie massgebend geprägt.

Grenzflächenchemie

Nach seiner Berufung zum Direktor der EAWAG und Professor an der ETH Zürich 1970 führte Werner Stumm seine Forschungstätigkeit weiter. Er fühlte sich auch als EAWAG-Direktor in erster Linie als Wissenschaftler und hat diese Priorität auch in der Institution verankert. Seine eigene Forschung beruhte auf dem Grundgedanken, dass das Verständnis der chemischen Prozesse auf der



Werner Stumm bei einer Feier zu seinem 65. Geburtstag im Jahre 1989. (Foto: Diana Hornung)

molekularen Ebene von entscheidender Bedeutung ist, um die globalen geochemischen Kreisläufe und ihre Störungen durch anthropogene Einflüsse zu erfassen. So widmete sich Werner Stumm zusammen mit einer aktiven Doktorandengruppe der Erforschung der Vorgänge an der Grenzfläche zwischen fester Phase und wässriger Lösung sowie den vielfältigen Anwendungen dieser Reaktionen auf die Verwitterung und Bildung von Mineralien in den natürlichen Gewässern oder auf die Koagulation von Schwebstoffen in der Wassertechnologie. Seine Arbeiten, insbesondere die Entwicklung eines Modells der Oberflächenkomplexbildung, haben Grundlagen zum Verständnis der Auflösungsreaktionen von Oxiden und der Katalyse von Redoxreaktionen an Oberflächen geliefert und waren für die weitere Entwicklung dieses Gebiets wegweisend. Für seine wissenschaftlichen Arbeiten wurden Werner Stumm zahlreiche Ehrungen und Auszeichnungen verliehen, so erhielt er 1998 die Goldschmidt-Medaille der Geochemical Society für seine gesamte wissenschaftliche Karriere. Im Oktober 1998 wurde er durch eine Sondernummer der Zeitschrift Environmental Science and Technology geehrt. Wenige Wochen vor seinem Tod erhielt er den 1999 Stockholm Water Prize zusammen mit seinem langjährigen Kollegen James J. Morgan.

Engagement für Lehre und Weiterbildung

Werner Stumm verstand es, seine Begeisterung für sein Forschungsgebiet an junge Leute weiterzugeben, sei es an die Doktoranden und Doktorandinnen in seiner Forschungsgruppe oder an die Studierenden im Rahmen seiner Vorlesungen an der ETH. Viele seiner ehemaligen Schüler, Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen sowohl in der

Schweiz wie in den USA sind heute auf den Gebieten der Wasser- und Umweltchemie sowie des Gewässer- und Umweltschutzes an Hochschulen, in Ämtern und Ingenieurbüros tätig. Der Nachdiplomstudiengang «Siedlungswasserwirtschaft und Gewässerschutz» war während fast zwei Jahrzehnten ein wichtiges Medium, um die EAWAG-Forschung für die Praxis nutzbar zu machen. Werner Stumm hat auch wichtige Impulse für den Aufbau des Studiengangs Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich vermittelt.

Umweltforschung für den Gewässerschutz

In Bezug auf Umweltprobleme betonte Werner Stumm stets die Notwendigkeit solider naturwissenschaftlicher Grundlagen und multidisziplinärer Zusammenarbeit. Schon früh hat er deshalb disziplinübergreifende Projekte z.B. zu den Wechselwirkungen zwischen Wasser, Boden und Luft initiiert. Er förderte an der EAWAG die Entwicklung verschiedener Disziplinen zu einem hohen wissenschaftlichen Niveau, wobei ihm der Aufbau einer umfassenden Wasser- und Umweltchemie besonders nahe lag. Über die lokalen und momentanen Fragen hinaus wies er auf die Bedeutung der langfristigen und globalen Umweltprobleme hin und trat für die Ursachenbekämpfung ein. So hat er sich mit Nachdruck für das Phosphatverbot in Textilwaschmitteln eingesetzt, welches in der Schweiz seit 1986 in Kraft ist. Unter seiner Leitung engagierte sich die EAWAG für ganzheitliche, wissenschaftlich fundierte Konzepte des Gewässer- und Umweltschutzes in der Schweiz.

Durch seine ausserordentliche Schaffenskraft, seine äusserst vielfältigen Kenntnisse, seine Weitsicht und Grosszügigkeit hat Werner Stumm zwei Generationen von Umweltwissenschaftlern und -wissenschaftlerinnen und damit die Umweltwissenschaften international nachhaltig geprägt. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der EAWAG werden seine starke Persönlichkeit und sein Wirken in lebendiger Erinnerung behalten.

Persönliche Erinnerungen

Das Labor des armen Mannes

Bernhard Wehrli

Die Forschung von Werner Stumm fand in den siebziger und achtziger Jahren hauptsächlich in seiner Doktorandengruppe an der EAWAG statt. Neben seinen vielfältigen Aktivitäten als Direktor der EAWAG war es eine seiner Lieblingsbeschäftigungen, sich mit seiner Bande von etwa fünf bis acht Doktorierenden auseinander zu setzen. Obwohl er zeitlich meistens unter Druck stand, war er fast immer für einen Rat oder eine Besprechung mit den Doktorandinnen und Doktoranden verfügbar.

Unser Labor war recht einfach ausgestattet – wir hatten ein paar Motorbüretten und pH-Meter. Bei aufwändigeren Messungen arbeiteten wir mit anderen Wissenschaftlern inner- und ausserhalb der EAWAG zusammen. Im Sommer kam regelmässig die Zeit der wissenschaftlichen Gäste aus Übersee. Werner hat seine Gäste aus den USA immer sehr stolz im Haus herumgeführt und ist dann regelmässig auch im Studentenlabor vorbeigekommen. Dort hat er dann seinen Standardwitz erzählt: «Sehen Sie, das ist ein ›poor man's lab‹ – keine teuren Geräte, dafür eine Menge heller Köpfe.»

Obwohl wir dieses Bonmot nach dem zehnten Mal kaum mehr hören konnten, gab uns Werner trotzdem das Gefühl, dass Forschung von Menschen getragen wird. Er hat uns immer ermuntert, auch ausgefallene Experimente zu versuchen. Die Suche nach *dem* entscheidenden Experiment war ein wichtiger Motor für die Zusammenarbeit und Kreativität in der Gruppe. Dabei hatten wir eine persönliche Garantie, dass risikoreiche Dissertationsprojekte fehlschlagen können, ohne den Verlust seiner Unterstützung zu riskieren. Ich werde diese Jahre im Labor des «armen Mannes» nie vergessen.

Werner Stumm aus der Sicht einer wissenschaftlichen Mitarbeiterin

Barbara Sulzberger

Als ich 1986 als promovierte Chemikerin meine Stelle an der EAWAG antrat, etwas unsicher, ob ich denn an dieser berühmten Institution genügen würde, half mir Werner Stumm als begnadeter Lehrer und Förderer vor allem auch von Wissenschaftlerinnen, meinen Weg zu finden. Als Lehrer – wie er sich selbst nannte – erlebte ich Werner Stumm erstmals 1985 anlässlich eines ein-



**Werner Stumm bei einer Felduntersuchung am Lago Cristallina im Tessin, zusammen mit Jerry Schnoor im Sommer 1982.
(Foto: EAWAG)**

wöchigen Weiterbildungskurses für DoktorandInnen der welschen Universitäten. Ich war gleich hingerissen von seiner Kunst, die grossen Zusammenhänge zu vermitteln, Brücken zu schlagen, dabei aber das Verständnis der chemischen Prozesse auf molekularer Ebene nicht aus den Augen zu verlieren.

Nach meinem Stellenantritt an der EAWAG lernte ich Werner Stumm auch als leidenschaftlichen Wissenschaftler mit einer ungeheuren Schaffenskraft kennen, dem der deduktive Ansatz wichtig war. Bei allen wissenschaftlichen Untersuchungen ging er von Fragen, Hypothesen, Modellen aus, gemäss Novalis' Ausspruch «Hypothesen sind Netze, nur der wird fangen, der auswirft». Manchmal war Werner Stumms deduktiver wissenschaftlicher Ansatz derart ausgeprägt, dass er eher seinen Modellen als Ergebnissen aus Laborexperimenten Glauben schenkte. Was den induktiven wissenschaftlichen Ansatz betraf, so sagte Werner Stumm, er sei kein Schmetterlingsammler und könne bei all seiner Liebe zu naturbelassenen Ökosystemen kaum eine Tulpe von einer Rose unterscheiden.

Kürzlich fragte mich jemand, ob ich leidenschaftliche Personen kenne und ob diese pflegeleicht seien. Meine spontane Antwort in Gedanken an Werner Stumm war ja, ich kenne solche Menschen, die seien aber keineswegs pflegeleicht und hätten entsprechend auch ein schwieriges Leben. Dies hat Werner Stumm als Direktor der EAWAG wohl immer wieder erfahren, als ihm aus verschiedenen Richtungen starker Wind ins Gesicht blies. Trotzdem liess er sich nicht von seinem Kurs abbringen, die EAWAG zu einer international anerkannten Institution auf dem Gebiet der Umweltwissenschaften und Umwelttechnologien zu entwickeln und sie als solche zu erhalten.

Meine Begeisterung für die Wissenschaft und meine wissenschaftliche Karriere verdanke ich zum grossen Teil Werner Stumm. Ich vermisse ihn sehr.

Werner Stumm als Alleinunterhalter

Sonja Rex

Als Mensch, der in jungen Jahren über eine Schriftstellerkarriere nachgedacht hatte, denn immerhin hatte er mit Friedrich Dürrenmatt ein pfarrherrliches Elternhaus gemeinsam, liebte es Werner Stumm, Aussagen auf den Punkt zu bringen. So bezeichnete er sich gerne als gastronomen Monoton, und wie zur Veranschaulichung der eingängigen Formulierung hielt er sich an seine stets gleichen Steak-Mahlzeiten.

Als Sekretärin brauchte ich mich nur an seinen Znüni- oder Mittagstisch zu setzen, um seine Einschätzung der



Werner Stumm erklärt am 50-Jahr-Jubiläum der EAWAG die chemischen und biologischen Vorgänge in einem Sedimentkern (1986). (Foto: Diana Hornung)

laufenden oder kommenden Geschäfte zu kennen. Er beherrschte diese Mittagsrunden meist als Alleinunterhalter und brachte es mühelos fertig, bekannte Vorgaben so amüsant und geistreich zu verfremden, bis nicht einmal mehr ich an einen wahren Kern glauben konnte. Damit war ich immerhin auf dem Verwirrungsstand seiner WissenschaftlerInnen.

Einmal fragte ich ihn nach seinem Vortragskonzept. Bereitwillig erklärte er mir seine Doppelstrategie: Er entwickle jeweils den Fortgang des Themas und behalte gleichzeitig seine vorgefassten Formulierungen im Auge, um sie im entscheidenden Moment einzusetzen. Diese Leidenschaft für Pointen erklärt vielleicht seinen schweifenden Blick in den Saalhintergrund, der so manchen erstmaligen Zuhörer dazu brachte, sich verwundert umzuschauen.

Frauenförderung war Werner Stumm ein echtes Anliegen – und Männerbündelei ein Graus. Uns Sekretärinnen, zeitweise waren wir zu viert im Büro, schenkte er oftmals Belletristik oder Sachbücher von und über Frauen zu Weihnachten. Natürlich wusste er über den Inhalt schon bestens Bescheid, denn er hatte, wie gewohnt, die Bücher ein paar Minuten in den Händen gehalten, darin geblättert und sich ein Urteil gebildet.

Dem vulkanartigen Temperament von Werner Stumm konnte ich mich nur durch anstandsvolle Zurückhaltung,

«Coolness» entziehen; es war meine Überlebensstrategie. Alle paar Wochen brachte er kofferweise Unterlagen von zu Hause mit, die er während seiner schlaflosen Nächte studiert hatte. Selbstverständlich tauchte da auch das ehemals lange gesuchte Dokument auf, über dessen Verschwinden im Sekretariat er sich erzürnt hatte. Mehr als einmal waren auch angenagte Schriftstücke dabei, an deren Zustand sein Hund schuld war. Als wieder einmal ein wichtiges Dokument fehlte, fragte ihn eine sonst schüchterne Sekretärin, ob er vielleicht schon unterm Bett nachgeschaut habe. Diese fast dreiste Bemerkung konnte ihn im Moment nicht beschwichtigen, doch fand sie, wohl wegen ihrer Treffsicherheit, schliesslich Aufnahme in sein Geschichten-Repertoire.

Und wenn sie nicht wahr ist, hat Herr Stumm auch diese Anekdote erfunden.

Abschiedsbrief an meinen Chef

Lilo Schwarz

Lieber Herr Stumm, leider haben Sie diese Welt viel zu früh verlassen. Doch nachdem Sie von der tückischen Krankheit immer mehr behindert worden sind, haben Sie sich vielleicht gar nicht so ungern von dieser Erde verabschiedet, denn ohne Ihre Wissenschaft waren Sie nur ein halber Mensch. Ich hoffe, dass Sie dort oben einige gleich gesinnte Kollegen angetroffen haben, mit denen Sie nun weiter fachsimpeln und die aquatische Welt von oben kritisch begutachten können. Eventuell sind Sie noch auf Visite bei all den Herren, denen Sie einen Preis oder eine Ehrung zu verdanken haben. Da wäre einmal Albert Einstein (World Award of Science), Simon Freese (Award ASCE), John Tyler (Prize for Environmental Achievement) etc. Oder sind Sie bereits von Petrus engagiert worden als Fachmann für Nebeltröpfchen und Wolkenfetzchen?

Aber verlassen wir die Wissenschaft. Ich möchte mich nochmals bei Ihnen bedanken für die angenehme und unvergessliche Zeit, die ich mit Ihnen beruflich verbringen durfte. Dreizehn Jahre habe ich für Sie gearbeitet, davon sechs als Mitarbeiterin im Direktionssekretariat und die letzten sieben Jahre als «girl friday», wie Sie mich einmal liebevoll bezeichnet haben. Speziell während der Jahre nach der Pensionierung habe ich Sie auch als «Privatmann» noch besser kennen lernen dürfen. Obschon Sie noch sehr produktiv waren (u.a. entstand zu dieser Zeit die 3. Auflage von «Aquatic Chemistry»), blieb doch immer mal wieder Zeit für einen privaten Schwatz: Ich «kannte» Ihre Kinder und Enkel, ich weiss nun endlich den Unterschied zwischen Titular-, Honorar- und anderen Professoren, Sie haben mir auch geduldig erklärt, warum im Engadin ein Fluss milchweiss ist und wie «schwarzes»

Eis entsteht. Ich habe auch nie vergessen, dass Sie mir aus Amerika einen Blumenstrauss haben schicken lassen, als ich einer Operation wegen im Spital gelegen habe. Sie haben auch zweimal die Woche angerufen, um sich nach meinem Befinden zu erkundigen. Ich habe einiges erfahren über das Leben in Amerika. So gäbe es noch einige «Müsterchen» zu erzählen, doch ich sage nur noch einmal: danke vielmals für Ihren Humor, Ihre Grosszügigkeit, Ihre Menschlichkeit, Ihr Vertrauen und dafür, dass Sie da waren – ich vermisse Sie!

Zum Hinschied von Rudolf Braun

Hans Wasmer, Ueli Bundi; Walter Obrist (Niederhasli)

Professor Dr. Rudolf Braun, der Doyen und Altmeister der Schweizer Abfallwirtschaft, ist kurz nach seinem 79. Geburtstag von seinem jahrelangen Leiden erlöst worden. Seine Bekannten, Freunde und Schüler, und nicht zuletzt auch der Umweltschutz, haben eine hervorragende Persönlichkeit verloren. Während seines ganzen Berufslebens hat Rudolf Braun seine Arbeitskraft für die Belange des Umweltschutzes eingesetzt.

Rudolf Braun wurde am 24. Januar 1920 in Lenzburg geboren, wo er auch seine Jugendjahre verbrachte. Er besuchte die Kantonsschule in Aarau, die er im Herbst 1939 mit der Maturität abschloss. Nach dem Studium der Naturwissenschaften an der ETH Zürich konnten seine Hochschullehrer, die Professoren Gäumann und Jaag, Rudolf Braun für die Hydrobiologie begeistern.

Als 26-Jähriger erhielt Rudolf Braun ein Stipendium der Universität São Paulo, um im Hinblick auf die Besiedlung Brasiliens die Wasser-Ressourcen des Amazonas zu erforschen. Er ergriff diese Möglichkeit, obwohl ein solches Unternehmen damals mit etlichen Risiken verbunden war und ein grosses Abenteuer bedeutete.

Die Forschungsergebnisse dieser Reise von 1946 bis 1948 wertete er in seiner Dissertation «Limnologische Untersuchungen an einigen Seen im Amazonasgebiet» aus, für die er die silberne Medaille der ETH erhielt. Daneben hat er auch viel beachtete Filme über die Menschen des Amazonasgebietes gedreht, die er später gerne privat und in vielen Vorträgen zeigte. Auch ein Jugendbuch mit dem Titel «Rio Mar» erinnert an seine Amazonasreise.

In den Jahren 1951/52 folgten ausgedehnte botanisch-hydrobiologische Studienreisen nach Afrika (Sahara, Nigeria, Tschad, Kamerun). Diese Expeditionen haben nicht nur Rudolf Brauns Wissen erweitert, sie haben insbesondere auch seinen Weitblick und sein Verständnis für grosse Zusammenhänge geprägt.

1952 erfolgte der Ruf zum Leiter des «Instituts für qualitative Wasserwirtschaft und Hydrobiologie» an der Technischen Hochschule Karlsruhe. Die angebotene Professur lehnte Rudolf Braun jedoch ab.

Er kehrte 1954 in seinen Heimatkanton zurück, um als Gewässerbiologe des Kantons Aargau in Aarau eine der



ersten kantonalen Gewässerschutz-Fachstellen aufzubauen. Schäumende Fließgewässer, Fischsterben und stinkende Müllkippen an den Dorfrändern waren damals sichtbare Zeichen der Mängel im Umweltschutz.

1955 holte Professor Jaag Rudolf Braun an die EAWAG und übertrug ihm die Aufgabe, an der EAWAG den Bereich «Müllforschung» aufzubauen, aus dem später die Abteilung für die «Bewirtschaftung fester Abfallstoffe» hervorging. Er leitete sie während 28 Jahren. Hier engagierte er sich als Forscher, Lehrer und Berater.

An der Eidg. Technischen Hochschule Zürich wurde Rudolf Braun 1970 zum ausserordentlichen und 1973 zum ordentlichen Professor für Abfallbewirtschaftung gewählt. In dieser Zeit war er auch mehrere Jahre Vorsteher des Instituts für Gewässerschutz und Wassertechnologie.

Bis zu seiner Pensionierung im Jahre 1987 hat Rudolf Braun seine ganze Kraft für diese Aufgaben eingesetzt. Sein Wirken war äusserst vielfältig: In der Forschung wurde neues Wissen erarbeitet und in technischen Problemlösungen praktisch angewandt. Rudolf Braun war jedoch nicht der Mann, der die wachsende Müll-Lawine nur mit technischen Mitteln aus der Welt schaffen wollte. Er war ein Vorreiter der Abfallvermeidung und des Recyclings; «Abfälle sind Rohstoffe am falschen Ort» – dieser Satz stammt von Rudolf Braun und wurde viel zitiert.

Rudolf Braun war ein gesuchter Experte im In- und Ausland. Er förderte die internationale Zusammenarbeit und sein gewinnendes und menschliches Wesen erleichterte ihm den Kontakt zu den Entscheidungsträgern auf allen Stufen.

Von 1970 bis 1985 war Rudolf Braun Präsident der Schweizerischen Vereinigung für Gewässerschutz und Lufthygiene (VGL). Vielfältige Aktivitäten prägten diese Zeit. Es entstanden beispielsweise die Filme «Abfall – Schattenseite des Überflusses», der Kurzfilm «Nur so weiter» zum selben Thema und «Luft zum Leben». Dazu kam 1981 die Lehrdokumentation «Wasser». Das waren alles sehr aufwändige und erfolgreiche Werke. Im Gewässerschutz und in der Abfallwirtschaft wurden sowohl in der Gesetzgebung als auch in Praxis und Vollzug neue, umfassende Ansätze gefördert.

Seit 1955 war Rudolf Braun Wissenschaftlicher Sekretär der «Internationalen Arbeitsgemeinschaft für Müllforschung» (heute «International Solid Waste Association»). In dieser Funktion förderte er die internationale Zusammenarbeit zwischen den nationalen Verbänden. Er war auch massgebend beteiligt an der Organisation des Internationalen Kongresses für Städtereinigung in Wien 1964 und des Kongresses der Internationalen Arbeitsgemeinschaft für Müllforschung (IAM) in Basel 1969.

Rudolf Braun war Mitglied der Eidg. Kommission für Abfallwirtschaft und wurde 1972 Präsident der Föderation Europäischer Gewässerschutz (FEG). Die deutsche Bundesregierung berief ihn als ersten Ausländer in den hochdotierten Rat der Sachverständigen für Umweltfragen. In dieser Funktion hatte Rudolf Braun auch grossen Einfluss auf die heutige EU-Gesetzgebung im Bereich der Ressourcen-Bewirtschaftung.

Rudolf Braun setzte sich für eine umweltgerechte Abfallwirtschaft ein. Er suchte Lösungen, die auf dem natürlichen Kreislauf der Elemente aufbauen, und erkannte schon früh die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten für Abfall. Wir verdanken ihm gut ausgebildete Fachleute, Konzepte der Abfallwirtschaft, Systeme und Techniken zur Abfallbehandlung, aber auch gesetzliche Grundlagen und Wertprägungen, welche einen massgeblichen Einfluss auf die Umweltentwicklung ausübten.

Dank gesundem Pragmatismus konnte er auch in Zeiten dogmatischer Diskussionen immer seine Linie halten, nämlich wissenschaftlich fundierte und praktisch realisierbare Konzepte zu entwickeln. Damit hat er die Abfallwirtschaft nachhaltig geprägt. Die EAWAG, die ETHZ und die Öffentlichkeit schulden Rudolf Braun Dank und Wertschätzung für seinen Einsatz zu Gunsten einer intakten Umwelt.

Das vollgerüttelte Mass an fachlichen Aktivitäten hielt aber Rudolf Braun nicht davon ab, sich auch für Belange ausserhalb seines Fachgebietes, insbesondere für kulturelle und musische Themen zu interessieren. Auch konnte er seine menschlichen Qualitäten zur Entfaltung bringen. Er war ein grosszügiger Vorgesetzter und einfühlbarer Kollege zugleich. Er forderte seine Mitarbeiter oft auf, den Kropf zu leeren; dabei gelang es ihm vorzüglich, allfällige Wogen zu glätten und ein angenehmes Arbeitsklima zu schaffen. Manchen Widerwärtigkeiten zum Trotz hat Rudolf Braun sein menschliches und kameradschaftliches Wesen all denjenigen offenbart, die es mitfühlen und schätzen wollten. Dies wird neben seinen Leistungen für die Umwelt in unserer Erinnerung für immer Bestand haben.



(Foto: David Arscott, EAWAG)

Quo vadis EAWAG?

Silke Meyns

Im vergangenen Jahr wurde die EAWAG umfassend reorganisiert. Grundlage für die Reorganisation bildet die EAWAG-Mission, die den klaren Willen der EAWAG festhält, sich engagiert für einen nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser einzusetzen.

EAWAG-Mission

- Wasser ist ein Schlüsselfaktor für Entwicklung und Wohlstand, ausschlaggebend für die Natur, die Produktion von Nahrungsmitteln, die Gesundheit und die Wirtschaft. Es ist durch nichts ersetzbar und muss bewusst und nachhaltig bewirtschaftet werden.
- Die EAWAG sorgt dafür, dass Konzepte und Technologien für das Nutzen von Wasser kontinuierlich verbessert werden; ökologische, wirtschaftliche und soziale Interessen am Wasser in Einklang gebracht werden.
- Die EAWAG betreibt Spitzenforschung und verbindet diese mit praktischen Lösungen. Sie fördert das Umdenken hin zu einem nachhaltigen Umgang mit dem

Wasser und leistet wichtige Beiträge zur Wasserpolitik in Europa, Drittweit- und Schwellenländern.

- Die EAWAG versteht sich somit als Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Praxis und Gesellschaft. Sie übt eine weltweit anerkannte wissenschaftliche Führungsrolle für das Wasser aus.

Umsetzung

Um diese Grundsätze umzusetzen, muss die EAWAG flexibel und rasch auf neue Herausforderungen eingehen können. Die EAWAG will dabei nicht nur auf Umweltprobleme reagieren, sondern aktiv die künftigen Problemfelder bearbeiten. Konkret heisst das:

- Die EAWAG wird sich wieder verstärkt auf ihre Kernkompetenz «Wasser» konzentrieren.
- Der Praxisbezug der Forschung wird substantiell gestärkt mit der Einrichtung von neuen problemorientierten Forschungsprozessen (z.B. Wasser und Landwirtschaft oder Angewandte Gewässerökologie). Diese sollen für die Umsetzung des Wissens und konkrete Problemlösungen besorgt sein.
- Die Kompetenz der EAWAG beruht weiterhin auf international anerkannter Spitzenforschung, sowohl im problemorientierten als auch im grundlagenorientierten Bereich.

- Die EAWAG wird sich verstärkt als Anbieter von interdisziplinären Problemlösungen im nationalen und internationalen Umfeld positionieren und profilieren.
- Die Einrichtung einer Stelle für den Wissenstransfer fördert die Partnerschaft mit Wirtschaft, Behörden und Nichtregierungs-Organisationen.
- Das Weiterbildungsangebot wird konsequent auf die Bedürfnisse der Praxis ausgerichtet.

Insgesamt will die EAWAG ihre Rolle als Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis verstärkt wahrnehmen und den gesellschaftlichen Nutzen ihrer Tätigkeit verbessern.

Die neue Struktur (s. hierzu Organigramm S. 60)

Die Direktion setzt sich neu aus sieben Mitgliedern zusammen:

Alexander J.B. Zehnder (Direktor), Ueli Bundi (Stellvertretender Direktor), Willi Gujer, Roland Schertenleib, René Schwarzenbach, James V. Ward, Hans Wasmer.

Im Rahmen dieses erweiterten Direktionsgremiums übernehmen die an der EAWAG angesiedelten ETH-Professoren mehr Gesamtverantwortung für das Forschungsmanagement. Ausserdem wird die Fachkompetenz innerhalb der Direktion breiter abgestützt.

Organisatorisch gliedert sich die EAWAG neu in 14 Forschungsprozesse, die untereinander eng vernetzt sind:

- Wasserressourcen und Trinkwasser (Urs von Gunten)
- Oberflächengewässer (Bernhard Wehrli)
- Aquatische Umweltanalytik (Marc Suter)
- Umwelt-Mikrobiologie und Molekulare Ökotoxikologie (Rik Eggen)
- Limnologie (James V. Ward)
- Ingenieurwissenschaften (Hansruedi Siegrist)
- Systemanalyse, Integrated Assessment und Modellierung (Claudia Pahl)
- Angewandte Gewässerökologie (Alfred Wüest)
- Siedlungswasserwirtschaft (Markus Boller)
- Wasser und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern (Roland Schertenleib)
- Wasser und Landwirtschaft (Stephan Müller)
- Chemische Problemstoffe (Walter Giger)
- Humanökologie (a.i. Carlo C. Jäger)
- Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik (Peter Baccini)

Die neue Struktur und die damit verbundene Organisations-Verordnung sind nun seit dem 1.1.2000 in Kraft. Nun liegt es an uns, die Struktur mit Leben zu füllen, damit die EAWAG gestärkt für neue Aufgaben in die Zukunft gehen kann.



(Foto: Armin Peter, EAWAG)

LEITARTIKEL

Die Revitalisierung von Fliessgewässern – ein neuer Fokus der EAWAG

Armin Peter, Klement Tockner, Ueli Bundi

Die Fliessgewässer in der Schweiz und in Westeuropa sind weitgehend verbaut. Ein vorrangiges Ziel ist daher der Schutz der letzten naturnahen Fluss- und Auenlandschaften. Für die Wiederherstellung von intakten Lebensräumen und Lebensgemeinschaften kommt den Revitalisierungen eine hohe Bedeutung zu. Revitalisierungen (Wiederherstellen naturnaher Fliessgewässer) sollen prioritär dort durchgeführt werden, wo die Erfolgchancen gross sind. Das sind Gewässerabschnitte, die mit geringen Eingriffen weit reichend verbessert werden können. Dabei sind vor allem dynamische Prozesse zuzulassen, die dem Fluss seine gestaltende Kraft zurückgeben (funktionsorientierte statt organismenorientierte Planung). Dadurch entstehen wieder grossräumige ökologische Netzwerke. Punktuellen Lebensraumverbesserungen kommt eine niedrige Priorität zu. In urbanen

Gebieten ist die Sensibilisierung der Bevölkerung durch die Revitalisierung verbauter Bachabschnitte besonders wichtig. Erfolgskontrollen sind nötig und verhindern künftige Fehlplanungen. Sie stellen zudem sicher, dass das investierte Geld zweckmässig und effizient im Sinne einer ökologischen Maximierung eingesetzt wurde. Mit einer intensiven Beteiligung möchte die EAWAG mit ihren grundlagen- und praxisorientierten Prozessen dazu beitragen, dass die für Revitalisierungen zur Verfügung gestellten Gelder effizient und mit möglichst hohem ökologischem und gesellschaftlichem Nutzen eingesetzt werden.

Zustand der Fliessgewässer in der Schweiz

Nahezu alle Fliessgewässer in Westeuropa wurden in den letzten beiden Jahrhunderten vom Menschen grundlegend verändert. In der Schweiz können weniger als 10% der Fliessgewässer noch als naturnah eingestuft werden, und auch hier handelt es sich in erster Linie um isolierte Bach- und Flussabschnitte in den Oberlaufregionen. Vor allem im Mittelland ist der Zustand kritisch. Zwischen 1978 und 1989 wurden jährlich rund 95 km Fliessgewässer eingedolt, begradigt oder verbaut. Dem gegenüber stehen nur gerade 20 km neu angelegte und wieder geöffnete Bachläufe [1]. Ein ähnliches Schicksal erleiden unsere heimischen Auenlandschaften. Die ur-

sprünglich ausgedehnten Auen entlang grösserer Flüsse sind dem Flächenbedarf der Landwirtschaft, der Industrie, den Siedlungen oder dem Strassenbau geopfert worden. Naturnahe Auen nehmen heute nur mehr 0.26% der Landesfläche ein, ein Bruchteil der ursprünglichen Flächen von 10% (Bundesamt für Statistik: Umweltstatistik Schweiz, 1995). Diese noch vorhandenen Auen beherbergen jedoch etwa 30% der gesamten einheimischen Fauna und Flora. Auen werden deshalb zu Recht als Zentren der biologischen Vielfalt, als so genannte «hot spots» der Biodiversität bezeichnet.

Weltweit zählen die Binnengewässer zu den am meisten gefährdeten Ökosystemen mit einem fünffach höheren Artenrückgang als in terrestrischen Lebensräumen. In einem europaweiten Vergleich wird die Schweiz als ein Land mit einer hohen biologischen Vielfalt eingestuft. Zugleich ist sie jedoch das einzige Land Europas, das hinsichtlich seiner biologischen Vielfalt als kritisch zu bezeichnen ist [2]. So können nur noch 12 Fischarten als nicht gefährdet eingestuft werden, das sind nur 22% der in der Schweiz vorkommenden Fischarten.

Mittels Revitalisierungen lässt sich der Anteil ökologisch intakter Fließgewässer massgeblich erhöhen. Korrekturmassnahmen sollen sich positiv auf den aquatischen Lebensraum auswirken, ökologisch sinnvoll, finanziell tragbar und zugleich innovativ sein. Die ökologische Wissensbasis soll in den kommenden Jahren durch Forschung, Realisierung konkreter Projekte und Erfolgskontrollen stetig verbessert werden.

Unterschiedliche Interessen und beschränktes Know-how prägen das komplexe Spannungsfeld bei Revitalisierungsprojekten. Wir sind gefordert, gemeinsam Wege zu finden, Revitalisierungen zu realisieren und zur nachhaltigen Gestaltung unserer Gewässer beizutragen.

Politische Handlungsvorgaben für die Revitalisierung

Die Schweiz hat 1994 die Biodiversitätskonvention von Rio (1992) ratifiziert. Damit verpflichtet sie sich unter anderem, geschädigte Ökosysteme wiederherzustellen. Des Weiteren wurden wichtige internationale Naturschutz-Übereinkommen und -Programme unterzeichnet (z.B. Bonner Konvention 1995, Berner Konvention 1982).

Die EU zielt mit ihrer Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (1992) darauf ab, ein zusammenhängendes Netz von charakteristischen Landschaften und Lebensräumen zu gewährleisten und damit die biologische Vielfalt dauerhaft zu sichern. Mit der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), die im Jahre 2000 in Kraft treten soll, schafft die EU nun

die Voraussetzungen dafür, dass alle Gewässer innert gewisser Fristen über optimale ökologische Bedingungen verfügen. Die Gewässer sollen im Grundsatz naturnahe biologische, chemische, hydrologische und morphologische Merkmale aufweisen. Wo dies aus Gründen starker anthropogener Prägungen ausgeschlossen ist, soll ein gutes ökologisches Potential geschaffen werden.

In der Schweiz findet die biologische und landschaftliche Vielfalt Eingang bei verschiedenen Sachbereichen und Gesetzen. Für die Gewässer steht der Gewässerschutz im Vordergrund, wichtig sind aber noch weitere Sachbereiche. Das Fischereigesetz von 1991 legt grosses Gewicht darauf, die natürliche Artenvielfalt der Fische und Krebse und die dafür erforderlichen Lebensräume zu erhalten, zu verbessern oder wiederherzustellen. Das Natur- und Heimatschutzgesetz von 1966 (mit Ergänzungen in den neunziger Jahren) will die einheimische Tier- und Pflanzenwelt schützen. Dieses Ziel soll durch Erhaltung genügend grosser Lebensräume (Biotope) und durch gegenseitige Vernetzung isolierter Biotope erreicht werden. Das Wasserbaugesetz von 1991 legt grossen Wert auf die Erhaltung oder Schaffung von Fließgewässern, die ökologisch funktionsfähig sind. Mit der neuen Agrarpolitik (Landwirtschaftsgesetz von 1998) wird die Landwirtschaft grundlegend umgestaltet und ökologisiert. Davon werden auch die Gewässer entscheidend profitieren.

Das Gewässerschutzgesetz von 1991 bezweckt unter anderem die Erhaltung

- natürlicher Lebensräume für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt,
- von Fischgewässern,
- der Gewässer als Landschaftselemente sowie
- die Sicherung der natürlichen Funktionen des Wasserkreislaufs.

In der Gewässerschutzverordnung von 1998 wurden sodann ökologische Ziele für die Gewässer formuliert. Diese fordert – analog zur Wasserrahmenrichtlinie der EU – naturnahe Bedingungen.

Für die Bewahrung und Revitalisierung naturnaher Gewässerlebensräume bestehen somit international wie national weit reichende gesetzliche Vorgaben. Diese sind Ausdruck politischen Willens und erfordern nachhaltiges Handeln für unsere Gewässer.

Naturwissenschaftliche Grundlagen

Ein verzerrtes Bild

Um die biologische Vielfalt der Bäche, Flüsse und Auen zu erhalten, ist es notwendig, jene Gesetzmässigkeiten,

die diese Vielfalt schaffen, auch zu verstehen. Hier stoßen wir jedoch an Grenzen, da unsere Kenntnisse über ökologische Zusammenhänge von den jeweils untersuchten Systemen geprägt und deshalb verzerrt sind. So stützen sich viele ökologische Hypothesen in der Fließgewässerforschung auf Erkenntnisse, die in Gewässern niedriger Ordnungszahl (Oberläufe), in anthropogen bereits veränderten Systemen oder in tropischen Flusssystemen gewonnen wurden. Kenntnisse über natürliche Prozesse in dynamischen Flussläufen sind jedoch erforderlich, um die Tragweite menschlicher Eingriffe zu erkennen und sinnvolle Managementmassnahmen zu entwickeln. Bei der Entwicklung von ökologischen «Leitbildern» und der Planung von Revitalisierungskonzepten löst man sich heute zunehmend von der Betrachtung kleinräumiger Zusammenhänge und betrachtet vermehrt den ganzen Flusslauf und das gesamte Einzugsgebiet. Dies ist nötig, weil Fließgewässer untereinander und mit ihrer Umgebung stark vernetzt sind. In ihrer Funktion können Fließgewässer als die «Nieren» des Einzugsgebietes betrachtet werden.

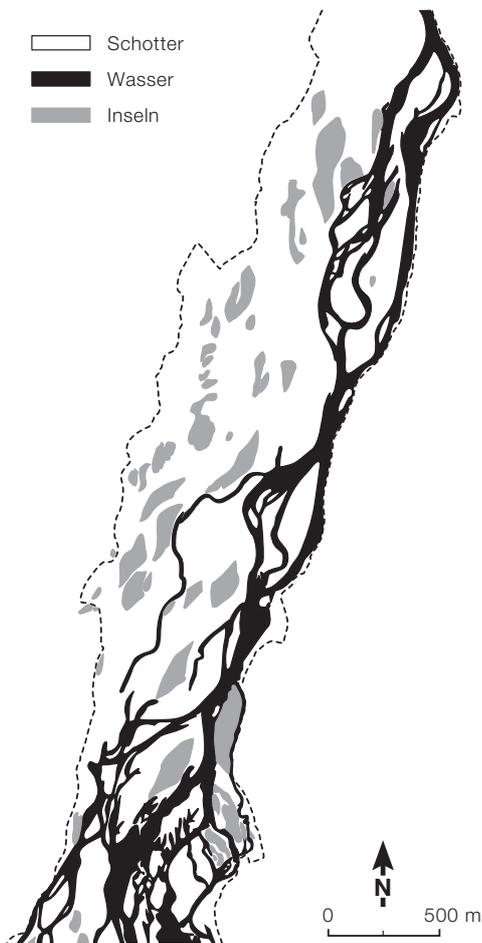


Abbildung 1: Verteilung von Inseln, Gewässern und freien Schotterflächen in einem Flussabschnitt des Tagliamento (Italien, Friaul). Die Breite des aktiven Korridors beträgt hier etwa 800 m.

Ein Grossteil der Revitalisierungsprojekte, so zeigen jüngste Evaluationen von durchgeführten Projekten, bleiben ohne ökologischen Erfolg [3]. Als wesentliche Gründe für das Scheitern werden einerseits das Fehlen klarer Zielvorgaben und andererseits das Unverständnis der komplexen Zusammenhänge in natürlichen Lebensräumen angeführt. Gängige Praxis auch in der Schweiz ist es jedoch, dass Revitalisierungsprojekte keiner kritischen Überprüfung unterzogen werden. Die Möglichkeit, aus der Erfahrung mit konkreten Projekten zu lernen und dadurch die finanziellen Mittel zielgerichteter einzusetzen, wird somit nicht genutzt.

Es ist deshalb eine Herausforderung, wissenschaftlich abgestützte Regeln zu entwickeln, die Zielsetzung, Planung und Evaluation von Revitalisierungen ermöglichen und erleichtern. Solche Standards müssen in Referenzökosystemen, das heisst in den letzten naturnahen Gewässern Mitteleuropas, ausgearbeitet werden. Referenzsysteme ermöglichen es, grundlegende ökologische Prozesse wie etwa die Inselbildung zu untersuchen und zu verstehen. Die Auswahl von Referenzökosystemen ist zweifellos ein schwieriges Unterfangen und erfordert die Erarbeitung von brauchbaren Standards [4].

Inseln als Indikatoren der ökologischen Integrität

Ein charakteristisches Merkmal natürlicher Auen ist die grosse Anzahl an Schotterbänken und Inseln. Als Inseln können vereinfacht die gehölztragenden Landschaftselemente innerhalb des aktiven Flusskorridors bezeichnet werden (Abbildung 1). Inseln sind massgebliche Lebensräume in natürlichen Flussläufen. Pionierinseln etwa, das sind die ersten Stadien der Inselentwicklung, beherbergen eine artenreiche und gefährdete Insektenfauna, die sich deutlich von allen anderen Lebensräumen unterscheidet. Zugleich erhöhen Inseln die Wechselwirkung zwischen Land und Wasser und verzögern zusätzlich den Austrag von organischem Material oder Totholz. Die ökologisch wichtige Uferlänge eines Flusslaufes kann sich durch die Präsenz von Inseln um mehr als das Zehnfache erhöhen [6].

Grundvoraussetzungen für die Entstehung von Inseln sind jedoch

- ausreichende Mengen an Totholz,
- ein natürliches Hochwasserregime und
- eine natürliche Geschiebedynamik.

Fällt eine dieser Voraussetzungen weg, beginnt das Gesamtsystem zu altern, Inseln wachsen, verschmelzen zu Auenwäldern und stabilisieren dadurch zusätzlich die Gerinne. Aus verzweigten Flüssen können dann gestreckte Gerinne entstehen. Inseln zählen zu den ersten Landschaftselementen, die durch Regulierungsmass-

nahmen verschwinden. Daher können Inseln als Indikatoren der ökologischen Integrität von Auen verwendet werden. Wie vielfältig und wie komplex die Entstehungsdynamik von Inseln tatsächlich ist, zeigen die jüngsten Untersuchungen am Tagliamento, der letzten grossen Wildflusslandschaft im Alpenraum [6].

Diese Ausführungen verdeutlichen, dass künstlich angelegte Inseln, häufig noch durch Blockwurf unterstützt, ökologische Fremdkörper darstellen. Welches Mindestmass an morphologischer Dynamik muss jedoch wiederhergestellt werden, damit Inseln natürlich entstehen können? Fragen wie diese stehen im Mittelpunkt von laufenden wissenschaftlichen Untersuchungen an der EAWAG.

Welche Indikatorgruppen?

Sehr häufig werden Revitalisierungsprojekte an Flüssen und Auen zur Förderung einzelner Organismengruppen, zumeist für die Fischfauna, durchgeführt. Diese einseitige Ausrichtung kann sich jedoch negativ auf die biologische Gesamtvielfalt auswirken. Studien an der österreichischen Donau zeigen, dass Amphibien, Libellen oder Fische in unterschiedlich gearteten Augewässern ihre maximale Vielfalt entfalten (Abbildung 2). Die Erhaltung der Artenvielfalt einer Aue ist daher von der Wiederherstellung einer möglichst natürlichen Dynamik abhängig. An der Donau wurde daher durch die Absenkung der uferbegleitenden Dämme die hydrologische Vernetzung zwischen Fluss und Aue drastisch erhöht und dadurch eine Umlagerungsdynamik im Ausystem wieder ermöglicht. Der Fluss selbst ist nämlich der beste und zugleich kostengünstigste «Gestalter» seines Lebensraumes. Ein Beispiel aus der Schweiz: Die Bünz bei Möriken (Kt. AG) brach bei den Hochwassern im Mai 1999 aus ihrem verbauten Gewässerbett aus und suchte sich ein neues, wesentlich breiteres Bachbett durch die Landwirtschaftszone (s. Kapiteltitelbild, S. 11).

Die Beispiele des Tagliamento und der Donauauen verdeutlichen, wie wichtig die Zusammenarbeit zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung für erfolgreiches Revitalisieren ist. Revitalisierungsprojekte können als grosse Freilandversuche angesehen werden. Die Aussagekraft bestehender ökologischer Konzepte wird überprüft und zudem werden wichtige Erkenntnisse zur Optimierung künftiger Projekte gewonnen. Erfolgreiches Revitalisieren erfordert zugleich die Zusammenarbeit von Ökologen, Hydrogeomorphologen und Wasserbauern.

Bewertung von Gewässern

Um ökologische Defizite eines Fliessgewässers zu erkennen, braucht es einerseits Informationen über den Istzustand, andererseits eine natürliche oder naturnahe

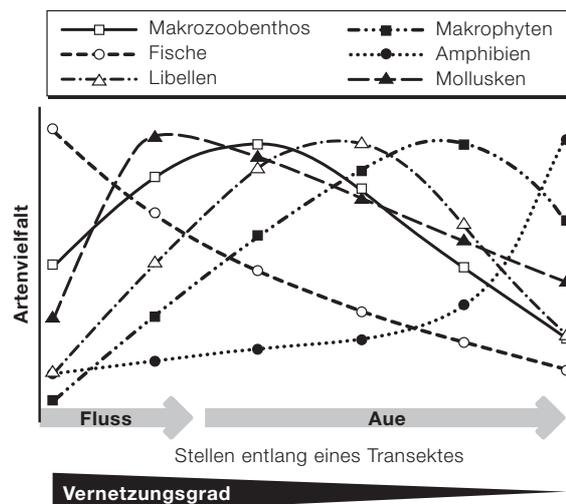


Abbildung 2: Artenanzahl ausgewählter Organismengruppen in unterschiedlich angebundenen Augewässern der Donau (Nationalpark Donauauen). Die Gewässer sind entlang eines Vernetzungsgradienten (Fluss bis isolierte Autümpel) angeordnet [9].

Referenz, basierend auf historischen Analysen. Ist dies nicht möglich, ist ein Vergleich mit noch naturnahen Gewässern nötig. Zur Erfassung des Istzustandes wurde das Modulstufenkonzept [7] ausgearbeitet, welches Methoden zur morphologischen, hydrologischen, biologischen oder chemischen und ökotoxikologischen Bewertung der Fliessgewässer umfasst. Mit dem Modul Ökomorphologie [5] werden anhand einer Kartierung wichtige Merkmale des Fliessgewässers erhoben sowie ein Referenzzustand hergeleitet. Dieser Referenzzustand entspricht einem naturnahen Gewässer in einer vorgegebenen Kulturlandschaft. Wo historische Belege des ursprünglichen Gewässerzustandes oder vergleichbare naturnahe Gewässer fehlen, wird er aufgrund von Fachkenntnissen gedanklich rekonstruiert. Durch einen Vergleich des Istzustandes mit dem Referenzzustand lassen sich die ökomorphologischen Defizite des Fliessgewässers identifizieren. Nun gilt es, das realistische Ziel für die Gewässerentwicklung zu definieren und einen Massnahmenplan zu formulieren. Dabei werden einerseits die aktuellen Rahmenbedingungen und das Umfeld des Gewässers berücksichtigt und andererseits Kosten-Nutzen-Überlegungen einbezogen. Es wird nach optimalen Lösungen unter den vorhandenen Bedingungen gesucht.

In anderen Modulen kommen analoge Ansätze zur Anwendung. Bei der Gewässerchemie allerdings gibt es bezüglich des Zielzustandes kein Abwägen, die Forderung der Naturnähe gilt absolut. Es ist sinnvoll, wenn die abiotischen Bewertungen durch biologische Analysen ergänzt werden (z.B. Makrozoobenthos oder Fische). Damit können biologische Defizite erkannt und die nötigen Massnahmen besser begründet werden.

Das Ziel von Revitalisierungen

Voraussetzungen für natürliche oder naturnahe Prozesse sowie die nicht mehr vorhandenen oder stark beeinträchtigten biologischen Elemente (Arten, Populationen) zu schaffen, ist das ökologische Ziel. In dieser Art revitalisierte Gewässersysteme sind geprägt durch typische hydrologische und morphologische Prozesse. Chemische Bedingungen sind durch anthropogene Einflüsse höchstens geringfügig verändert, Lebensgemeinschaften müssen sich standortgerecht entwickeln können. Obwohl selten zur ursprünglich vorhandenen ökologischen Integrität eines Gewässers zurückgefunden werden kann, sollen Schlüsselprozesse und Schlüsselarten (keystone species) weitgehend wiederhergestellt werden [8].

Eine exakte Definition der Revitalisierungsziele ist für jedes Projekt unabdingbar. Neben den ökologischen Bedürfnissen gilt es in unserem stark beanspruchten Lebensraum aber immer auch weitere Interessen zu berücksichtigen (Wasserversorgung, Wasserkraftnutzung, Landwirtschaft, Erholung und weitere mehr). Bestehende Interessenkonflikte müssen in jedem Fall offen gelegt und gelöst werden. Am runden Tisch sollen sämtliche interessierten Gruppen aktiv mithelfen, die Ziele des Revitalisierungsprojektes festzulegen.

Auch bei Projekten, die sich nur auf einen kurzen Gewässerabschnitt beschränken, sind stets die Wechselwirkungen mit dem gesamten Einzugsgebiet zu berücksichtigen. Massnahmen in urbanen Gebieten können sehr wichtig sein, auch wenn sie ökologisch betrachtet oft nicht vorrangig sind. Sie tragen wesentlich zum Verständnis ideeller und ökologischer Werte in der Bevölkerung bei.

Bei unvermeidbaren technischen Eingriffen in mehr oder weniger intakte Gewässersysteme sind die ökologischen Beeinträchtigungen zu minimieren. Kompensationsmassnahmen tragen dazu bei, dass es netto zu keinem Verlust an Lebensraum kommt. Anzustreben wäre es, die Lebensräume unserer Gewässer rascher naturnah zu gestalten, als sie zu verbauen und negativ zu beeinträchtigen.

Nutzen von Gewässerrevitalisierungen

Gewässerrevitalisierungen erbringen einen langfristig wirksamen Nutzen. Gesunde, nachhaltige Gewässersysteme benötigen in der Regel deutlich weniger oder überhaupt keinen Gewässerunterhalt und weisen zudem eine höhere Biodiversität auf. Biologische Vielfalt ist etwas Positives und hat einen Eigenwert.

Gesunde Systeme sind widerstandsfähiger und kehren nach natürlichen oder durch den Menschen bedingten Störungen schneller wieder zum ursprünglichen Zustand

zurück. Naturnahe Gewässer sind im Gegensatz zu verbauten Gewässern optimal vernetzt. Dies erlaubt Fischen und anderen wandernden Organismen einen Austausch zwischen Ober- und Unterlauf, aber auch zwischen Haupt- und Seitengewässern sowie zwischen Sommer- und Winterhabitaten. Das Aufsuchen von Winterhabitaten ermöglicht Fischen höhere Überlebensraten und Schutz vor Räubern. Der Wasseraustausch zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser ist durch eine funktionierende Vernetzung ebenfalls sichergestellt.

Wiederhergestellte Auen üben einen dämpfenden Einfluss auf die Hochwasser aus. Ausreichende Uferstreifen mit Gehölzen wirken gegenüber Schadstoffen und Feinsedimenten als Puffer und beschatten das Gewässer. Des Weiteren dienen sie auch terrestrischen Tieren als Lebensraum und Wanderkorridor entlang der Bäche und Flüsse.

Um die essenziellen Wasser- und Bodennutzungen langfristig aufrechtzuerhalten, sind ökologisch intakte Gewässer Voraussetzung. Auch sind sie für das Wohlbefinden der Menschen wichtig und oft mit vielen Emotionen verbunden.

Situation der Revitalisierungen in der Schweiz

Aktivitäten

Gewässerrevitalisierungen sind in der Schweiz in fast allen Kantonen zu einem wichtigen Thema geworden. Entsprechende Aktivitäten setzten nach 1980 ein. Im Kanton Zürich wurden beispielsweise in den Jahren 1989–1993 13.8 km ausgedolt oder revitalisiert, dies entspricht 2.8 km pro Jahr (kantonale und kommunale Projekte). In den Jahren 1996–1998 waren es jährlich 3.1 km [10].

Im Kanton Bern wurden in den Jahren 1990–1998 total 25.7 km Fliessgewässer revitalisiert (ohne Langete), was einer revitalisierten Gewässerstrecke von 2.9 km pro Jahr entspricht [11].

Die Kantone Aargau und Bern sind verfassungs- oder ordnungsmässig verpflichtet, jährlich beträchtliche finanzielle Aufwendungen für die Gewässerrevitalisierung zur Verfügung zu stellen.

Fehlende Erfolgskontrollen

Die Erfolgskontrollen sollen sicherstellen, dass das investierte Geld zweckmässig und effizient im Sinne der Revitalisierungsziele eingesetzt wurde.

Unsere Befragungen bei verschiedenen Kantonen haben ergeben, dass für die Erfolgskontrolle von Revitalisie-



Abbildung 3: Der verbaute und begradigte Sagentobelbach bei Stettbach/Dübendorf.



Der revitalisierte Sagentobelbach. (Fotos: Armin Peter)

rungsprojekten sehr wenig Aufwand betrieben werden kann. Fehlende Finanzen und nicht vorhandene Methoden für Erfolgskontrollen sind die Hauptgründe dafür. Die meisten Kantone sind mit dieser Situation unzufrieden.

Mit Erfolgskontrollen lassen sich zahlreiche Fehler und Fehleinschätzungen vermeiden. Überprüfungen sind die Schlüssel zum Erfolg für künftige Gewässerrevitalisierungen.

Routinemässige Erfolgskontrollen werden bevorzugt mit biologischen Indikatoren durchgeführt, da diese viele gewässerspezifische Faktoren integrieren. Fische zum Beispiel sind während ihres ganzen Lebenszyklus, der sich über mehrere Jahre erstreckt, direkt ans Wasser gebunden und somit sehr empfindliche Indikatoren für Wasserführung, extreme Temperaturen sowie Gewässerbelastungen. Sie leben stark strukturgebunden und reagieren deshalb schnell auf Veränderungen ihres Lebensraumes. Des Weiteren führen viele Fische Wanderungen über kurze oder lange Strecken durch, sie widerspiegeln somit den Vernetzungsgrad der Gewässer besonders gut. Fische sind Endglieder in der Nahrungskette und

lassen auf die Nährstoffsituation zurückschliessen. Ergänzend sind bei Erfolgskontrollen auch physikalische und chemische Indikatoren zu berücksichtigen, denn sie erlauben direkte Aussagen über den Zustand der Gewässer.

Mit Fischen lassen sich aber nicht alle Aspekte eines Ökosystems bewerten. Neben grundlegenden Parametern wie der Hydrologie und der Gewässermorphologie muss in Abhängigkeit vom Gewässertypus eine Kombination biologischer Indikatoren eingesetzt werden (Abbildung 2). Die Auswahl und die ökologische Eignung jener Indikatoren, die für eine routinemässige Bewertung von Revitalisierungsprojekten verwendet werden sollen, sind jedoch im Rahmen von so genannten Demonstrationsprojekten (wie etwa an der österreichischen Donau) zu erarbeiten und zu überprüfen.

Erfolgskontrollen basieren auf einem Vergleich zwischen dem Zustand des Gewässers mit seinen biologischen Elementen (Arten, Populationen) vor und nach den baulichen Verbesserungen. Bei der Planung ökologischer Begleituntersuchungen ist die unterschiedliche Reak-

tionszeit einzelner Indikatoren mit zu berücksichtigen. Eine sorgfältige Evaluation erstreckt sich somit über einen Zeitraum von mehreren Jahren.

Absichten und Rolle der EAWAG

An der EAWAG wurde 1999 ein neuer Forschungsprozess «Angewandte Gewässerökologie» (APEC, applied aquatic ecology) gebildet, der sich auf drei Problembereiche konzentriert: die Revitalisierung von Fließgewässern, die ökologisch-ökonomische Optimierung von hydroelektrischen Nutzungen sowie die ökologische Beurteilung grosser Stauhaltungen. In diesen Bereichen muss Wissen aus verschiedenen natur-, ingenieur- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen sowie praktisches Know-how zusammengeführt werden. Dies ist nötig, um zukunftsweisende, integrierte Konzepte zu entwickeln.

Die Arbeiten zur Revitalisierung werden hauptsächlich in der Schweiz durchgeführt, da hierzulande ein grosser Handlungsbedarf besteht. Das zu integrierende Grundlagenwissen wird an der EAWAG erarbeitet, speziell in den Gebieten der Limnologie, der aquatischen Chemie, der Gewässerphysik, der Umweltmikrobiologie und der Siedlungswasserwirtschaft. Es umfasst auch Kompetenzen der Hydrologie, Hydromechanik, Geomorphologie und des Wasserbaus, die via Partnerschaften mit anderen wissenschaftlichen Institutionen eingebracht werden. APEC selber verfügt neben naturwissenschaftlichen auch über sozialwissenschaftliche Kompetenzen. Letztere werden durch wissenschaftliche Kooperationen gezielt ergänzt. Durch Beteiligung an konkreten Planungs- und Realisierungsvorhaben wird der wichtige Praxisbezug hergestellt. Zu diesem Zweck werden Partnerschaften mit Behörden, Umweltorganisationen und der Wirtschaft eingegangen. Zudem pflegt APEC einen intensiven Austausch zu Forschungsarbeiten und Projekten im Ausland.

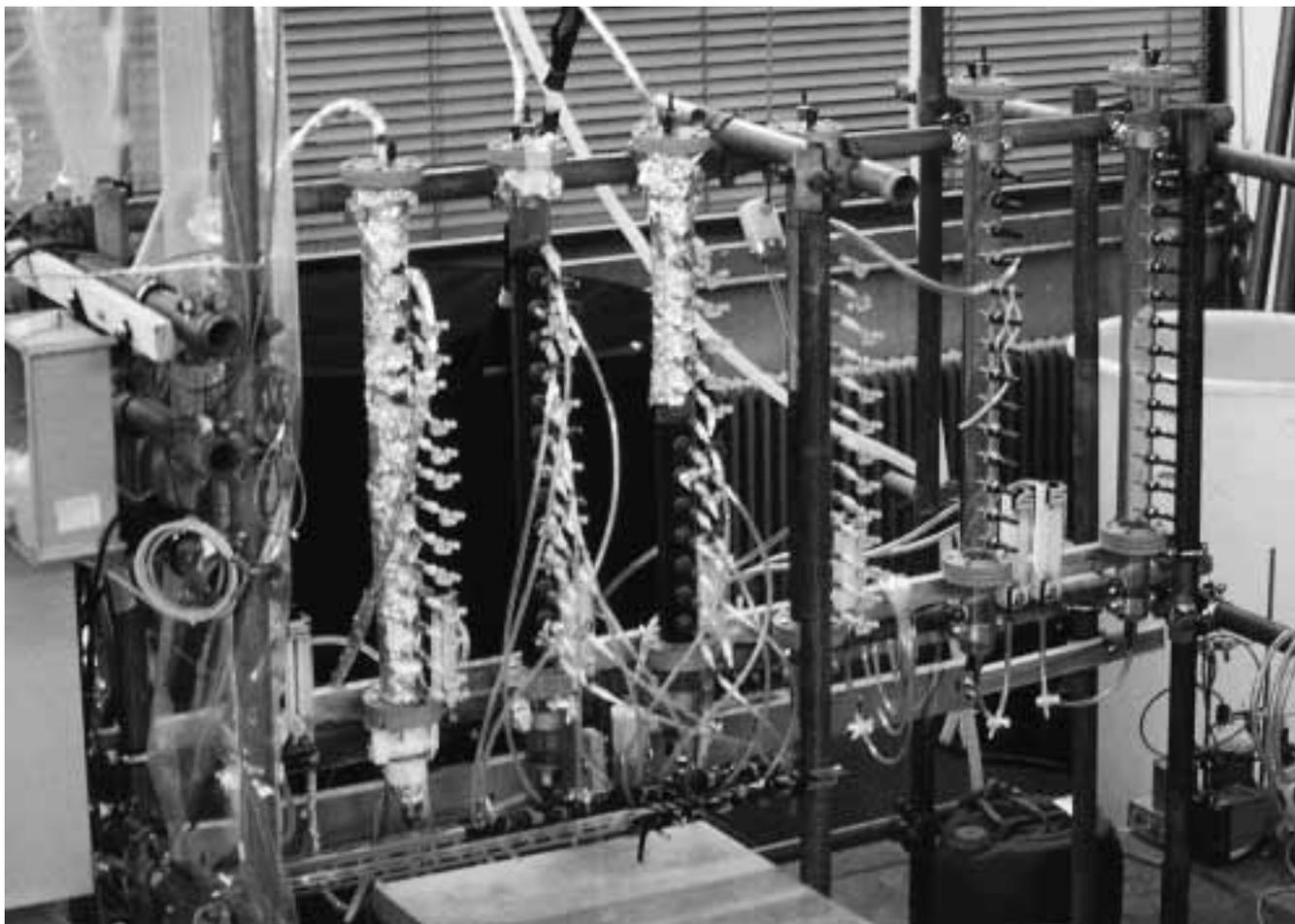
Revitalisierung läuft immer im Spannungsfeld unterschiedlichster Interessen und Wertvorstellungen ab. Das Streben nach ökologischer Integrität und landschaftlicher Schönheit steht in Konkurrenz zu essenziellen Wasser- und Bodennutzungen wie der Trinkwassergewinnung, der Abwasserableitung, der Landwirtschaft und der Wasserkraftnutzung. Die Wegfindung muss unter Einbezug aller Interessierten und Betroffenen (so genannten Stakeholders) erfolgen. Dies geschieht in gemeinsamen Ausarbeitungsprozessen (Partizipationsprozessen), in denen die Ziele und Prioritäten der Gewässerentwicklung erarbeitet werden. Hier stellt sich nun die Frage nach der Rolle der ökologischen Wissenschaften. Diese erforschen das Funktionieren der Gewässer-Ökosysteme, zeigen ihre Funktionsprinzipien auf, prognostizieren und überprüfen die Wirkung von Massnahmen. Die Wissenschaftlerinnen

und Wissenschaftler arbeiten bei der Definition der Ziele und bei deren Umsetzung ebenfalls mit.

Die EAWAG verfügt über eine Vielfalt an Fachdisziplinen und breite Erfahrungen in der Zusammenarbeit mit verschiedenen Institutionen. Dies ermöglicht, neue Herausforderungen im Bereich von Gewässerrevitalisierungen anzunehmen und neue Partnerschaften einzugehen. APEC baut auf den Leistungen der spezialisierten Prozesse der EAWAG auf und will wesentliche Beiträge zur nachhaltigen Entwicklung der Fließgewässer leisten (Abbildung 3).

Literatur

- [1] Bundesamt für Raumplanung/Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern 1994.
- [2] Sisk T.D., Launer A.E., Switky K.R., Ehrlich, P.R.: Identifying extinction threats. *BioScience* 44, 592–604 (1994).
- [3] Lockwood J.L., Pimm, S.L.: When does restoration succeed? In: «Ecological assembly rules: perspectives, advances, retreats», Weiher E., Keddy, P.A. (eds). Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 1999, pp. 363–392.
- [4] Muhar S., Kainz M., Kaufmann M., Schwarz M.: Erhebung und Bilanzierung flusstypspezifisch erhaltener Fließgewässerabschnitte in Österreich. *Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft* 51, H. 5/6, 119–127 (1998).
- [5] Hütte M., Niederhauser P.: Methoden zur Beurteilung der Fließgewässer: Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). Erarbeitet von der Arbeitsgruppe Fließgewässerbeurteilung: Bundi U., Frutiger A., Göldi C., Kupper U., Liechti P., Meier W., Niederhauser P., Peter A., Sieber U., von Blücher U., Willi H.P. Mitt. zum Gewässerschutz Nr. 27 (Vollzug Umwelt). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern 1998, 49 S.
- [6] Ward J.V., Tockner K., Edwards P.J., Kollmann J., Bretschko G., Gurnell A.M., Petts G.E., Rossaro B.: A reference river system for the Alps: the Fiume Tagliamento. *Regulated Rivers: Research & Management* 15, 63–75 (1999).
- [7] Bundi U., Frutiger A., Göldi C., Hütte M., Kupper, U., Liechti P., Meier W., Niederhauser P., Peter A., Sieber U., von Blücher U., Willi H.P.: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Modul-Stufen-Konzept. Mitt. zum Gewässerschutz Nr. 26 (Vollzug Umwelt). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern 1998, 43 S.
- [8] Bundi U., Peter A., Frutiger A., Hütte M., Liechti P., Sieber U.: Scientific base and modular concept for comprehensive assessment of streams in Switzerland. *Hydrobiologia* (in press).
- [9] Tockner K., Schiemer F., Ward, J.V.: Conservation by restoration: the management concept for a river-floodplain system on the Danube River in Austria. *Aquatic Conservation* 8, 71–86 (1998).
- [10] Wiederbelebungprogramm für die Fließgewässer. Jahresberichte 1996, 1997 und 1998. Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Zürich.
- [11] Foppa N. et al.: Revitalisierung von Fließgewässern. Die Revitalisierungen im Kanton Bern 1990–1998 und das Fallbeispiel Talbach. Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie, Universität Bern 1998, 94 S.



(Foto: Michele Steiner, EAWAG)

KURZBEITRÄGE AUS DEN TÄTIGKEITS- BEREICHEN DER EAWAG

Umwelttechnologie

Abwasserreinigung – profitiert die Umwelt?

Katrin Hügel, Tove Larsen, Willi Gujer

Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft suchen nach integrativen Beurteilungsmassstäben, die es ermöglichen, die ökologischen Folgen bei Entscheidungen mit einzubeziehen. Ökobilanzen sind ein Werkzeug, mit dem die ökologische Effizienz von Produkten und Dienstleistungen beurteilt werden kann. Der Artikel beschreibt erste Erfahrungen, die an der EAWAG mit der Anwendung von Ökobilanzen auf Abwasserreinigungsanlagen gemacht wurden.

Für die Abwasserreinigungsanlage (ARA) Luzern steht der Bau einer Anlage für die Vorbehandlung der Rückläufe aus der Schlammbehandlung zur Diskussion. Mit dieser Massnahme kann die Stickstofffracht in den Vorfluter deutlich reduziert werden. Diese zusätzliche

Leistung der Anlage wird zurzeit jedoch von der Gewässerschutzfachstelle nicht gefordert. Damit fällt es schwer, die anfallenden Kosten zu rechtfertigen. Darüber hinaus stellt der Betrieb einer solchen Anlage auch eine Umweltbelastung dar (Energieverbrauch, Chemikalien usw.). Es stellt sich die Frage: Erzielen wir mit der neuen Anlage überhaupt einen relevanten Beitrag zum Umweltschutz?

Die Randbedingungen auf der ARA Luzern sind günstig (Abbildung 1): Es steht Dampf, der anderweitig nicht genutzt werden kann, frei zur Verfügung, so dass sich ein Dampf-Stripping des Ammoniaks aufdrängt. Dabei entsteht Ammoniakwasser, das in der benachbarten Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) benötigt wird und dort ein industrielles Produkt substituieren könnte. Durch die Vorbehandlung der Rückläufe kann bei der biologischen Abwasserreinigung Energie gespart werden. Andererseits werden für den Betrieb der Rücklaufbehandlungsanlage (RüBA) elektrische Energie, Natronlauge und Salzsäure benötigt.

Die Ergebnisse sind eindeutiger als erwartet: die positiven Auswirkungen überwiegen die negativen um ein Vielfaches (Abbildung 2). Eine nähere Analyse der Daten zeigt, dass die positiven Auswirkungen durch die Denitrifikation und nicht wie erwartet durch die Produktion von Ammoniakwasser und die Einsparungen bei der

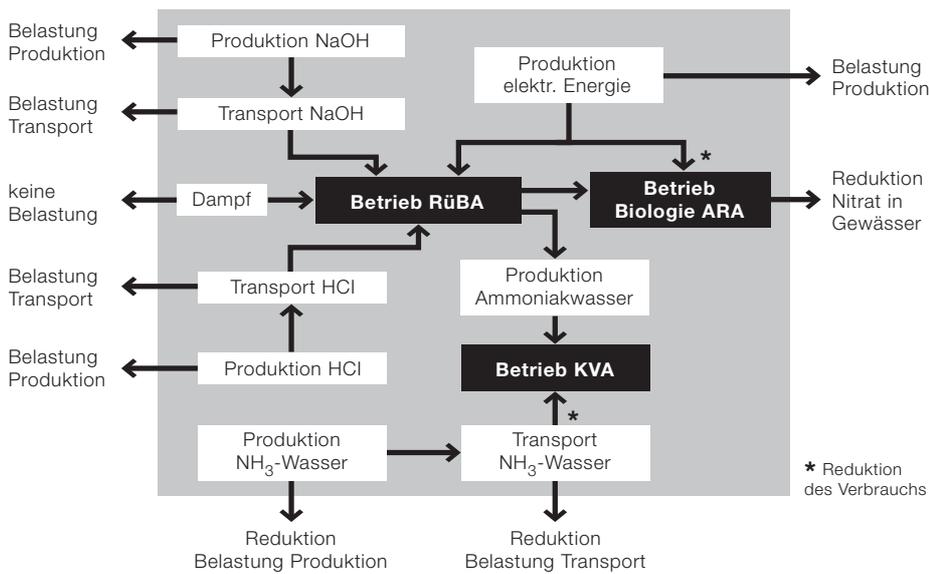


Abbildung 1: Modell für die Ökobilanz der Rücklaufbehandlung.

Nitrifikation verursacht werden. Damit ergibt sich für die Verantwortlichen die Frage, ob der positive Effekt der Denitrifikation nicht auch günstiger zu erzielen ist. Ein Vergleich mit der Verfahrensvariante «Denitrifikation mit Methanol» zeigt, dass daraus nur eine unwesentlich schlechtere Ökobilanz resultiert (Abbildung 2). Da die Methanolzugabe im Vergleich zur Rücklaufbehandlung sehr viel flexibler ist und keine grossen Investitionskosten verursacht, scheint diese Variante attraktiver.

Das Beispiel zeigt, dass die wesentliche Aussage einer Ökobilanz sich nicht auf eine Zahl reduzieren lässt. Vielmehr gewinnen wir Einsichten über Grössenordnungen, die wir intuitiv nicht erfassen können. Nicht die «energieintensive» Stickstoffproduktion scheint das Problem zu sein, sondern die Eutrophierung durch Stickstoffemissionen.

Ein wesentliches Problem bei solchen Vergleichen ist die Qualität der Beurteilungskriterien. Können wir überhaupt wie in diesem Beispiel atmosphärenrelevante und gewässerrelevante Emissionen miteinander vergleichen? Obwohl Ökobilanzen auch diesem Zweck dienen sollen, sind solche Vergleiche noch nicht über jeden Zweifel erhaben. Zwei grundsätzliche Probleme lassen sich identifizieren: Zum einen scheint noch kein Konsens bei der Beurteilung gewässerspezifischer Auswirkungen zu bestehen (die neue Version der Bewertungsmethode «Eco-Indicator '99» erfasst den direkten Nährstoffeintrag nicht mehr). Zum anderen erfassen Ökobilanzen nur «globale» Probleme wie z.B. die Eutrophierung. Lokale Leistungen wie z.B. die Nitrifikation gehen noch gar nicht in die Bilanz ein. Von einer Antwort auf die Frage «Abwasserreinigung – profitiert die Umwelt?» sind wir also noch weit entfernt.

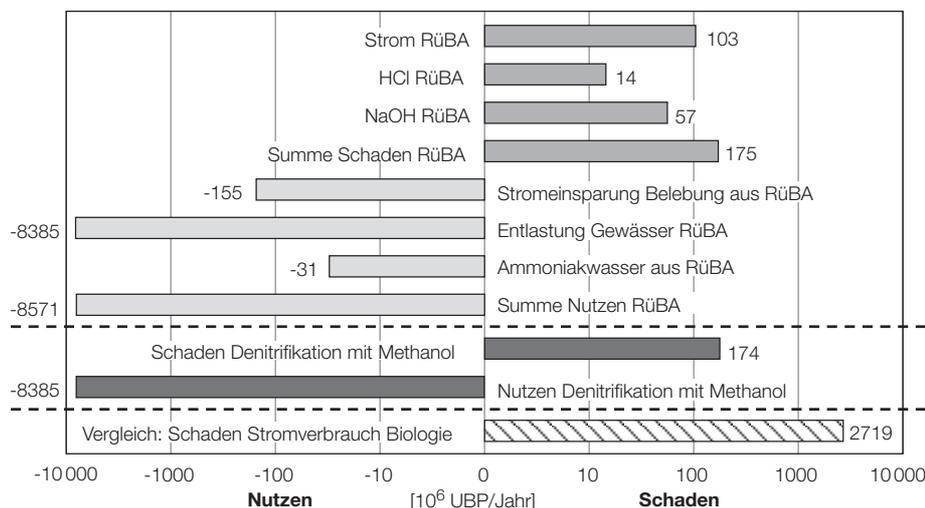


Abbildung 2: Ergebnisse der Ökobilanz für die Rücklaufbehandlungsanlage (RüBA) Luzern (Bewertung mit der Methode der Ökologischen Knappheit, BUWAL 1997). UBP = Umweltbelastungspunkte.

VSA-Fortbildungskurs Nährstoffelimination auf Kläranlagen

Hansruedi Siegrist, Martin Kühni, Gerhard Koch,
Leiv Rieger, Christian Fux, Willi Gujer

Die Berichterstattung der Untersuchungen zur Nährstoffelimination auf den Kläranlagen Zürich-Werdhölzli und Neugut Dübendorf wurde Ende 1999 abgeschlossen. Zu diesem Anlass führte die Abteilung für Ingenieurwissenschaften im April und November zwei erfolgreiche, gut besuchte viertägige VSA-Kurse zum Thema Nährstoffelimination auf Kläranlagen durch.

Während der von der EAWAG und dem VSA organisierten Fortbildungskurse wurden die Dimensionierung der Nitrifikation, Denitrifikation und erhöhten biologischen Phosphorelimination diskutiert. Ein Beitrag beschäftigte sich mit dem dynamischen Verhalten der betrieblich anspruchsvollen biologischen Phosphorelimination. Mit den aus dem Projekt erarbeiteten Resultaten wurden stationäre Modelle zur Berechnung der Leistung der Denitrifikation und der biologischen Phosphorelimination erarbeitet und verifiziert. Die aus den Projektergebnissen erarbeiteten anspruchsvolleren dynamischen Modelle, die das Verhalten der Nährstoffelimination im Tages- und Wochengang beschreiben, werden in Zukunft in einem PEAK-Kurs der EAWAG vorgestellt.

Während etwa einem Viertel der Kurszeit konnten die Teilnehmer anhand von Excel Spreadsheets, die auf den stationären Modellen basieren, die Leistung von Belebtschlamm- und Nachklärungsanlagen und die Auswirkungen von Betriebsänderungen (interne Rezirkulation, Rücklaufschlamm, Schlammalter, Sauerstoffeintrag, Veränderung der Beckeneinteilungen und -volumina etc.) berechnen. Die Spreadsheets sind erhältlich für die folgenden Verfahrensschemen: vorgeschaltete Denitrifikation mit anaerobem Vorbecken (s. Abbildung), intermittierende Denitrifikation und SBR-Verfahren.

Es zeigt sich, dass bei einer grosszügig dimensionierten, denitrifizierenden Belebungsanlage und bei optimaler

Betriebsführung mit kommunalem Abwasser 60–80% des biologischen Stickstoffs und Phosphors eliminiert werden können. Bei sorgfältiger Gestaltung des Fließschemas und Regelung der Belüftung geht dies einher mit bedeutenden Einsparungen an Belüftungsenergie und Fällmittel.

Im Weiteren wurden Beiträge zu den Themen: Qualitätsziele für Gewässer und Einleitungsbedingungen, Bekämpfung von Bläh- und Schwimmschlamm, Steuer- und Regelungstechnik, Nährstoffelimination mit dem Wirbelbettverfahren, biologische Faulwasserbehandlung und Auswirkung der biologischen Phosphorelimination auf die Schlammbehandlung vorgetragen.

Im Frühjahr 2000 sind die Beiträge beim VSA-Sekretariat (Postfach, 8026 Zürich) in Buchform erhältlich inkl. CD-ROM mit dem stationären Modell zur Berechnung der Nährstoffeliminationsleistung für die vier verschiedenen Fließschemas, den Übungen und den wichtigsten Folien der Vorträge.

Das Projekt «Denitrifikation im Wirbelbett» ist ein Gemeinschaftsprojekt der Abteilung Ingenieurwissenschaften der EAWAG, des Kantons Zürich (AWEL), der Stadt Zürich (Entsorgung und Recycling Zürich) und des BUWAL. Wir möchten an dieser Stelle dem VSA danken, der die Durchführung der Fortbildungskurse in Engelberg ermöglichte.

Ein statistisches Modell zur Beschreibung der Unsicherheit von Dimensionierungsfrachten auf kommunalen Kläranlagen

Michael Thomann, Anja Voigtländer, Willi Gujer

Die Festlegung von Dimensionierungsfrachten aus Kläranlagendatensätzen wird heute meist ohne zusätzliche Berechnung der Unsicherheit infolge zufälliger und systematischer Fehler durchgeführt. Es wurde deshalb am Beispiel des Kantons Zürich ein Simulationsmodell ent-

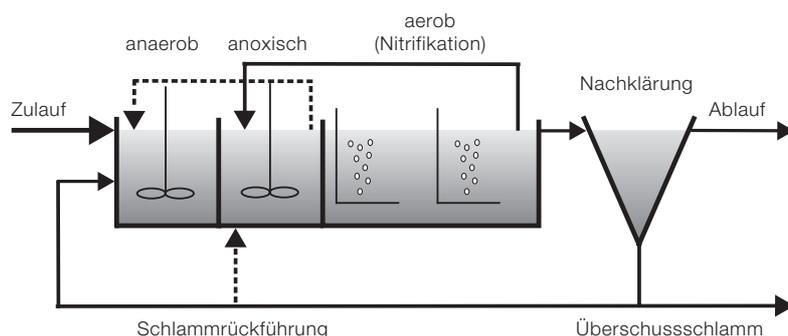


Abbildung: Erweiterung der vorgeschalteten Denitrifikation (anoxisch) mit einem anaeroben Becken für die erhöhte biologische Phosphorelimination. Der Rücklaufschlamm wird entweder in das anaerobe (AAO-Verfahren, gestrichelt) oder anoxische Becken geführt (UCT-Verfahren, gestrichelt).

wickelt, das erlaubt, diese Unsicherheiten zu berechnen. Es zeigte sich, dass das planende Ingenieurbüro die beträchtliche Unsicherheit wesentlich einschränken kann, wenn es die vorhandene Datengrundlage des Kantons in seine Überlegungen mit einbezieht und wenn es mit Zusatzexperimenten die Durchflussmessung und Probenahme überprüft.

Die Belastung bestehender kommunaler Kläranlagen wird von den Betreibern der Anlage selbst durch Messung der BSB₅-, Ammonium- und Phosphorfrachten im Ablauf der Vorklärung kontrolliert. Im Zusammenhang mit der Beurteilung des Betriebes, eventuellen neuen Verfahrensführungen und damit verbundenen Kostenrechnungen stellt sich die Frage, wie gross die Unsicherheit bei den Dimensionierungsfrachten ist, die aus diesen Routine-messungen abgeleitet werden. Es wurde deshalb ein statistisches Simulationsmodell entworfen, mit dem sich sowohl zufällige wie auch systematische Fehler (infolge Durchflussmessung, Analytik und Probenahme) in die Berechnung der Gesamtunsicherheit von Dimensionierungsfrachten mit einbeziehen lassen (Abbildung 1). In einem ersten Schritt wird eine neue Ganglinie mit den gleichen stochastischen Eigenschaften wie der zugrunde liegende Kläranlagendatensatz erzeugt. Dabei werden die saisonalen Schwankungen und die zufälligen Fehler berücksichtigt. Als mögliche Ursachen für systematische Fehler bei der Frachtberechnung wurden in einem zweiten Schritt die Durchflussmessung, Analytik und Probenahme berücksichtigt. Dem planenden Ingenieurbüro fehlt jedoch bei der ersten Auswertung die Information über die genaue Grösse dieser Fehler für die betreffende Anlage. Betrachtet man die unbekannt systematischen Fehler als Zufallsvariablen, so können sie in die Berechnung der Gesamtunsicherheit mit einbezogen werden. Zur Bestimmung der Verteilungsfunktionen der systematischen Fehler für das Beispiel des Kantons Zürich wurden auf acht Kläranlagen der Durchfluss und die Probenahme überprüft und von allen grösseren Kläranlagen die Analytikkontrolldaten des Gewässer-schutzamtes ausgewertet. Mit Hilfe einer Monte-Carlo-Simulation kann dann die Verteilungsfunktion der Dimensionierungsfracht bestimmt werden, aus der sich die

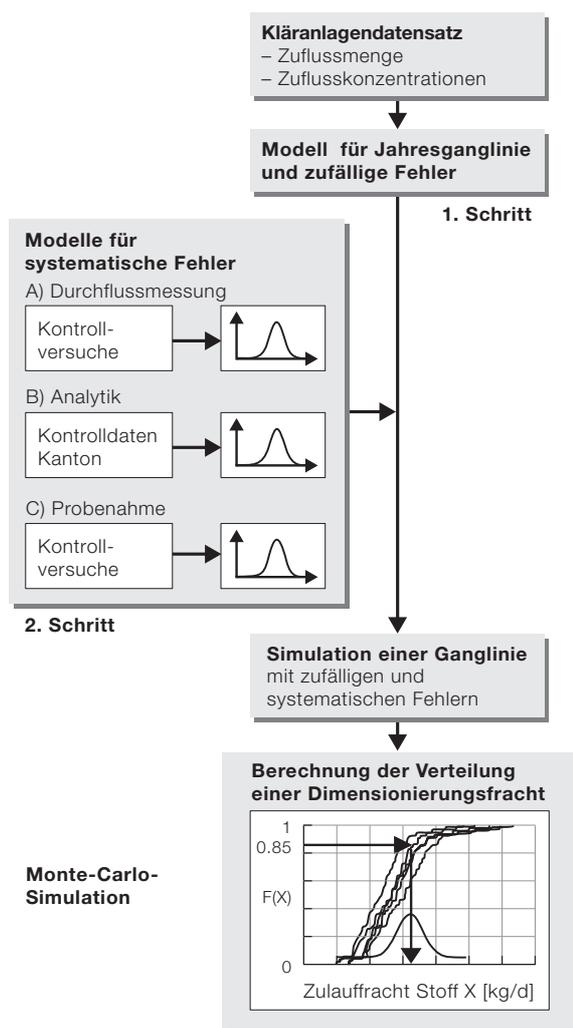
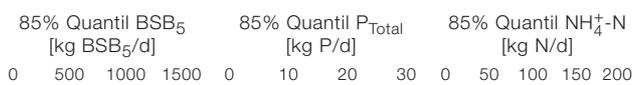


Abbildung 1: Statistisches Simulationsmodell zur Berechnung der Unsicherheit von Dimensionierungsfrachten infolge zufälliger und systematischer Fehler.

gesuchte Gesamtunsicherheit z.B. als 95%-Vertrauensintervall berechnen lässt.

In Abbildung 2 sind die aufgrund der Modellrechnung berechneten 95%-Vertrauensintervalle bei den Dimensionierungsfrachten einer Anlage mit ca. 15 000 angeschlossenen Einwohnergleichwerten dargestellt. Es zeigte sich, dass der planende Ingenieur ohne Kenntnis

Abbildung 2: Gesamtunsicherheit der Dimensionierungsfrachten einer Kläranlage mit ungefähr 15 000 angeschlossenen Einwohnergleichwerten. Die Mediane der Dimensionierungswerte sind als Punkte dargestellt. Die Länge des oberen und unteren 95%-Vertrauensintervalls wurde jeweils in % vom Median angegeben.



	BSB ₅	P _{Total}	NH ₄ ⁺ -N
Ohne Information über systematische Fehler	35% 57%	34% 39%	33% 40%
Mit Zusatzinformation über systematische Fehler	15% 19%	15% 18%	17% 17%

der systematischen Fehler auf seiner Anlage eine Unsicherheit von ungefähr 30–50% berücksichtigen muss. Die Unsicherheit kann jedoch um etwa die Hälfte reduziert werden, wenn die vorhandenen Analytikkontroll-daten für die untersuchte Anlage in die Überlegungen mit einbezogen und zusätzlich die Durchflussmessung wie auch die Probenahme mit Experimenten kontrolliert werden. Weiter zeigte sich, dass die Unsicherheit infolge zufälliger Effekte und saisonaler Variation klein ist im Vergleich zu den systematischen Abweichungen, wobei Durchflussmessung, Analytik und Probenahme Fehler je in der gleichen Größenordnung verursachen. Um das entwickelte Modell laufend zu verbessern, sollten für die Bestimmung der Verteilungen der systematischen Fehler die Ergebnisse von Kontrollversuchen durch die kantonalen Behörden gesammelt, aufbereitet und publiziert werden. Das ermöglicht einem mit der Datenauswertung beauftragten Ingenieurbüro, eine Unsicherheitsberechnung seiner Dimensionierungsdaten durchzuführen und damit deren Wert zu steigern.

Ozonung von Trinkwasser: Abbau von Atrazin und Bildung von Abbauprodukten

Urs von Gunten, Juan Acero

Atrazin wird während der Ozonung von Trinkwasser durch Ozon und OH-Radikale oxidiert. Dabei findet keine komplette Mineralisierung statt, sondern es entstehen Abbauprodukte, welche dieselbe Grundstruktur haben wie Atrazin. Durch Kopplung der Oxidationskraft während der Ozonung mit der Kinetik des Abbaus von Atrazin und der

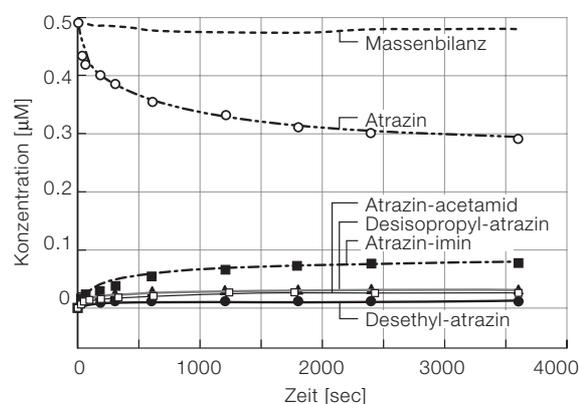


Abbildung: Oxidation von Atrazin und Bildung von Abbauprodukten während der Ozonung von Zürichseewasser. Symbole stehen für experimentelle Resultate, Kurven für Berechnungen.

DOC = 1.3 mg/l, Alkalinität = 1.3 mM, T = 11 °C, pH = 7, [O₃]₀ = 1 mg/l.
 Atrazin-imin = 2-chloro-4-ethylimino-6-isopropylamino-s-triazin,
 Atrazin-acetamid = 4-acetamido-2-chloro-6-isopropylamino-s-triazin.

Bildung von Abbauprodukten ist es möglich, das System vollständig zu beschreiben.

Ozon wird in der Trinkwasseraufbereitung vor allem zur Desinfektion und zur Oxidation von Spurenstoffen eingesetzt. Ozon ist im Wasser nicht stabil und zerfällt je nach Matrix mehr oder weniger rasch in OH-Radikale. Die oxidative Wirkung bei Ozonungsprozessen beruht auf einer Kombination von Reaktionen mit Ozon und mit OH-Radikalen. Während Ozon in seiner Reaktivität sehr selektiv ist, reagieren OH-Radikale unspezifisch und mit den meisten Wasserinhaltsstoffen rasch. Für viele organische Spurenstoffe sind heute die Geschwindigkeitskonstanten 2. Ordnung für die Reaktion mit Ozon und OH-Radikalen bekannt. Zur Beschreibung des Abbaus von diesen Substanzen während der Ozonung ist also «nur» noch die zeitliche Entwicklung der Konzentrationen von Ozon und OH-Radikalen erforderlich. Eine entsprechende Methodik wurde an der EAWAG entwickelt [1].

Für Pestizide wie Atrazin gilt in der Schweiz ein Toleranzwert von 0.1 µg/l. Der gleiche Wert ist auch in der Trinkwasserrichtlinie der Europäischen Union verankert mit der Anmerkung, dass bei einem Pestizid alle Abbauprodukte mit eingeschlossen werden müssen. Somit ist es bei oxidativen Prozessen wichtig zu wissen, welche Abbauprodukte von Pestiziden gebildet werden, wie weitgehend und wie rasch die Oxidation erfolgt. Am Beispiel von Atrazin konnte aufgezeigt werden, dass dazu folgende Schritte notwendig sind:

1. Charakterisierung der Ozonung bezüglich der Konzentrationen von Ozon und OH-Radikalen;
2. Bestimmung der Abbauprodukte von Atrazin durch Oxidation mit Ozon und OH-Radikalen;
3. Kinetik der Oxidation von Atrazin und seinen Abbauprodukten mit Ozon und OH-Radikalen.

In der Abbildung sind die gemessenen (Symbole) und aufgrund der obigen Schritte berechneten Konzentrationen (Linien) von Atrazin und den Abbauprodukten für die Ozonung von Zürichseewasser aufgezeigt. Es sind nur die wichtigsten Abbauprodukte aufgetragen. Für die Massenbilanz sind alle analysierten Abbauprodukte berücksichtigt. Die gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Werten und die konstante Massenbilanz zeigen, dass das System mit unserem Ansatz gut quantifiziert werden kann [2].

Obwohl Atrazin selbst auf 60% der ursprünglichen Konzentration abgebaut wird, bleibt die Summe von Atrazin und den Abbauprodukten konstant. Die hauptsächlich beobachteten Produkte haben nach wie vor das Triazin-Grundgerüst und gehören somit zur ersten Generation. Ein weitergehender Abbau wurde für trinkwasserrele-

vante Bedingungen nur im Umfang von <5% des eingesetzten Atrazins beobachtet (in der Abbildung nicht gezeigt).

Neben den schon früher beschriebenen Abbauprodukten wurde ein neues Produkt, ein Atrazin-imin, gefunden. Im Trinkwasser hydrolysiert diese Verbindung innerhalb von einem Tag unter Bildung von Desethylatrazin. Es kann also davon ausgegangen werden, dass Atrazin-imin nicht in signifikanten Mengen bis zu den KonsumentInnen des Trinkwassers gelangt.

Im Sinne der neuen EU-Richtlinien für Trinkwasser (1998) wird somit bei der konventionellen Ozonung von atrazin-haltigem Wasser keine Verbesserung der Trinkwasserqualität erreicht, da die Oxidation bei der ersten Generation der Abbauprodukte stehen bleibt.

Literatur

- [1] Elovitz M.S., von Gunten U.: Hydroxyl radical/ozone ratios during ozonation processes. I. The R_{ct} concept. *Ozone Sci. Eng.*, 21, 239–260 (1999).
- [2] Acero J., Stemmler K., von Gunten, U.: Degradation kinetics of atrazine and its degradation products with Ozone and OH Radicals: A predictive tool for drinking water treatment. *Environ. Sci. Technol.*, in press, 2000.

Schwermetallrückhalt beim Versickern von Dachwasser

Michele Steiner, Markus Boller

Schwermetalle, vor allem Kupfer, Cadmium, Zink und Blei, gelangen durch Deposition oder Korrosion von metallhaltigen Ausseninstallationen ins Dachwasser. Bis Massnahmen an der Quelle diese Belastungen verringern, sollen sie kontrolliert in einer speziellen Adsorbenschicht in Versickerungsanlagen zurückgehalten werden.

Schwermetalle sind im Dachwasser unerwünscht. Abhängig von der gewählten Versickerungsausführung gelangen sie auf unterschiedliche Art und Weise in die Umwelt. Wird über die belebte Bodenschicht versickert (Muldenversickerung), werden sie dort akkumuliert. Dies führt innerhalb weniger Jahre zu einer Überschreitung der Orientierungswerte für abgeschälte Oberböden. Bei der Untergrundversickerung (Schacht, Rigolen) werden sie diffus im Sickerkörper verteilt und können bei gut durchlässigem Untergrund den Grundwasserleiter erreichen.

Sofort wird klar, dass eine dauerhafte Problemlösung nur möglich ist, wenn keine schwermetallhaltigen Materialien mehr im Aussenbereich von Gebäuden eingesetzt wer-

den. Taugliche Alternativen zu Kupfer werden allerdings erst mittel- bis langfristig realisiert sein. Deshalb muss bis dahin nach Lösungen gesucht werden, Kupfer in Versickerungsanlagen räumlich und zeitlich kontrolliert zu fixieren. Eine Möglichkeit ist der Einbau einer speziellen Adsorptionsschicht in einer Versickerungsanlage, die Kupfer auf kleinstem Volumen dauerhaft binden kann. Die Leistung einer solchen Schicht lässt sich am besten in einer Laboranlage untersuchen.

Die verwendete Pilotanlage besteht aus sieben 1 m hohen, einzeln steuerbaren Kolonnen und befindet sich in der Versuchsstation Tüffenwies der EAWAG (s. Kapitel-titelbild, S. 18). Dabei ist es möglich, diese mit den zu testenden Adsorbentien zu füllen, welche die Eigenschaft haben sollten, Kupfer möglichst effizient aus dem Dachwasser zu entfernen. Als Kolonnenzulauf wird natürliches, gesammeltes Dachwasser verwendet. Die Wirksamkeit kann durch die Messung der Kupferkonzentration im Zu- und Ablauf berechnet werden. Zudem ist es möglich, die Kapazität eines solchen Adsorptionsmaterials beim so genannten Durchbruch der Kolonne (Ablaufkonzentration ansteigend) anzugeben. Von den getesteten Adsorbentien stellte sich eine Mischung aus granuliertem Eisenhydroxid und Kalksand als beste Variante heraus. Sie erreicht bezüglich des Kupferrückhaltes einen Wirkungsgrad von mehr als 99%.

Aufgrund dieser sehr guten Ergebnisse konnte dieses Materialgemisch in Zusammenarbeit mit dem Eidgenössischen



Abbildung: Adsorbentstreifen rund um den Neubau des Eidgenössischen Amtes für Messwesen (EAM) in Bern. (Foto: EAM)

schen Amt für Messwesen (EAM) in Bern erstmals gross-technisch eingesetzt werden (Abbildung). Der dortige Neubau ist nämlich mit einer Kupferfassade eingekleidet. Mit dem Einbau eines Adsorberstreifens unter der Fassade kann das im abtropfenden Wasser enthaltene Kupfer in der Materialmischung fixiert werden. Mit Hilfe zweier Probenahmestationen und einem detaillierten Messprogramm wird die Eliminationsleistung des Adsorbers bestimmt.

Damit solche sich bildenden Altlasten nicht in Vergessenheit geraten, ist die Führung eines Katasters unumgänglich. Ebenso muss das belastete Material nach Erreichen der Sättigung fachgerecht aufbereitet bzw. entsorgt werden.

Entfernung von Arsen durch Sonnenlicht und Zugabe von Zitronensaft – Feldversuche in Bangladesch

Daniel Gechter, Martin Wegelin, Stephan Hug, Urs von Gunten

Die EAWAG hat sich zum Ziel gesetzt, mittels einer einfachen, billigen Methode und ohne Zugabe von Chemikalien das giftige Arsen aus dem Trinkwasser zu entfernen. Erste Feldversuche in Bangladesch mit natürlich arsenhaltigem Grundwasser zeigen, dass durch das so genannte SORAS-Verfahren durchschnittlich 67% des Arsens entfernt werden können.

In Bangladesch trinken schätzungsweise mehr als 20 Millionen Einwohner Grundwasser mit Arsenkonzentrationen über dem Grenzwert. Der gegenwärtige Grenzwert für



Abbildung 1: Abgesetzte Fe(III)(hydr)oxide in horizontal liegenden PET-Flaschen nach eintägiger Belichtung. (Foto: Daniel Gechter)

Arsen im Trinkwasser ist in Bangladesch wie auch in der Schweiz bei 50 µg/l festgelegt. In Bangladesch werden Arsenkonzentrationen im Grundwasser von bis über 1000 µg/l gemessen. Rund ein Drittel der Brunnen dort weisen Konzentrationen zwischen 50 und 250 µg/l auf.

Arsen kommt in den quartären Fluss- und Deltaablagerungen von Bangladesch vor. Durch die reduktive Auflösung von arsenreichen Eisen- und Mangan(hydr)oxiden wird das Arsen freigesetzt und gelangt ins Grundwasser; gleichzeitig wird das adsorbierte As(V) zu As(III) reduziert. Die daher auch natürlich vorkommenden hohen Konzentrationswerte an gelöstem Eisen (Fe²⁺) im Grundwasser (bis 20 mg/l) werden als Flockungsmittel im SORAS-Verfahren genutzt.

Im SORAS-Verfahren (**S**olar **O**xidation and **R**emoval of **A**rsenic) wird mit einigen Tropfen Zitronensaft pro Liter versetztes Wasser in PET-Flaschen gefüllt und einen Tag lang in horizontaler Lage an der Sonne belichtet. Dabei kommt es zur Photooxidation von As(III) zu As(V) und zur Flockung der Fe(III)(hydr)oxide (Abbildung 1). Danach werden die Flaschen über Nacht senkrecht aufgestellt, so dass sich die gebildeten Flocken zusammen mit dem adsorbierten As(V) absetzen können. Das überstehende Wasser wird später vorsichtig dekantiert, ohne den abgesetzten Schlamm aufzuwirbeln, oder durch ein Tuch filtriert.

Im Labor an der EAWAG war es möglich, durch das SORAS-Verfahren zwischen 80 und 90% As(III) zu oxidieren und zu entfernen.

Nach Abschluss der ersten SORAS-Feldversuche in Bangladesch zeigt sich aber, dass dort weniger Arsen abgetrennt werden kann als im Labor, nämlich zwischen 50 und 78%, durchschnittlich 67%. Die Photooxidation im natürlichen Grundwasser ist weniger vollständig als die im Labor mit synthetisch hergestelltem Wasser. Durch Zugabe des Oxidationsmittels Kaliumpermanganat (KMnO₄) ist es jedoch möglich, etwa 80% des Arsens zu entfernen (Abbildung 2).

Den Grenzwert berücksichtigend, würde das SORAS-Verfahren eine Behandlung von Rohwasser mit einem Arsengehalt von unter 100–150 µg/l ermöglichen; durch Zugabe von KMnO₄ könnte auch Rohwasser mit höheren Arsenkonzentrationen behandelt werden.

Das SORAS-Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass man ohne Zugabe von Chemikalien durchschnittlich 2/3 des Arsens entfernen kann und das Eisen durch Zugabe von 6–8 Tropfen Zitronensaft pro Liter Wasser und Belichtung innerhalb von Stunden zur Flockung bringt (Abbildung 2).

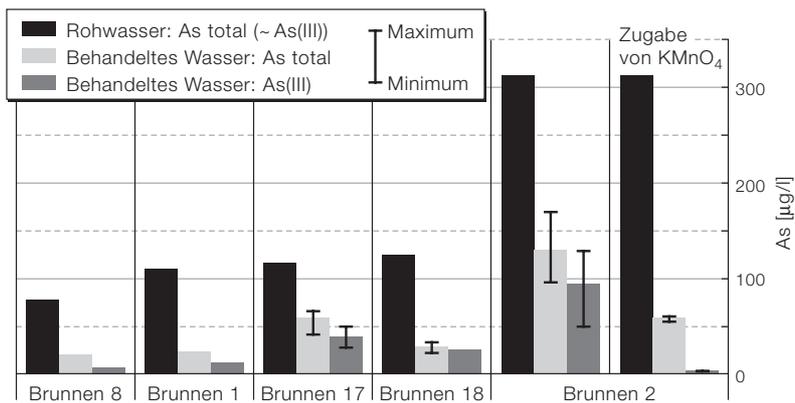


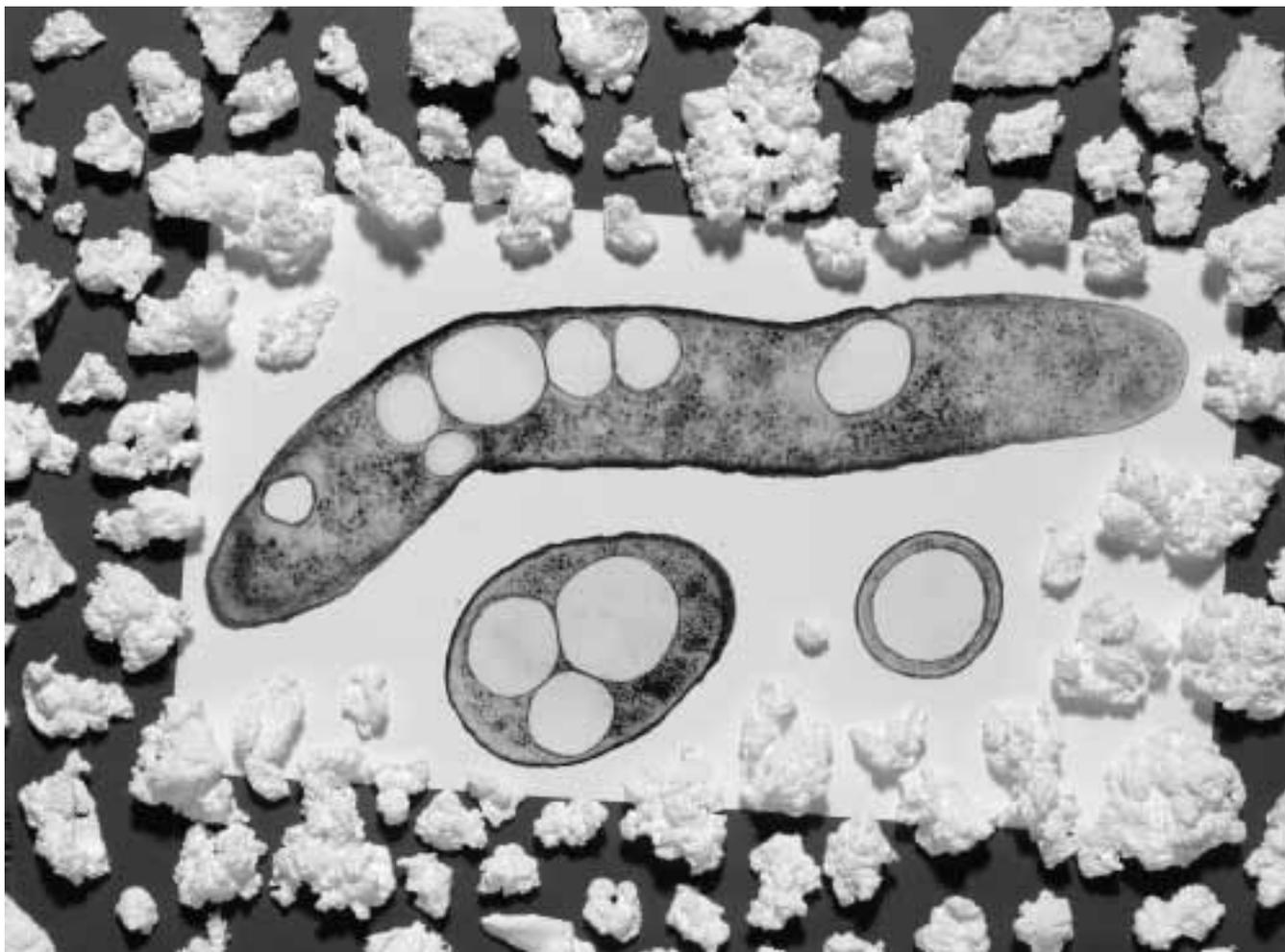
Abbildung 2: Arsenkonzentrationen im Rohwasser vor und nach der SORAS-Behandlung. Arsen im Rohwasser liegt zum grössten Teil in reduzierter Form als As(III) vor.

Bei der Akzeptanz des SORAS-Verfahrens durch die betroffene Bevölkerung spielt das Eisen eine Schlüsselrolle, da es sich im Gegensatz zu Arsen auf den Geschmack, auf den Geruch sowie auf die Farbe des Wassers auswirkt. Nach der Behandlung durch das SORAS-Verfahren verliert das Wasser den metallischen Geschmack, den schlechten Geruch sowie die rötliche Farbe. Dies motiviert die betroffene Bevölkerung, das SORAS-Verfahren auch wirklich täglich anzuwenden.

Ein Problem liegt darin, dass sich Eisen(III)(hydr)oxide an der Innenwand der Flaschen ablagern und regelmässig entfernt werden müssen. Sonst nimmt die für das Verfahren notwendige Transparenz der PET-Flasche im Verlauf der Zeit stark ab und der SORAS-Prozess wird wesentlich beeinträchtigt.

Zukünftige Feldtests sollen aufzeigen, ob es durch die Zugabe von KMnO_4 möglich ist, das SORAS-Verfahren auch an Tagen mit wenig Sonneneinstrahlung anzuwenden. Im Weiteren muss das Eisenablagerungsproblem gelöst werden, z.B. durch nur teilweises Füllen der Flaschen, damit das Wasser nicht in Kontakt mit der sonnenzugewandten Seite der Flasche kommt.

In vielen Regionen der Welt ist das Trinkwasser durch hohe Arsenkonzentrationen belastet. Wie die ersten Feldresultate aus Bangladesch zeigen, spielt die genaue örtliche Wasserzusammensetzung eine entscheidende Rolle für die Effizienz des SORAS-Verfahrens.



(Foto: H.R. Bramaz, Zürich)

Verhalten von Stoffen in der Umwelt

Biologisch abbaubarer Plastik aus Bakterien

Thomas Egli

Viele Bakterien lagern Reservestoffe ein, wenn sie unter Stickstoffmangel leiden, gleichzeitig aber einen Überfluss an Kohlenstoffverbindungen im Nährmedium angeboten bekommen. Eine Art dieser Reservestoffe hat plastikartige Eigenschaften. Diese «Bioplastiks» sind biologisch abbaubar, im Gegensatz zu den heute in grossen Mengen aus Erdöl produzierten Plastiks.

Die von vielen Bakterien als Baustoff- und Energiespeicher eingelagerten Reservestoffe (der chemische Überbegriff dafür ist PHA, was für **Poly-3-Hydroxy-Alkanoate** steht) sind miteinander verknüpfte Fettsäuren (Abbildung). Die einfachste Art dieses Speicherstoffes besteht aus einer Kette von Buttersäure-Einheiten (sog. Poly-3-Hydroxy-Buttersäure, PHB) oder aus einem Gemisch von Buttersäure und Valeriansäure (abgekürzt PHB/HV). Etwas seltener sind Bakterien, welche auch

grössere Moleküle als Bausteine für ihren Reservestoff brauchen können. So ist das Bakterium *Pseudomonas oleovorans* in der Lage, aus vielen länger-kettigen Fettsäuren, wie z.B. Oktansäure oder deren Derivate, PHA aufzubauen (Abbildung). Bei allen PHA ist das Rückgrat des Polymers identisch, währenddem die Seitenketten, je nach Art des zur Einlagerung zur Verfügung stehenden Moleküls, variieren. Die Arten und proportionalen Anteile dieser Seitenketten bestimmen die Eigenschaften des Bioplastiks. Potenzielle Anwendung können solche bio-abbaubaren Plastiks in vielen verschiedenen Gebieten finden, vom medizinischen Bereich als abbaubare Wundnäähfäden bis zum Verpackungsmaterial. Interessant sind vor allem Bioplastiks mit sog. «funktionalisierten» Seitenketten. Sie könnten den Anwendungsbereich stark erweitern.

Obwohl man weiss, dass einige Bakterienarten viele verschiedene Bausteine in ihren Bioplastik einlagern können, wurden noch wenige PHA in genügend grossen Mengen isoliert, um sie auf ihre mechanischen Eigenschaften hin untersuchen zu können.

An der EAWAG wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem über die Wahl der Wachstumsbedingungen im Bioreaktor die Zusammensetzung des in der Bakterienzelle gespei-

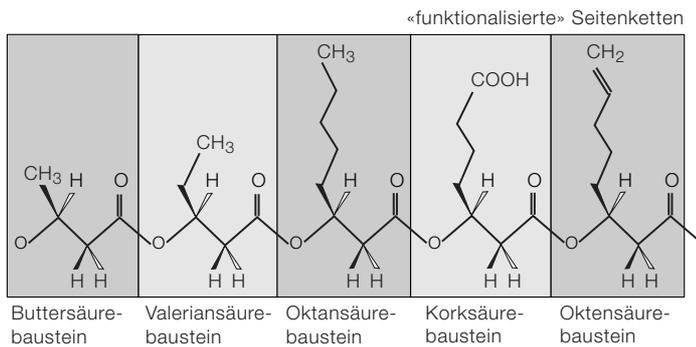


Abbildung: Chemische Struktur von einigen ausgewählten Bausteinen, aus denen Bioplastiks zusammengesetzt sein können.

cherten Bioplastiks auf einfache Art gesteuert werden kann. Mit Hilfe dieses Verfahrens wurden schon einige einfach zusammengesetzte Bioplastiks (PHB/HV) in Hundert-Gramm-Mengen produziert.* In einer Zusammenarbeit mit dem Institut für Biotechnologie der ETH Zürich und einem Industriepartner sollen nun nach diesem Verfahren grössere Mengen an verschiedenen Bioplastiks hergestellt werden.

* Siehe Kapitteltitelbild, S. 26: Bioplastik vorher und nachher – im Innern der Bakterienzellen (25 000fache Vergrößerung) als kleine weisse Vorratskügelchen und in gereinigter, unverarbeiteter Form als lockere, styroporartige, 1–2 cm grosse Klümpchen.

Wie beeinflusst das Sonnenlicht den Redoxkreislauf von Eisen im Epilimnion von Seen?

Lukas Emmenegger, René Schönenberger, Laura Sigg, Barbara Sulzberger

Eisen ist für aquatische Organismen ein essenzielles Element, das aber wegen seiner geringen Löslichkeit in Gegenwart von Sauerstoff nur beschränkt verfügbar ist. An den Beispielen des Greifensees und des Melchsees wird nachgewiesen, dass unter dem Einfluss von Sonnenlicht lösliches reduziertes Eisen(II) in den oberflächennahen Schichten gebildet wird. Diese Vorgänge sind sowohl für die Bioverfügbarkeit von Eisen als auch für Abbauprozesse von organischem Material wesentlich.

Eisen spielt in zahlreichen chemischen und biologischen Prozessen in aquatischen Systemen eine zentrale Rolle. Eisen kommt zwar meist in relativ hohen totalen Konzentrationen in Seen vor, aber seine Löslichkeit im Epilimnion von Seen in kalkreichen Gebieten, d.h. von nicht-sauren Seen, ist sehr gering, da im sauerstoffhaltigen Wasser vorwiegend schwer lösliche Eisen(III)(hydr)oxide vorliegen. Verschiedene lichtinduzierte Reaktionen führen direkt und indirekt zur Bildung von löslichen Spezies durch Reduktion von Eisen(III) zu Eisen(II). Bei hohem pH

(8–8.5 im Epilimnion) wird Fe(II) durch Sauerstoff rasch wieder oxidiert (Abbildung 1).

Um die tiefen Konzentrationen von Fe(II) im nanomolaren Bereich zu erfassen, wurde eine sehr empfindliche Online-Analysenmethode eingesetzt, die auf dem Nachweis von Fe(II) durch Chemolumineszenz in einem Fließinjektionssystem beruht. Bei Feldexperimenten wurde das Seewasser direkt in das mobile Analysegerät gesaugt und in weniger als 60 s analysiert. Mit dieser Methode wurden die zeitlichen und räumlichen Änderungen der Fe(II)-Konzentrationen im Epilimnion des Greifensees und des Melchsees im Tag-Nacht-Zyklus erfasst.

In beiden Seen haben wir einen deutlichen Tagesgang der Fe(II)-Konzentration beobachtet, wobei die Fe(II)-Konzentration in den obersten Wasserschichten am Tag mit der Lichtintensität zunahm und in der Nacht wieder unter die Nachweisgrenze absank. Im Melchsee wurde

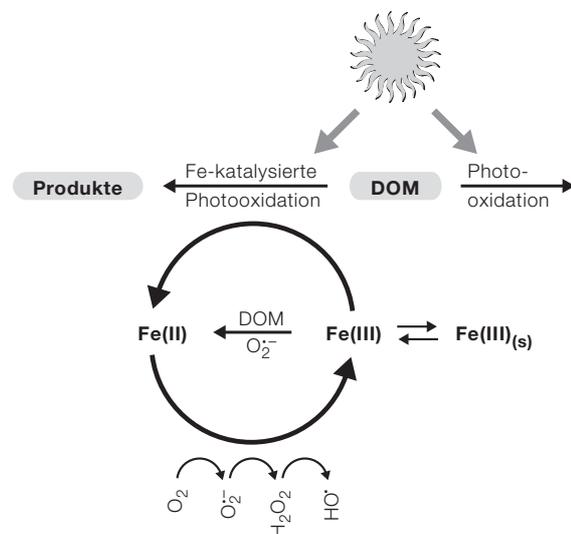


Abbildung 1: Schema des Eisenkreislaufs im Epilimnion von Seen. Fe(III) wird unter Lichteinstrahlung durch Reaktionen mit natürlichem, gelöstem organischem Material (DOM) und mit Superoxid (O_2^-) reduziert; Fe(II) wird durch Sauerstoff und reaktive Sauerstoffspezies rasch wieder oxidiert.

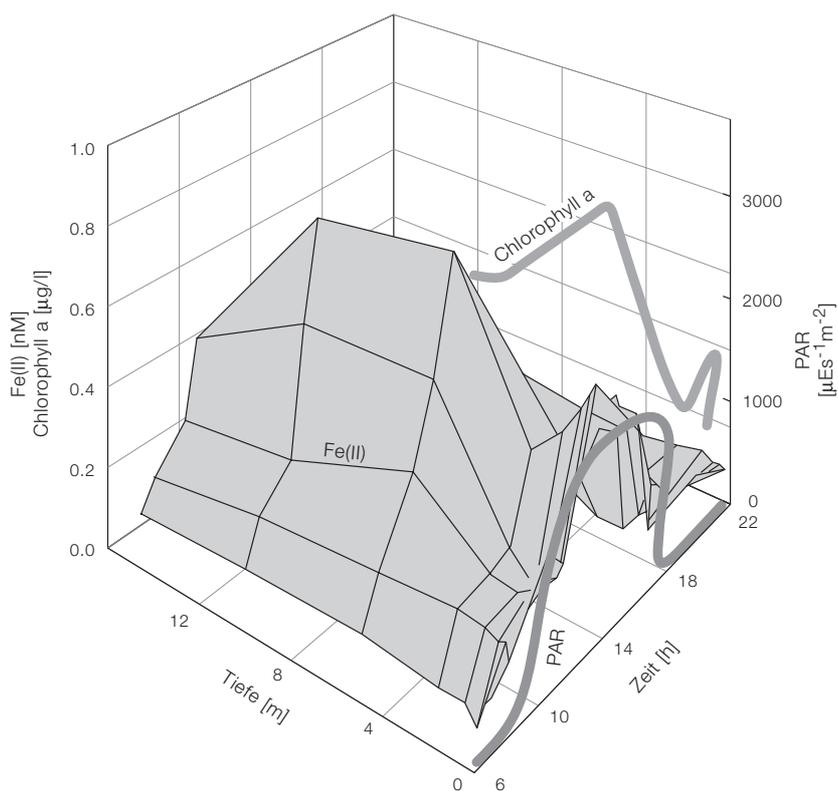


Abbildung 2: Konzentrationen von Fe(II), Chlorophyll a sowie photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) als Funktion von Zeit und Tiefe über einen Tagesgang im Melchsee. Die gemessene Fe(II)-Konzentration in den obersten Wasserschichten folgt der Lichtintensität (PAR) mit einem Maximum um die Mittagszeit. In 5 bis 10 m Tiefe tritt ein weiteres Maximum von Fe(II) zusammen mit der grössten Dichte an Algenbiomasse (Chlorophyll a) auf. In der Nacht sinkt Fe(II) im ganzen Tiefenprofil wieder unter die Nachweisgrenze.

Fe(II) zusammen mit der Lichtintensität und dem Chlorophyll a als Indikator für die Algenbiomasse während 16 Stunden bei klarem Wetter verfolgt (Abbildung 2). In der Nacht waren die Fe(II)-Konzentrationen im ganzen Tiefenprofil unterhalb der Nachweisgrenze. Am Tag baute sich ein deutliches Tiefenprofil von Fe(II) auf, das zwei Maxima aufwies, ein erstes an der Oberfläche und ein zweites in 5 bis 10 m Tiefe. Das Fe(II)-Tiefenprofil wies zudem bei hoher Lichtintensität eine ausgeprägte Ähnlichkeit mit dem gemessenen Chlorophyll-a-Profil auf.

Die Feldexperimente wurden durch Laborversuche zur Kinetik und zu den Mechanismen der lichtinduzierten Fe(II)-Bildung ergänzt. Aus diesen Versuchen und der Modellierung der Tiefenprofile lässt sich ableiten, dass das Fe(II)-Maximum an der Oberfläche als Folge von lichtinduzierten chemischen Prozessen auftritt, während das zweite Maximum wohl auf lichtinduzierte biologische Vorgänge zurückzuführen ist.

Diese Resultate weisen auf einen raschen Redoxkreislauf von Fe(II)/Fe(III) im Epilimnion von Seen hin, der die Verfügbarkeit von Eisen für das Phytoplankton wesentlich beeinflussen dürfte. Der lichtinduzierte Redoxkreislauf von Eisen im Epilimnion von Seen ist auch deshalb von Bedeutung, weil er an die Oxidation von natürlichem, gelöstem organischem Material (DOM) gekoppelt ist und damit auch die biologische Verfügbarkeit von DOM beeinflusst.

Abbau von Pestiziden auf Oberflächen durch Sonnenlicht

Marianne Balmer, Kai-Uwe Goss, René Schwarzenbach

Unter dem Einfluss von Sonnenlicht können auf Äckern ausgebrachte Pflanzenschutzmittel abgebaut oder in andere Substanzen umgewandelt werden. Obwohl dies für Pestizide ein bedeutender Abbauweg sein kann, ist sehr wenig über diese Prozesse bekannt. Wir stellen einen neuen Ansatz vor, der die Untersuchung und Quantifizierung solcher photochemischer Transformationen auf Bodenoberflächen ermöglicht.

Durch die Einstrahlung von Sonnenlicht können in der Natur chemische Reaktionen und Abbauprozesse ausgelöst werden. Solche photochemischen Umwandlungen von Pflanzenschutzmitteln auf Bodenoberflächen führen einerseits zu unerwünschten Effizienzeinbußen in der Wirkung der Pestizide, können andererseits aber auch einen wichtigen Beitrag zum Abbau gewisser Pestizide leisten. Obwohl die Untersuchung dieser photochemischen Transformationen für die Zulassung neuer Agrochemikalien verlangt wird, ist wenig darüber bekannt, wie diese Prozesse ablaufen.

Im Labor wird der photochemische Abbau von Pestiziden üblicherweise untersucht, indem zwei Millimeter dicke Bodenschichten mit künstlichem Sonnenlicht bestrahlt

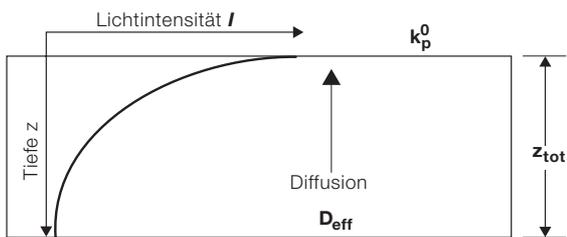


Abbildung 1: Das mathematische Modell zur Auswertung der photochemischen Abbauprobe auf dünnen Schichten berücksichtigt, neben der Reaktionskonstante (k_p^0) der reinen Photolyse, die Dicke der Schicht z_{tot} , die Abschwächung des Lichtes mit der Tiefe sowie den Transport der Substanz (mittels des Diffusionskoeffizienten D_{eff}) aus den weniger stark belichteten Zonen in die belichteten Bereiche der Schicht, wo der Abbau stattfindet.

werden und die Konzentrationsabnahme der zuvor aufgetragenen Substanz mit der Zeit bestimmt wird. Da das Licht nur sehr wenig tief – weniger als 0,2 mm – in diese Bodenschichten eindringt, findet der photochemische Abbau auch nur in diesem belichteten Teil der Schicht statt. Der restliche, dunkle Teil der Schicht dient aber als Reservoir, aus welchem das Pestizid in die belichtete Zone der Schicht nachgeliefert wird (Abbildung 1). Je kleiner der belichtete Anteil der Schicht ist und je langsamer die Nachlieferung, umso geringer ist die beobachtete Abbaugeschwindigkeit des Pestizids. Die Abbaugeschwindigkeit, die in einem solchen Laborsystem beobachtet wird, ist also nicht nur abhängig von der photochemischen Reaktionsgeschwindigkeit, sondern wird auch stark von der Dicke der verwendeten Schicht und von der Geschwindigkeit des Transportes der Substanz innerhalb der Bodenschicht beeinflusst.

Um die photochemischen Prozesse auf Böden besser zu verstehen, sind Testmethoden notwendig, welche eine Trennung von photochemischen Vorgängen und Transportprozessen ermöglichen. Wir haben im Labor eine Methode entwickelt, bei welcher sehr dünne, aber unterschiedlich dicke Schichten (0,01–0,5 mm) belichtet werden. Erste Tests wurden mit dem Pestizid Trifluralin auf dünnen Tonmineralschichten (Kaolinit) durchgeführt (Abbildung 2). Die bei diesen Versuchen gemessenen Abbaugeschwindigkeiten von Trifluralin wurden mit Hilfe eines mathematischen Modells ausgewertet. Dieses Modell berücksichtigt sowohl den Transport der Substanz in der Schicht wie auch die Abschwächung der Lichtintensität innerhalb der Schicht mit zunehmender Tiefe. Damit kann ein Wert für die Reaktionskonstante (k_p^0) der eigentlichen Photolyse abgeschätzt werden, welcher die Geschwindigkeit der photochemischen Umwandlung unabhängig von der Schichtdicke und der Transportgeschwindigkeit beschreibt. Dieser Ansatz soll das genauere Studium von lichtinduzierten Prozessen auf Böden ermöglichen und ist als Beitrag zur Entwick-

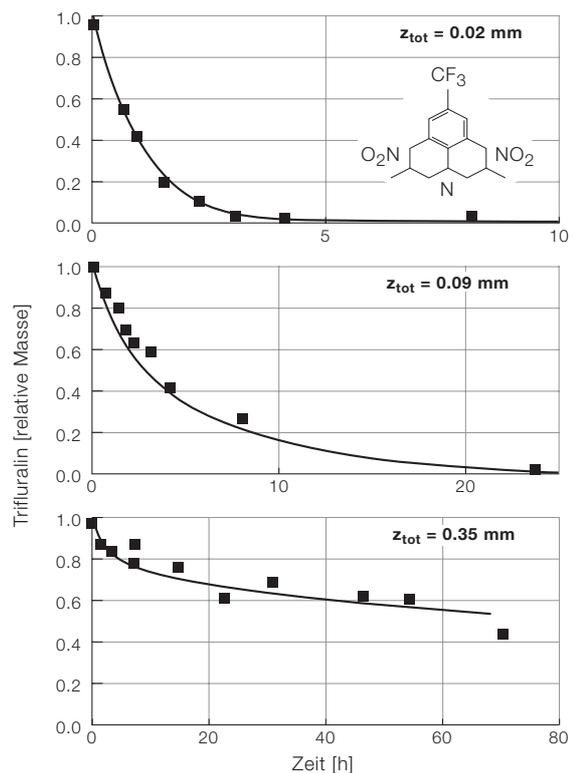


Abbildung 2: Die Grafik zeigt sowohl die gemessenen Werte (■) wie auch die durch das Modell berechneten photochemischen Abbaukurven (—) von Trifluralin auf verschiedenen dicken Kaolinitsschichten. Alle Kurven wurden mit einem Parametersatz für die Reaktionskonstante (k_p^0) und den Diffusionskoeffizienten D_{eff} berechnet. Es wird deutlich, dass die beobachtete Abbaugeschwindigkeit mit zunehmender Schichtdicke abnimmt. Bei den dickeren Schichten wird der Abbau durch die langsame Nachlieferung von Substanz aus den dunklen Zonen der Schichten stärker beeinflusst. Mit Einsatz des mathematischen Modells kann aber ein Wert für die photochemische Abbaugeschwindigkeit abgeschätzt werden, der nicht von der Schichtdicke abhängig ist.

lung eines Standardtestes für die Untersuchung photochemischer Umwandlungen von Pestiziden auf Bodenoberflächen zu verstehen.

Literatur

Balmer M.E., Goss K.-U., Schwarzenbach R.P.: Photolytic transformation of organic pollutants on soil surfaces – an experimental approach. Environ. Sci. Technol., in press.

Quantifizierung der Herbizide Metolachlor und Dimethenamid und ihrer Metaboliten in natürlichen Wässern

Stephan R. Müller, Siegrun Heberle, Roland Hany

Die Herbizide Metolachlor und Dimethenamid werden zum Teil zu sehr mobilen Carbonsäure- und Sulfonsäuremetaboliten abgebaut, welche auch im Grundwasser

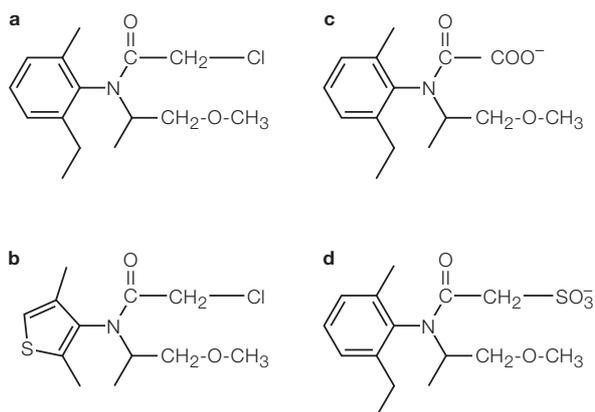


Abbildung 1: Chemische Strukturen von a) Metolachlor, b) Dimethenamid sowie den c) Carbonsäure- und d) Sulfonsäuremetaboliten von Metolachlor.

nachgewiesen werden. Deshalb wurde ein analytisches Verfahren entwickelt, welches erlaubt, die Wirkstoffe und auch ihre Metaboliten in Grund- und Oberflächengewässern in einem Arbeitsgang zu quantifizieren.

In den USA werden Acetamidherbizide schon seit längerer Zeit in grösseren Mengen vor allem im Maisanbau eingesetzt. Gewässeruntersuchungen in den USA zeigen, dass die Carbonsäure- und die Sulfonsäuremetaboliten in gleicher oder sogar höherer Konzentration als die Wirkstoffe selbst in Grund- und Oberflächengewässern vorkommen (Abbildung 1). Dies ist wahrscheinlich auf die hohe Mobilität und die grosse Stabilität der Metaboliten zurückzuführen. Weil Metolachlor und Dimethenamid auch in der Schweiz in zunehmendem Masse v.a. im Maisanbau eingesetzt werden, kann postuliert werden, dass diese Verbindungen und ihre Metaboliten ebenfalls in Schweizer Gewässern vorkommen bzw. in der Zukunft vermehrt auftreten werden.

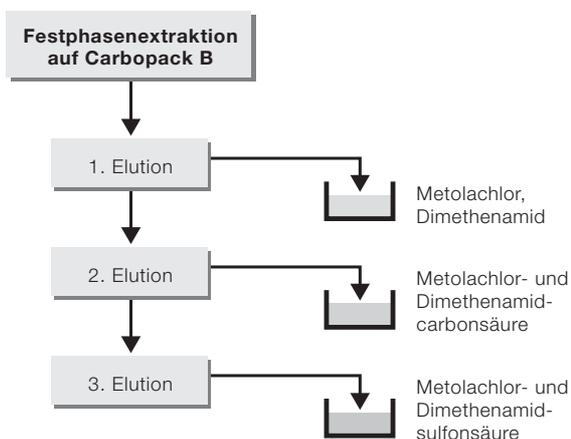


Abbildung 2: Schematische Darstellung der analytischen Methode (Anreicherung und dreifach selektive Elution).

Die an der EAWAG entwickelte analytische Methode [1] basiert auf der gemeinsamen Anreicherung der Verbindungen auf dem Festphasenextraktionsmaterial Carbo-pack B und ermöglicht es, die in ihrer chemischen Struktur sehr unterschiedlichen Verbindungen – die Wirkstoffe sind neutrale Verbindungen, die Abbauprodukte sind ionische Verbindungen – schnell, einfach und gemeinsam zu erfassen. Dies ist möglich, weil die graphitisierte Kohle von Carbo-pack B auch kationische Stellen besitzt, welche die ionischen Metaboliten binden können. Nach der Anreicherung werden die verschiedenen Verbindungsklassen in drei Schritten selektiv heruntergelöst (Abbildung 2). Im ersten Schritt werden (mit Methylchlorid/Methanol) die neutralen Verbindungen eluiert. Im zweiten und dritten Schritt folgen die Carbonsäuremetaboliten (Methylchlorid/Ethylacetat mit Chloressigsäure) respektive die Sulfonsäuremetaboliten (Methylchlorid/Methanol mit Ammoniumacetat). Die Carbonsäuremetaboliten können nach der Derivatisierung mit Diazomethan (Achtung: explosiv und kanzerogen!) wie die neutralen Wirkstoffe mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie quantifiziert werden. Die Sulfonsäuremetaboliten hingegen werden mittels Flüssigchromatographie und UV-Detektion erfasst.

Erste Messungen im Murtensee und im Einzugsgebiet des Greifensees zeigen, dass sowohl Metolachlor und Dimethenamid als z.T. auch die entsprechenden Carbonsäure- und Sulfonsäuremetaboliten nachgewiesen werden. Die verschiedenen Stereoisomere der Metaboliten können mit der ebenfalls an der EAWAG/EMPA entwickelten kapillarelektrophoretischen Methode identifiziert werden [2].

Die Methode erlaubt nicht nur die simultane Erfassung der Acetamidherbizide und ihrer Metaboliten. Im selben Arbeitsgang können gleichzeitig weitere wichtige Pestizide wie z.B. Atrazin und sein Metabolit Desethylatrazin, Mecoprop etc. erfasst werden. Zurzeit wird diese Methode zur Untersuchung der wichtigsten Quellen und Transportwege von Pestiziden in Grund- und Oberflächengewässern eingesetzt [3].

Literatur

- [1] Heberle S.A., Aga D.S., Hany R., Müller S.R.: Simultaneous quantification of acetanilide herbicides and their oxanilic and sulfonic acid metabolites in natural waters. Anal. Chem., in press.
- [2] Aga D.S., Heberle S., Rentsch D., Hany R., Müller S.R.: Sulfonic and oxanilic acid metabolites of acetanilide herbicides: separation of diastereomers and enantiomers by capillary zone electrophoresis and identification by ¹H NMR spectroscopy. Environ. Sci. Technol., 33, 3462–3468 (1999).
- [3] Heberle S.A., Singer H., Goudsmit G., Gerecke A., Leu C., Berg M., Müller S.R.: Spuren von Pestiziden in Gewässern. EAWAG news Nr. 48d, 20 (1999).

Bewertung des Grundwasser-Gefährdungspotenzials polarer Treibstoff-Bestandteile

Peter Kleinert, Torsten Schmidt, Stefan Haderlein

Aquatische Systeme werden immer wieder durch den Eintrag von fossilen Treibstoffen kontaminiert. Im Gegensatz zu den Hauptkomponenten der Treibstoffe ist über die Identität und das Umweltverhalten polarer Inhaltsstoffe wenig bekannt. Um das Grundwasser-Gefährdungspotenzial solcher Verbindungen zu beurteilen, müssen diese Substanzen identifiziert und ihr Übertritt in die Wasserphase quantifiziert werden.

Bei Havarien oder Leckagen von Tanklagern kann sich nach der Versickerung von Treibstoff (Benzin, Diesel, Kerosin) eine nichtwässrige Phase auf dem Grundwasserleiter ausbilden. Eine potenzielle Gefahr für das Grundwasser sind vor allem diejenigen Substanzen, welche leicht vom Treibstoff ins Wasser übergehen. Von den Hauptkomponenten im Benzin weisen die unpolaren BTEX-Aromaten (**B**enzen, **T**oluen, **E**thylbenzen, **X**ylen) eine beachtliche Wasserlöslichkeit auf, daher ist ihr Umweltverhalten recht gut untersucht. Unsere Arbeit zeigt aber, dass handelsübliche Treibstoffe auch polare aromatische Verbindungen enthalten, die bisher in Emissionsszenarien kaum berücksichtigt wurden. Polare organische Substanzen sind im ebenfalls polaren Wasser gut löslich. Um diese Verbindungen zu erfassen, untersuchten wir die wässrigen Extrakte von in der Schweiz handelsüblichen Markenbenzinen.

Wie das repräsentative HPLC-Chromatogramm eines solchen Extraktes zeigt (Abbildung), konnten neben den BTEX-Aromaten viele weitere UV-aktive Verbindungen nachgewiesen werden. Es ist uns gelungen, die meisten dieser polaren Verbindungen mittels HPLC-Massenspektrometrie und nachfolgenden Retentionszeit- und

Spektrenvergleichen mit Referenzsubstanzen eindeutig zu identifizieren. Es handelt sich im Wesentlichen um zwei Substanzklassen: Anilin und Phenol sowie deren methylierte Homologe.

Die Tendenz einer Verbindung, ins Wasser überzugehen ist umso grösser, je kleiner ihr Benzin-Wasser-Verteilungskoeffizient ist. Wir haben diese Koeffizienten für die identifizierten Aniline und Phenole experimentell bestimmt. Die im Vergleich zu Benzen und Toluol tiefen Werte bestätigen, dass diese Substanzen in hohem Masse in die wässrige Phase übergehen. Dieses Resultat zeigt sich auch in der chromatographisch erzielten Auftrennung. Da die Retentionszeit auf der verwendeten HPLC-Säule von der Polarität der Analyten abhängt, werden diese Verbindungen deutlich vor Toluol oder sogar Benzen eluiert (Abbildung).

Zum jetzigen Zeitpunkt können zwei wesentliche Schlussfolgerungen aus unserer Arbeit gezogen werden. Zum einen kann die Treibstoff-Wasser-Verteilung polarer Verbindungen nur sehr unzureichend durch die in vielen Tabellenwerken enthaltene Oktanol-Wasser-Verteilungskonstante abgeschätzt werden. Zum anderen ist eine recht grosse Zahl polarer, aromatischer Verbindungen in Benzinen vorhanden, die in hohem Masse ins Wasser übergehen. Da sowohl Aniline als auch Phenole kaum an die Feststoffmatrix im Untergrund sorbieren, sind sie im Grundwasser sehr mobil und können Trinkwasserfassungen erreichen, bevor bekannte Verunreinigungen wie BTEX detektierbar sind. Sofern kein Abbau stattfindet, stellen derartige polare Verbindungen ein bisher vernachlässigtes Gefährdungspotenzial für Trinkwasserfassungen dar, könnten aber auch als Indikatoren für sich nähernde Schadstoff-Fahnen dienen.

Für diese polaren Substanzen untersuchen wir zurzeit die Geschwindigkeit des Phasenüberganges und ihren Trans-

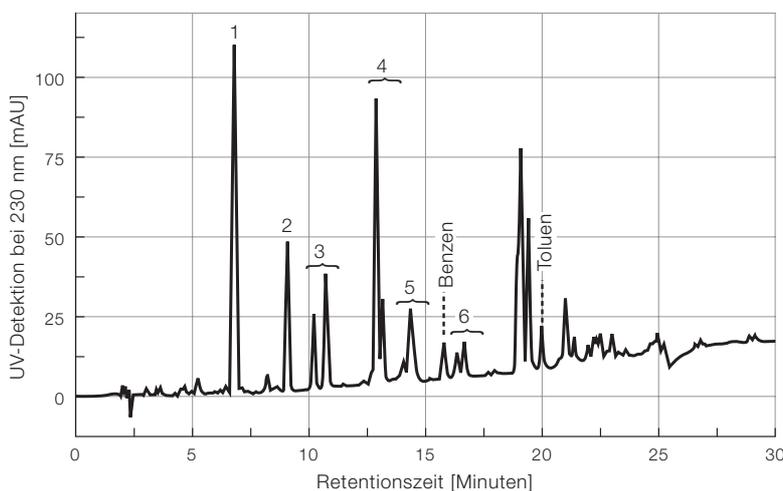


Abbildung: Typisches Chromatogramm des wässrigen Extraktes von einem handelsüblichen Benzin.

Peakzuordnung:

Benzen, Toluol

sowie die von uns identifizierten Verbindungen:

1 Anilin

2 Phenol

3 Methylaniline

4 Methylphenole

5 Dimethylaniline

6 Dimethylphenole

port im Untergrund einschliesslich Sorption und Abbau. Auch die Abhängigkeit der Benzin-Wasser-Verteilung von der Zusammensetzung der Treibstoffe ist Gegenstand zukünftiger Untersuchungen.

Rücklösung von Calcit aus Seesedimenten

Beat Müller, Ying Wang und Bernhard Wehrli

Eine Schlüsselstelle im globalen Kreislauf des Kohlenstoffs sind die Sedimente von Ozeanen und Seen. Hier entscheidet es sich, ob der abgelagerte Kohlenstoff in die Sedimente eingelagert und damit der Lebenswelt entzogen wird, oder ob er durch biogeochemische Prozesse wieder aus dem Sediment zurückgelöst werden kann. Messungen und Modelle zeigen, dass bei Seen die Rücklösung neben der Tiefe wesentlich von der Grösse der Calcitkristalle und diese wiederum von den Nährstoffverhältnissen der Seen abhängt.

In den Hartwasserseen des Schweizer Mittellands werden jeden Frühling, wenn sich die ersten grossen Algenblüten im wärmer werdenden Wasser bilden, grosse Mengen Kalk ausgefällt. Dabei bindet das Calcium, welches durch die Erosion der Gesteine im Einzugsgebiet in den See gelangt, den Kohlenstoff, der anorganisch als Carbonat vorliegt, und transportiert diesen ins Sediment. In der nur wenige Zentimeter mächtigen Schicht der Sedimentoberfläche finden intensive Mineralisierungsreaktionen

statt, bei denen Sauerstoff und andere Oxidationsmittel gebraucht werden und der pH bis um eine Einheit absinken kann. Ist allein dieses Milieu entscheidend für das Schicksal des Calcits?

Die Abbildung a zeigt den Fluss von Sauerstoff ins Sediment; Sauerstoff beeinflusst bei der Oxidation von organischem Material den pH und damit die Auflösung von Calcit am meisten. Die Sedimente des nährstoffreichen Sempachersees zehren vor allem nahe der Wasseroberfläche, wo durch die Sonneneinstrahlung sogar Photosynthese stattfindet, deutlich mehr Sauerstoff als in grösseren Tiefen. Sie unterscheiden sich jedoch sonst nicht markant von jenen des nährstoffarmen und naturnahen Vierwaldstättersees. Die Rücklösung von Calcit als Fluss von Calcium, in Abbildung b dargestellt, ist jedoch im Sempachersee trotz der viel höheren Fracht von organischem Material durchwegs deutlich tiefer.

Diese überraschende Feststellung stützt andere Beobachtungen von Ramisch et al. (1999), wo die Ursache für die Kinetik der Calcitauflösung vor allem in der Grösse der Kristalle gefunden wurde: bei der biogenen Ausfällung von Calcit in phosphatreichem Wasser werden die Kristalle grösser als im Wasser nährstoffarmer Seen. Durch ihre Grösse wird die Sedimentation beschleunigt und damit die Auflösung im offenen Wasser verkürzt. Im Sediment ist wegen der geringeren auflösungsaktiven Oberfläche die Rücklösung trotz tieferer pH-Werte im Porenwasser des Sempachersees ebenfalls verlangsamt, was wir hier in Messungen zeigen konnten. Damit besteht eine direkte Verbindung zwischen dem trophischen Zustand eines Sees und der Einlagerung von Calciten in seinen Sedimenten, deren Nutzung als Archive vergangener klimatischer Zustände von grosser Bedeutung ist.

Literatur

Ramisch F., Dittrich M., Mattenberger Ch., Wehrli B., Wüest A.: Calcite dissolution in two deep eutrophic lakes. *Geochim. Cosmochim. Acta* 63, 3349–3356 (1999).

Eine neue Methode zur Bestimmung von Phosphat- und Nitratfrachten in Fliessgewässern

René Gächter, Beat Müller, Ruth Stierli

Um die Auswirkungen von Ökomassnahmen in der Landwirtschaft beurteilen zu können, sind zuverlässige Methoden zur Erfassung der Phosphat- und Nitratfrachten in den Bächen des Einzugsgebiets nötig.

Zur Verfügung stehende Methoden (z.B. Fliessinjektionsanalyse, FIA) sind manchmal zu wenig sensitiv, oft stör-anfällig oder meist sehr wartungsintensiv und daher für

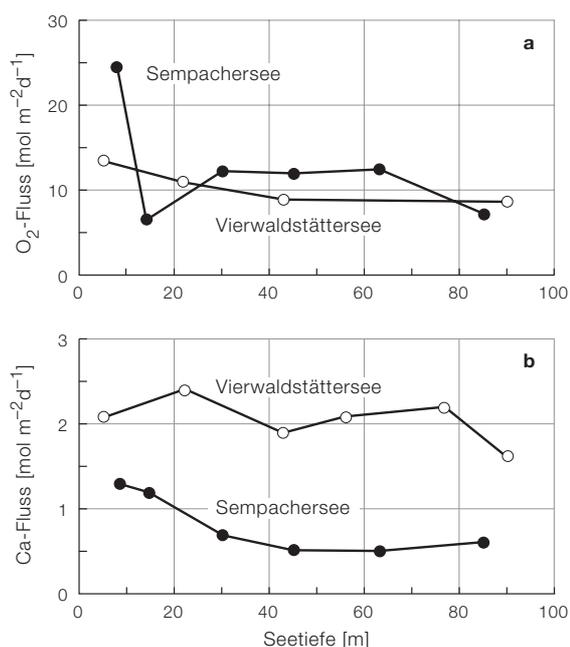


Abbildung: Stoffflüsse von Sauerstoff (a) ins Sediment und Calcium (b) aus den Sedimenten des Sempachersees (●) und des Vierwaldstättersees (○) in mol m⁻²d⁻¹ (Oktober 1998).

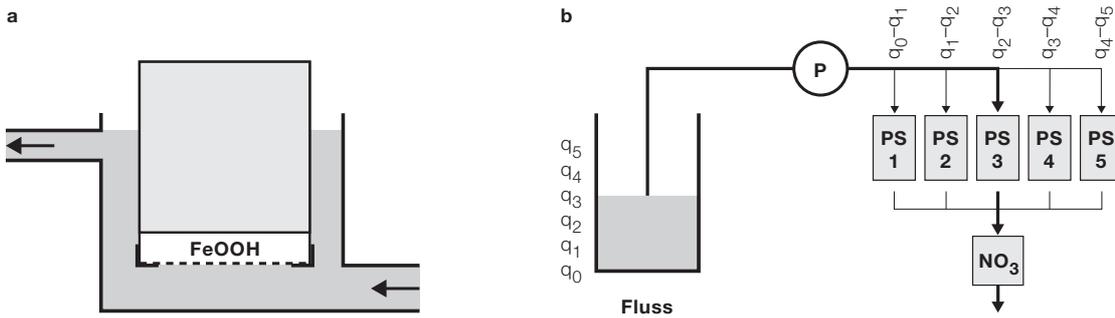


Abbildung a: Passivsammler (PS) mit FeOOH-Sediment auf der Membran. **b:** Prinzip des Messsystems mit variablem Abfluss im Bach, Pumpe (P), durch die Abflussmengen (q_n) gesteuertes Verteilsystem, das die Probe dem jeweiligen Abfluss entsprechend auf den richtigen Passivsammler PS_n leitet. Potentiometrische Messung der Nitratkonzentration inkl. Registrierung (NO_3).

ein routinemässiges Monitoring nicht geeignet. Auch bei der apparativ aufwändigen mengenproportionalen Be-
probung können Sorption/Desorption oder Nitrifikation/
Denitrifikation in Sammelproben die Resultate ver-
fälschen, und die auf Stichproben basierende Fracht-
bestimmung ist relativ ungenau.

Das ideale Überwachungssystem kontrolliert das Fliess-
gewässer kontinuierlich, integriert die gewonnene
Information über die Zeit oder registriert sie mit hoher
zeitlicher Auflösung, kommt ohne Filtration und ohne
photometrische Messung aus, ist wenig stör anfällig,
verlangt nur eine minimale Wartung (eine wöchentliche
Kontrolle genügt) und ist daher billig im Betrieb.

Das im Folgenden skizzierte System kommt dieser For-
derung sehr nahe. Es wird im Jahr 2000 im praktischen
Einsatz erprobt.

Phosphat: Der Passivsammler (PS) für Phosphat nutzt
die Eigenschaft von Eisenoxidhydroxid (FeOOH), Phos-
phat sehr stark zu sorbieren. Ein Gefäss, mit einer
FeOOH-Suspension gefüllt, wird mit einer Filtermembran
verschlossen und ins Flusswasser getaucht (Abb. a). Da
die Konzentration von gelöstem PO_4 im Passivsammler
vernachlässigbar klein ist, bewirkt die Konzentrations-
differenz zum Flusswasser einen konzentrations- und
zeitproportionalen PO_4 -Fluss vom Flusswasser in den
Sammler, wo das Phosphat am FeOOH sorbiert wird.
Nach der Sammelperiode wird das PO_4 auf dem FeOOH
bestimmt und daraus die mittlere PO_4 -Konzentration im
Flusswasser während der Exposition des PS bestimmt.

Um einen Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit im
Fluss auf die Diffusionsgeschwindigkeit durch die Memb-
ran auszuschliessen, wird, wie in der Abbildung b ge-
zeigt, ein Teilstrom mit konstanter Geschwindigkeit am
Passivsammler vorbeigeführt. Eine elektronische Steue-
rung misst den Abfluss und sorgt dafür, dass für ver-
schiedene Abflussmengenklassen verschiedene Passiv-

sammler angeströmt werden. Damit ist es möglich, jeder
Abflussklasse ihre mittlere PO_4 -Konzentration $[PO_4]_i$
zuzuordnen und über die Summierung der Teilfrachten
die Gesamtfracht während der Untersuchungsperiode
zu bestimmen.

Nitrat: Die NO_3 -Konzentration (0.1–1 mmol/l) wird konti-
nuierlich mit ionenselektiven Elektroden potentiometrisch
bestimmt. Die Messkette wird in vorgewählten zeitlichen
Abständen automatisch mit Standards bekannter Kon-
zentration geeicht, um die Potentialdrift der Elektroden
zu kompensieren. Das Messsystem ist modular und kann
mit andern Sensoren (z.B. NH_4 und pH) erweitert werden.

Simultane Bestimmung der C- und N-Totalgehalte

Adrian Ammann, Irène Brunner, Thomas Rüttimann

*Das arbeitsintensive Standardverfahren zur Bestimmung
der Gesamtstickstoffgehalte mit oxidativem nasschemi-
schem Druckaufschluss und anschliessender Nitrat-
bestimmung wurde abgelöst durch ein schnelles und
zuverlässiges Hochtemperaturverfahren (HTC). Dazu
konnte ein vorhandener C-Analysator verwendet werden,
der lediglich mit einem Detektor für NO_x -Gase ergänzt
werden musste. Die Ursache für die Minderbefunde
bei Konzentrationen >0.5 N mg/l, die zunächst eine An-
wendung dieser Methode verhinderte, konnte ermittelt
und behoben werden. Damit kann nun der TOC simultan
mit dem total gebundenen N (TN_b) und der DOC simultan
mit dem total gelösten N (TDN) bestimmt werden. Erst-
mals konnte in einem direkten Vergleich mit dem nass-
chemischen Verfahren anhand von Fluss- und Abwasser
die Gleichwertigkeit der beiden Verfahren bewiesen
werden.*

Für die Beurteilung der Wasserqualität und das Erstellen
von C- und N-Nährstoffbilanzen sind oft beide Totalge-

halte unumgänglich. Da für den gesamten organischen N (TON) keine Messmethode existiert, kann der TN_b auch nicht durch die Einzelmessung aller N-Parameter (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- und TON) ermittelt werden.

Zur Bestimmung des TOC hat sich seit einiger Zeit das zuverlässige und schnelle HTC-Verfahren ($\geq 700^\circ C$) mit Katalysator durchgesetzt. Was unter diesen Bedingungen mit dem gebundenen Stickstoff passiert, blieb vorerst unklar. Es wurden daher für die beiden Gesamtparameter separate Hochtemperaturgeräte entwickelt. Hoch empfindliche $NO_{x(x=1,2)}$ -Gasdetektoren auf der Basis einer Chemolumineszenz-Nachweisreaktion (CLD) wurden in N-Analysatoren eingesetzt. Diese reduzierten bereits den Arbeitsaufwand verglichen mit der nasschemischen Methode, haben aber den Nachteil, dass zwei verschiedene Geräte in Betrieb genommen und unterhalten werden müssen. Nachdem gezeigt werden konnte, dass unter den üblichen HTC-Bedingungen in den C-Analysatoren der gebundene Stickstoff einheitlich und vollständig in das Gas NO umgewandelt wird, wurde klar, dass das Potential dieser Methode noch nicht ausgeschöpft war. So wurden mit einem CLD gekoppelte C-Analysatoren verwendet, um gelöste Gesamt-N-Gehalte in Meerwasser mit tiefen Konzentrationen (C und N < 0.5 mg/l) zu bestimmen. Bei höheren Gehalten an organisch gebundenem N sowie Ammonium fanden die Praktiker schnell einmal deutliche Minderbefunde. Diese konnten wir bestätigen, als wir mit dieser Methode zu arbeiten begannen. Verglichen mit Nitrat wurden Ammo-

nium und alle untersuchten organischen N-Verbindungen nur zu 50–80% wieder gefunden. Nachdem wir die Ursache ermittelt hatten, genügte eine geringe Änderung in der heissen Zone, welche die C-Wiederfindung nicht beeinträchtigte, um quantitative Wiederfindungsraten für TDN und den partikulär gebundenen TN_b zu erhalten [1]. Kalibriert wurde ausschliesslich mit Nitrat und zur Validierung diente beim TDN die chemische Zusammensetzung von Reinstsubstanzen, während für den TN_b ein Vergleich mit dem nasschemischen Verfahren herangezogen werden musste. Erstmals liess sich anhand von Fluss- und Abwasser in einem direkten Vergleich einer repräsentativen Anzahl von TN_b -Werten der beiden Methoden deren Gleichwertigkeit belegen (Abbildung). Damit sind die Hindernisse beseitigt, die durch den fast prohibitiven Aufwand einem nutzbringenden Einsatz dieses Parameters in chemischen Umweltfragen entgegenstanden.

Literatur

- [1] Ammann A., Rüttimann Th., Bürgi F.: Simultaneous determination of TOC and total bound nitrogen in surface and domestic wastewater by optimised high temperature catalytic combustion. Water Research 2000, in press.

Minimierung der Bromatbildung bei der Ozonung von Trinkwasser

Ulrich Pinkernell, Urs von Gunten

Die Ozonung von Trinkwasser führt bei Anwesenheit von Bromid zur Bildung von Bromat, welches als potenziell kanzerogen eingestuft wird. 1998 wurde durch die EU und die US Environmental Protection Agency ein neuer Grenzwert von $10 \mu g/l$ im Trinkwasser festgelegt, welcher auch von der Schweiz übernommen wird. Durch gezieltes Eingreifen in den chemischen Bildungsmechanismus kann die Bromatbildung minimiert werden. Die dabei wichtigsten Faktoren wurden untersucht und ihr Einfluss auf die Bromatbildung beschrieben.

Für die Bromatbildung bei der Ozonung bromidhaltigen Wassers spielen verschiedene Parameter eine entscheidende Rolle. Abbildung 1 beschreibt den chemischen Mechanismus der wichtigsten Reaktionen zur Bildung von Bromat.

Man unterscheidet die abgebildeten Reaktionen generell als molekulare (Ozon, O_3) und radikalische Reaktionen (OH-Radikale, $\cdot OH$). Da die radikalischen Reaktionen trotz der wesentlich kleineren $\cdot OH$ -Konzentration zum Teil schneller ablaufen, tragen sie wesentlich zur Bildung von Bromat bei, während sie an der eigentlichen Desinfektion durch Ozon nicht beteiligt sind.

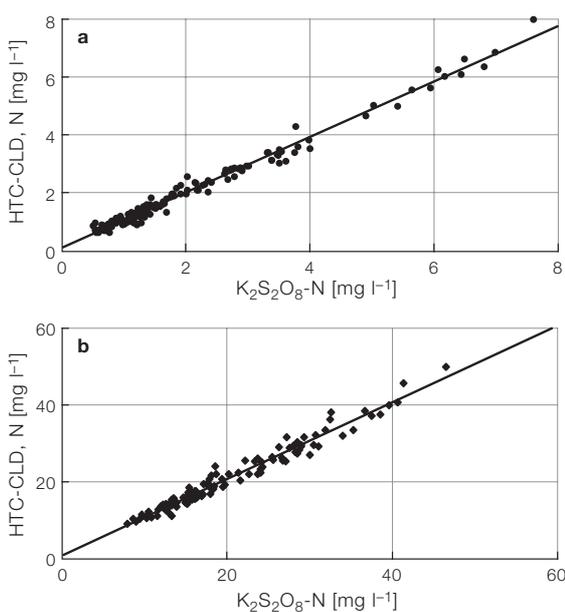


Abbildung: Vergleich der TN_b -Werte des Hochtemperaturverfahrens (HTC-CLD) mit der nasschemischen Methode ($K_2S_2O_8$) und der berechneten Regressionsgerade für a Flusswasser ($n = 149$) und für b Abwasser ($n = 99$).

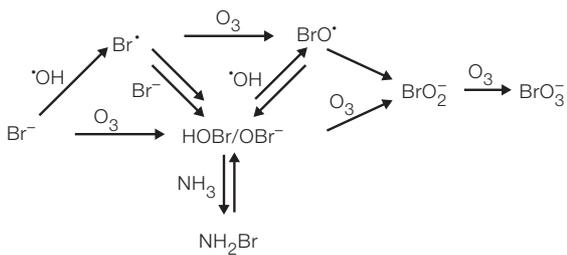


Abbildung 1: Reaktionsmechanismus der Bromatbildung bei der Ozonung.

Gemäss Abbildung 1 sind die wichtigsten Faktoren der Bromatbildung: Die Bromidkonzentration, da die Bromatbildung sich direkt proportional zu ihr verhält, und das Verhältnis der Konzentrationen von $\cdot\text{OH}$ -Radikalen und Ozon, welches durch die natürlichen Wasserqualitätsparameter DOC, Alkalinität, Temperatur und den pH-Wert bestimmt wird. Daneben spielt die Konzentration von unterbromiger Säure (HOBr) eine Schlüsselrolle; HOBr wird aus der Reaktion zwischen Bromid und Ozon gebildet.

Während die Bromidkonzentration vorgegeben ist, greifen Bromat-limitierende Massnahmen beim Verhältnis $[\cdot\text{OH}]/[\text{O}_3]$ und bei der HOBr-Konzentration ein. Durch Herabsetzung des pH-Wertes von z.B. 8 auf 6 kann das $\cdot\text{OH}/\text{O}_3$ -Konzentrationsverhältnis direkt verringert und somit bei gleich bleibender Ozon-Exposition auch die Bromatbildung stark reduziert werden, da die $\cdot\text{OH}$ -Oxidationskraft im System vermindert wird.

Die HOBr-Konzentration kann direkt durch Zugabe kleinster Mengen von Ammonium dem System entzogen werden: HOBr reagiert mit Ammoniak (NH_3) in einer Gleichgewichtsreaktion zu Bromamin (NH_2Br), welches nur langsam oxidiert wird und deshalb HOBr bezüglich der Bromatbildung maskiert.

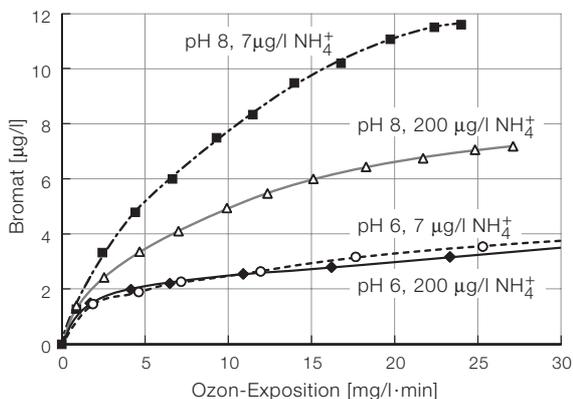


Abbildung 2: Limitierung der Bromatbildung durch pH-Reduktion und NH_4^+ -Zugabe (Seine-Wasser, $T = 10^\circ\text{C}$, $[\text{Br}^-] = 55 \mu\text{g/l}$, O_3 -Dosis = 2 mg/l).

Abbildung 2 zeigt die Effekte von pH-Erniedrigung und NH_4^+ -Zugabe auf die Bromatbildung, normiert auf die Ozon-Exposition bei der Ozonung von Seine-Wasser.

Ausgehend von einer hohen Bromatbildung bei hohem pH und niedriger Ammoniumkonzentration wurde in diesem Fall durch Absekung des pH von 8 auf 6 die Bromatbildung um 70% reduziert. Durch Zugabe von $200 \mu\text{g/l NH}_4^+$ bei gleich bleibendem pH 8 fiel die Bromat-Reduktion hier mit 40% niedriger aus. Höhere NH_4^+ -Konzentrationen zeigten dabei keine weitere signifikante Verbesserung. Dies liegt u.a. daran, dass ein Teil der Bromatbildung nicht über HOBr verläuft, sondern durch radikalisch dominierte Reaktionen erfolgt. Eine Kombination beider Massnahmen (pH 6, $200 \mu\text{g/l NH}_4^+$) zeigt in der Regel keine additive Steigerung der Bromatreduktion, da eine durch radikalische Reaktionen gebildete Grundmenge Bromat (hier ca. $2 \mu\text{g/l}$) kaum noch unterschritten werden kann.

Für die Trinkwasserpraxis kann somit mit einer pH-Ab-senkung von z.B. 8 auf 6 oder durch Zugabe von NH_4^+ eine deutliche Reduktion der Bromatbildung erreicht werden. Je nach Pufferkapazität des Wassers ist die Zugabe von NH_4^+ die kostengünstigere Variante.

Wassertransport in einer Schlackendeponie

Frank Hartmann, Hans-Peter Bader, Ruth Scheidegger, Peter Baccini

Bei der Kehrichtverbrennung ist Schlacke der mengenmässig bedeutendste Rückstand und wird in Deponien gelagert. In diesem Beitrag wird die Wasserdurchsickerung durch eine Schlackendeponie theoretisch und experimentell untersucht. Sickerwasser ist das wesentliche Transportmittel in solchen Deponien.

Entscheidend für die Wasserdurchsickerung ist die Porenstruktur eines Mediums. Untersuchungen haben gezeigt, dass Kehrichtschlacke neben Mikroporen (Durchmesser $< 50 \mu\text{m}$) eine grosse Zahl von Makroporen ($\approx 2/3$ der Gesamtporosität) besitzt. Bis heute ist unklar, ob der Wassertransport in solchen Deponien durch reine Mikro- und/oder Makroporenflüsse beschrieben werden kann. Deshalb werden hier zwei verschiedene Modelle untersucht:

- Das Modell «Mikroflux», welches im Computerprogramm «HYDRUS-1D» [2] implementiert ist, beschreibt Mikroflüsse unter Verwendung der Richards-Gleichung, welche normalerweise zur Beschreibung des Wassertransports in porösen Medien verwendet wird.

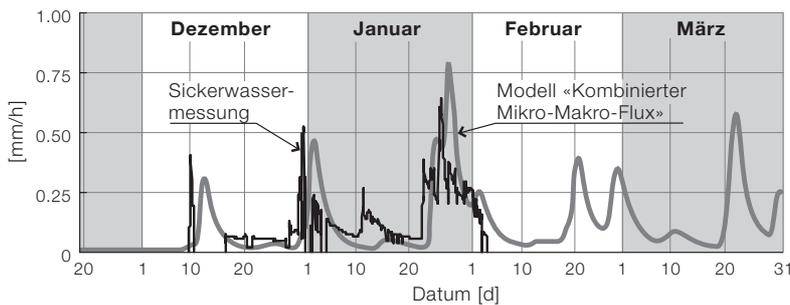


Abbildung: Vergleich des berechneten mit dem an der Deponiebasis gemessenen Sickerwasserfluss.

- Das Modell «Kombinierter Mikro-Makro-Flux» beschreibt Mikro- und Makroflüsse und ist implementiert im Computerprogramm «MACRO» [1]. Für den Mikrobereich wird auch hier die Richards-Gleichung verwendet, wogegen für den Makroflux reiner Gravitationsfluss angenommen wird.

Die Modelle werden an einem Datensatz der Deponie Riet bei Winterthur kalibriert, wo seit 1994 viertelstündlich Meteoparameter (Niederschlag, Windgeschwindigkeit, Strahlung, Lufttemperatur usw.) und das Sickerwasser an der Deponiebasis gemessen werden. Für den Zeitraum vom 9. Dezember 1994 bis 3. Februar 1995 (Abbildung) wurden insgesamt 126 mm Sickerwasser gemessen. Es zeigt sich, dass mit dem Modell «Mikroflux» auch bei unrealistischer Erhöhung einzelner sensitiver hydraulischer Parameter keine gute Übereinstimmung mit den gemessenen Sickerwasserdaten erreicht werden kann. Umgekehrt ergibt sich beim kombinierten Modell eine gute Übereinstimmung zwischen gemessener und berechneter Sickerwasserkurve (Abbildung). Die in der Abbildung ersichtliche Phasenverschiebung ist Gegenstand laufender Untersuchungen. Diese Ergebnisse werden auch in Simulationen über längere Zeitperioden bestätigt [3].

Das kalibrierte Modell wurde benutzt, um verschiedene Szenarien zu untersuchen wie das Langzeitverhalten einer abgedeckten Deponie, Vorgabe eines Dauerregens zur Simulation einer künstlichen Bewässerung und Einfluss von Extremniederschlägen nach längeren Trockenperioden.

Literatur

- [1] Jarvis N.J., Larsson M.: The MACRO Model (Version 4.1) – Technical Description. Swed. Univ. of Agricult. Sci., Dept. of Soil Sci., Uppsala 1998.
- [2] Simunek J., Huang K., van Genuchten M.T., Sejna M.: Hydrus-1D, Version 2.0, code for simulating the one-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably saturated porous media. US Salinity Lab. USDA, ARS; Riverside, California 1998.
- [3] Hartmann F.: Wassertransport in einer Schlackendeponie. Dissertation (Abschluss Frühjahr 2000)

Festphasenmikroextraktion als neue Methode zur Abschätzung der Bioverfügbarkeit von Chemikalien

Martin Schwarz, Michael Berg, Beate Escher

Die Festphasenmikroextraktion ist eine neuartige analytische Methode. Sie erlaubt es auf relativ einfache Weise, einen Beitrag zur Abschätzung der Bioverfügbarkeit organischer Substanzen für die Umwelt zu leisten. Neu steht die Methode auch für Chemikalien zur Verfügung, die zum Beispiel in Gewässern nicht nur in ungeladener, sondern auch teilweise in geladener Form (als Anion oder Kation) vorliegen.

Zur Auftrennung von Gemischen organischer Chemikalien mittels Gaschromatographie werden normalerweise Lösungen der Substanzen in organischen Lösungsmitteln wie Hexan verwendet. In der Gewässeranalytik besteht daher immer das Problem, die wässrigen Proben in ein organisches Lösungsmittel überzuführen. Dieser Schritt wird durch Festphasenmikroextraktion (SPME, aus dem englischen «solid phase microextraction») stark vereinfacht. Anstelle einer Extraktion der Chemikalien mit organischen Lösungsmitteln wird eine dünne, mit Kunststoff (Polyacrylat) beschichtete Glasfaser in die wässrige Probe gehalten. Die Chemikalien werden im Kunststoff angereichert oder extrahiert. Diese Faser wird anschließend bei hoher Temperatur in den Gaschromatographen gehalten, wo die Substanzen vom Kunststoff ins Gas übertreten und so der chromatographischen Auftrennung zugeführt werden.

Neben Anwendungen für Rückstandsmessungen von Hormonen, Pestiziden und weiteren umweltgefährdenden Chemikalien in Gewässern kann SPME auch verwendet werden, um einen wichtigen Parameter bei der Bewertung der Bioverfügbarkeit von Chemikalien abzuschätzen. Dieser Parameter beschreibt die Verteilung von Chemikalien zwischen Wasser und biologischen oder nichtbiologischen organischen Phasen. Organische Chemikalien halten sich relativ «ungern» im Wasser auf und tendieren dazu, in weniger polare Stoffe überzutreten. Wasser-

organismen bieten hier eine gute Angriffsfläche, und daher kommt es zu einer Anreicherung zum Beispiel in Fischen. Als Modell für Wasserorganismen werden natürlich keine Fische verwendet, sondern Phospholipid-Membranen. Dies sind Bestandteile von Zellen, wie sie in allen Lebewesen vorkommen.

Zur Bestimmung der Verteilung einer Chemikalie zwischen dem Wasser und den Phospholipid-Membranen wird ein Gemisch aller drei Komponenten hergestellt, worin deren Konzentrationen genau bekannt sind. Parallel dazu wird ein Gemisch nur aus Wasser und der Chemikalie hergestellt. Beide Proben werden nun mit SPME gemessen, wobei aber darauf geachtet wird, dass nur ein möglichst kleiner Teil der Chemikalie entfernt wird, um die Verteilung zwischen dem Wasser und den Membranen nicht zu stören. Im Gemisch mit Membranen kann man nun eine Abnahme der Chemikalienmenge gegenüber dem Gemisch ohne Membranen beobachten, woraus sich berechnen lässt, wie viel Substanz durch die Membranen aufgenommen wurde.

Dieses Verfahren stand bislang nur für neutrale, ungeladene Chemikalien zur Verfügung. Es wurde aber beobachtet, dass geladene Substanzen auch teilweise mit SPME extrahiert werden können. Dabei werden Kationen gar nicht und Anionen nur teilweise extrahiert. Aber auch wenn die Ionen nicht extrahiert werden, können die Verteilungsverhältnisse über einen genügend weiten pH-

Bereich gemessen werden, um die Verteilungskoeffizienten der einzelnen chemischen Formen einer Verbindung zu extrapolieren. Dieser Sachverhalt wurde nun dazu benutzt, um die Verteilung zwischen Membranen und Wasser auch für geladene Chemikalien zu ermitteln.

Die Abbildung zeigt die Verteilung in Phospholipid-Membranen am Beispiel der basischen Verbindung 2,4,6-Trimethylanilin, das bei pH 4.4 zu gleichen Teilen in seiner kationischen, protonierten Form (BH⁺) und in neutraler Form (B) vorliegt. Die Aufnahme in die Membranen verringert sich mit abnehmendem pH, aber geht nicht auf null. Das heißt, dass auch das Kation an die Membran bindet, auch wenn der Verteilungskoeffizient des Kations nicht direkt experimentell zugänglich ist, weil mit SPME keine Kationen extrahiert werden. Die in der Abbildung gezeigten Daten können gegen die Fraktion an neutraler Spezies aufgetragen und Verteilungskoeffizienten der beiden Molekülformen HB⁺ und B extrapoliert werden. Die erhaltenen Werte (Anreicherung von B um Faktor 200 und von HB⁺ um Faktor 90) stimmen gut mit Resultaten überein, die mit anderen experimentellen Methoden bestimmt wurden.

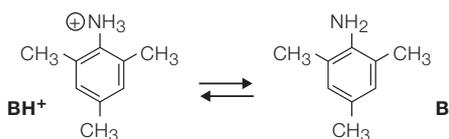
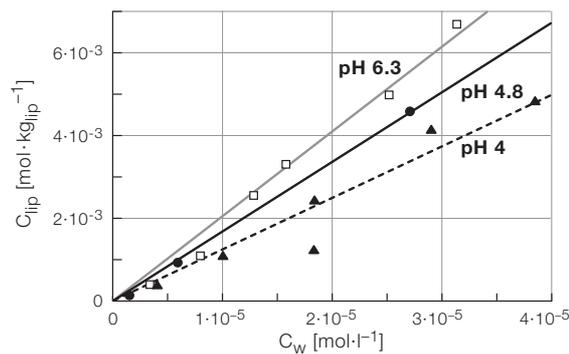


Abbildung: Mit Festphasenmikroextraktion bestimmte Anreicherung der Substanz 2,4,6-Trimethylanilin in Phospholipid-Membranen. Die aufgenommene Menge (C_{lip}) ist in Abhängigkeit der Konzentration im Wasser (C_w) bei verschiedenen pH-Werten aufgetragen. Bei pH 4 (▲) liegen 70% BH⁺ und 30% B vor, bei pH 4.8 (●) ist das Verhältnis gerade umgekehrt (30% BH⁺ und 70% B) und bei pH 6.3 (◻) ist praktisch nur das neutrale Teilchen vorhanden (1% HB⁺).



(Foto: Armin Peter, EAWAG)

Ökosystemforschung

Verursacht die kosmische Strahlung Klimaänderungen auf der Erde?

Gerhard Wagner, Jürg Beer, David M. Livingstone, Raimund Muscheler

Ein Vergleich der kosmischen Strahlung mit der mittleren globalen Bewölkung im Zeitbereich von 1980–1996 führte zu der weit beachteten Hypothese, dass ein Teil der seit rund 100 Jahren beobachteten Erderwärmung durch die kosmische Teilchenstrahlung verursacht wurde [1, 4]. Diese im Zusammenhang mit dem Treibhauseffekt interessante Hypothese steht allerdings im Widerspruch zu Radionuklidmessungen im grönländischen Eis sowie zu Klimadaten der Schweizer Alpen.

In den letzten Jahren mehrten sich die Hinweise, dass Klimaveränderungen auf der Erde mit Änderungen in der Sonnenaktivität einhergehen. Allerdings werden die anhand von Satellitenmessungen beobachteten Schwankungen der Solarkonstanten von 1.5% als zu gering erachtet, um die beobachteten Klimaveränderungen auf der Erde zumindest zum Teil erklären zu können.

In diesem Kontext schlugen kürzlich dänische Wissenschaftler einen neuen Wirkungsmechanismus vor, wie die veränderliche Sonnenaktivität Einfluss auf das Klima der Erde nehmen könnte [1, 2]. Ihrer Hypothese nach beeinflusst die veränderliche Sonnenaktivität die Intensität der in die Erdatmosphäre eindringenden kosmischen Strahlung, welche möglicherweise für die Bildung eines Teils der Bewölkung verantwortlich ist. Gemäss diesem Modell erzeugt die kosmische Strahlung Ionen, welche als Kondensationskeime für die Bewölkung fungieren. Die Hypothese beruht auf der hohen Korrelation zwischen der kosmischen Strahlung und der mittleren globalen Bewölkung im Zeitbereich von 1980–1996. Da die Bewölkung massgeblich die Strahlungsbilanz der Erde beeinflusst, ist nach dieser Hypothese auch ein Einfluss auf das Klima zu erwarten.

Mit Hilfe der in Eisbohrkernen gespeicherten Information kann diese Hypothese überprüft werden. Die Eisbohrkerne zeichnen sich dadurch aus, dass sie synchron einerseits die eindringende kosmische Teilchenstrahlung und andererseits Klimaänderungen der Vergangenheit aufzeichnen. Die Abbildung zeigt Resultate aus dem GRIP-Eisbohrkern (**Greenland Ice Core Project**) als Funktion der Zeit. In der Abbildung a ist der gemittelte kombinierte ^{10}Be - und ^{36}Cl -Fluss dargestellt (hohe Frequenzen herausgefiltert), der direkt proportional zur eindringenden

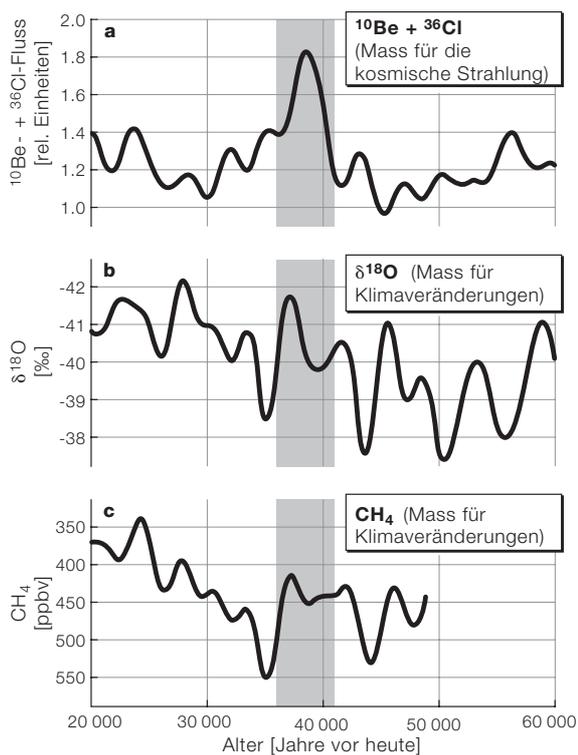


Abbildung a: Kombiniertes ^{10}Be - und ^{36}Cl -Fluss (normiert und tiefpassgefiltert) des GRIP-Eisbohrkerns von Grönland als Funktion der Zeit. Der ^{10}Be - und ^{36}Cl -Fluss ist ein direktes Mass für die eindringende kosmische Teilchenstrahlung. b und c: $\delta^{18}\text{O}$ - und CH_4 -Daten des GRIP-Eisbohrkerns, die ein Mass für überregionale Klimaveränderungen sind. Der Zeitbereich 36 000 bis 41 000 Jahre vor heute mit erhöhter kosmischer Strahlung ist schraffiert dargestellt (vgl. Text).

kosmischen Teilchenstrahlung ist [3, 4]. Das Fraktionierungsverhältnis der Sauerstoffisotope ($\delta^{18}\text{O}$) und die CH_4 -Daten (Abbildung b und c) stellen ein Mass für Klimaveränderungen dar. Ein Vergleich der indirekten Klimadaten $\delta^{18}\text{O}$ und CH_4 mit dem ^{10}Be - und ^{36}Cl -Fluss zeigt, dass die Datensätze nicht korreliert sind. Dies gilt sowohl für den Zeitbereich von 20 000 bis 60 000 Jahre vor heute, insbesondere aber auch für den Zeitbereich von 36 000 bis 41 000 Jahre vor heute, als die eindringende kosmische Teilchenstrahlung fast um einen Faktor 2 erhöht war.

Die Schlussfolgerung aus der Abbildung ist, dass zumindest auf der Datengrundlage des grönländischen Eisbohrkerns GRIP die Hypothese nicht bestätigt werden kann, dass die variable kosmische Strahlung Klimaveränderungen verursacht. Ein vergleichbarer Schluss wurde aus Klimadaten der Schweizer Alpen gezogen. Während der letzten 30 Jahre ist die beobachtete Bewölkung und Temperatur am Jungfraujoch und Säntis nur sehr schwach ($r^2 < 4\%$) mit der eindringenden kosmischen Teilchenstrahlung korreliert [4].

Literatur

- [1] Svensmark H.: Influence of cosmic rays on earth's climate. Phys. Rev. Lett. 81, 5027–5030, 1998.
- [2] Svensmark H., Friis-Christensen E.: Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage – a missing link in solar-climate relationships. J. Atm. Sol. Terr. Phys. 59, 1225, 1997.
- [3] Wagner G.: Die kosmogenen Radionuklide ^{10}Be und ^{36}Cl im Summit-GRIP-Eisbohrkern. Diss. ETH Zürich, Nr. 12 864.
- [4] Wagner G., Beer J., Masarik J., Muscheler R., Livingstone D.M.: The influence of cosmic rays on the Earth's climate: some results relevant to the discussion of the validity of the Svensmark hypothesis. Geophys. Res. Lett., eingereicht.

Der grossskalige Einfluss der nordatlantischen Oszillation auf das Auftauen von Seen in der nördlichen Hemisphäre

David M. Livingstone

Grossskalige Klimaphänomene beeinflussen die regionale Meteorologie und deshalb auch die Oberflächentemperatur und Eisbedeckung von Seen. Langjährige historische Beobachtungen der Eisbedeckung mehrerer Seen der nördlichen Hemisphäre zeigen einen Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt des Auftauens und einem Index für Luftdruckschwankungen über dem Nordatlantik im Winter. Der Zusammenhang hat sich im Laufe der letzten 130 Jahre zum Teil merklich verändert.

Das laufende EU-Projekt «REFLECT» (mit EAWAG-Beteiligung) befasst sich mit dem grossskaligen Einfluss des Klimas auf Seen, u.a. auf den Zeitpunkt des Auftauens eisbedeckter Seen. Der Auftauzeitpunkt, der den Übergang zwischen zwei qualitativ verschiedenen Seezuständen markiert, ist von kritischer Bedeutung für die Physik, Chemie und Biologie des Sees. Er wird vorwiegend von meteorologischen Faktoren bestimmt, die z.T. von grossskaligen Klimaphänomenen gesteuert werden. Die nordatlantische Oszillation (NAO) – eine Bezeichnung für grossräumige Luftdruckschwankungen, die über dem Nordatlantik stattfinden – ist eines dieser Phänomene, die vor allem im Winterhalbjahr das Klima in grossen Teilen der nördlichen Halbkugel stark beeinflussen.

Die NAO wird mit einem Index quantifiziert, der aus der Differenz zwischen dem auf den Azoren und dem in Island gemessenen Luftdruck gebildet wird. Hohe Indexwerte bedeuten einen grossen Luftdruckgradienten und damit starke Westwinde, die warme, feuchte Meeresluft nach Nordeuropa und Zentralasien bringen. Tiefe Indexwerte hingegen bedeuten einen geringen Luftdruckgradienten und schwache oder fehlende Westwinde, was eher kaltes, trockenes Wetter in Eurasien zur Folge hat. In seltenen Fällen kann der Luftdruckgradient negativ

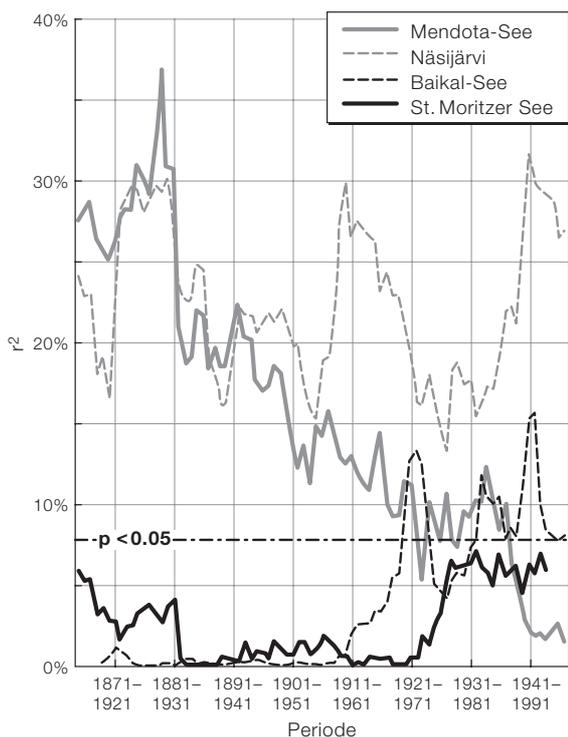


Abbildung: Das Bestimmtheitsmass r^2 zeigt den Anteil der erklärten Varianz zwischen dem Index der nordatlantischen Oszillation (NAO) im Winter (Dezember–März) und dem Zeitpunkt der Eisschmelze verschiedener Seen der nördlichen Hemisphäre. Zeitliche Änderungen von r^2 während der letzten 130 Jahre deuten auf eine sich ändernde Beeinflussung des Zeitpunktes der Eisschmelze durch die NAO. $p < 0.05$ bezeichnet eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%.

werden, was die Zufuhr von Polarluft über Fennoskandien nach Mitteleuropa bewirkt und deshalb dort ungewöhnlich kalte Winter verursachen kann. Dies war z.B. 1963 der Fall, als der Zürichsee letztmals zufror.

Die Abbildung zeigt den Zusammenhang zwischen der Stärke der NAO im Winter und dem Zeitpunkt des Auftauens von vier Seen: der Näsijärvi in Finnland ist repräsentativ für Fennoskandien, der St. Moritzer See für das Alpengebiet, der Baikal-See für Ostsibirien und der Mendota-See in Wisconsin USA für Zentralnordamerika. Gleitende Korrelationen historischer Zeitreihen der Kalenderdaten der Eisschmelze mit dem Winterindex der NAO zeigen folgende Resultate [1, 2]:

- Da Fennoskandien im unmittelbaren Einflussbereich des Island-Tiefs liegt, ist hier am ehesten ein starker Einfluss der NAO auf die Seen zu vermuten. Dies bestätigt sich beim Näsijärvi, wo der Zusammenhang zwischen der NAO und dem Zeitpunkt der Eisschmelze trotz kurzfristiger Schwankungen immer stark ist.
- Obwohl das Alpengebiet nicht weit vom Aktivitätszentrum der NAO liegt, werden die Lufttemperaturen

dort wesentlich weniger von der NAO beeinflusst als in Fennoskandien, da der klimatische Einfluss der NAO in Europa vom Norden nach Süden abnimmt. Deshalb ist beim St. Moritzer See der Zusammenhang zwischen der NAO und dem Zeitpunkt der Eisschmelze sehr klein und nur zeitweise im späten 20. Jahrhundert nachzuweisen.

- Ostsibirien liegt weit entfernt vom Aktivitätszentrum der NAO. Trotzdem werden die im Winter und Frühling dort herrschenden Lufttemperaturen von der NAO wesentlich mitgeprägt, so dass der Zeitpunkt der Eisschmelze beim Baikal-See auch signifikant mit der NAO zusammenhängt; aber auch hier nur in Teilen des späteren 20. Jahrhunderts.
- Die überraschendsten Resultate liefert der Mendota-See. Studien, die nur auf Daten ab 1930 beruhen, deuten darauf hin, dass die NAO die Lufttemperatur in Zentralnordamerika nur wenig beeinflusst. Trotzdem war während der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts der Zusammenhang zwischen der NAO und dem Zeitpunkt der Eisschmelze des Mendota-Sees ungefähr gleich ausgeprägt wie beim Baikal-See. Am Ende des 19. Jahrhunderts war dieser Zusammenhang noch viel stärker, vergleichbar mit demjenigen beim Näsijärvi. Allerdings nahm er in der Folge kontinuierlich ab. Gleichzeitig verstärkte sich der Einfluss der mit dem El-Niño-Phänomen eng verbundenen südlichen Oszillation (SO).

Die langfristige Abnahme des Einflusses der NAO und der zunehmende Einfluss der SO auf den Auftauzeitpunkt des Mendota-Sees, zusammen mit der im 20. Jahrhundert erfolgten Zunahme des Einflusses der NAO auf die Auftauzeitpunkte des St. Moritzer Sees und des Baikal-Sees, deuten auf eine Änderung des geographischen Einflussgebietes der NAO im Laufe des 20. Jahrhunderts hin. Früher war der klimatische (und limnologische) Einfluss der NAO in Nordamerika anscheinend stärker als heute, dafür in Sibirien schwächer. Szenarien, die den Einfluss der globalen Veränderungen auf unsere Wasserressourcen voraussagen sollen, dürfen deshalb die möglichen Folgen einer künftigen Verschiebung der Einflussgebiete der NAO und der SO nicht ausser Acht lassen.

Literatur

- [1] Livingstone, D.M.: Large-scale climatic forcing detected in historical observations of lake ice break-up. Verh. Internat. Verein. Limnol., 27, in press.
- [2] Livingstone, D.M.: Ice break-up on southern Lake Baikal and its relationship to local and regional air temperatures in Siberia and to the North Atlantic Oscillation. Limnol. Oceanogr., 44, No. 6, 1486–1497 (1999).

Wirken die Flachseen im Donau-Delta als natürliche Filter für Nährstoffe?

Jana Friedrich, Christian Dinkel, Sandra Steingruber, Erwin Grieder, Silviu Radan (Bukarest), Bernhard Wehrli

Die Donau ist mit 77% der grösste Süsswasserlieferant für das Schwarze Meer und stellt zugleich auch dessen grösste Nährstoffquelle (Stickstoff, Phosphor, Silizium) dar. Die Seen im Donau-Delta/Rumänien fixieren durch Pflanzenaufnahme, biologischen Abbau und Einlagerung im Sediment weit mehr als 50% der eingetragenen Nährstoffe.

Das Delta der Donau mit seinen Flussarmen, Schilfgebieten und Flachseen ist mit 5800 km² das zweitgrösste Flussdelta Europas (Abbildung 1). Bisher war nur sehr wenig über das Selbstreinigungspotential des Donau-Deltas bekannt.

Gemeinsam mit Wissenschaftlern des Instituts «Geo-EcoMar» in Bukarest (Rumänien) führten wir zwei Expeditionen ins Delta durch, um der Frage nachzugehen, in welchem Umfang die Flachseen Nährstoffe aus dem Wasser entfernen. Wir untersuchten drei Seen während des Frühjahrshochwassers und bei niedrigem Wasserstand am Ende des Sommers. Dabei wurden Nährstoffe im Wasser und im Sedimentporenwasser gemessen, der Nährstoffaustausch zwischen Wasser und Sediment bestimmt, Experimente zum Nitratabbau zu Luftstickstoff durchgeführt sowie Sedimentproben zur Bakterienanalyse und Altersbestimmung gewonnen. Ausserdem untersuchten wir die Methanbildung in den Seen.

Erste Ergebnisse zeigen, dass die Seen wichtige Nährstoffsinken sind. Auch bei unterschiedlicher Nährstoffbelastung und unterschiedlichem Pflanzenbewuchs werden weit mehr als 50% der eingetragenen Nährstoffe im See fixiert. Dies geschieht durch Aufnahme von Nährstoffen durch Wasserpflanzen, mikrobiellen Abbau und

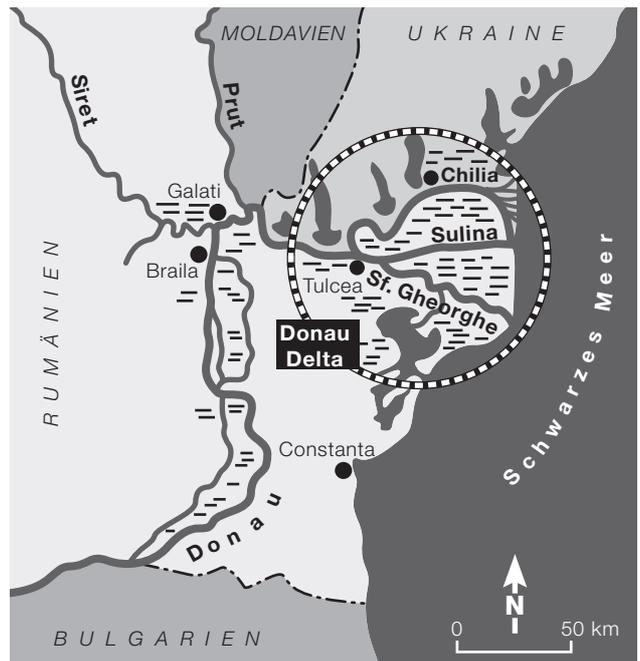


Abbildung 1: Übersichtskarte des Donau-Deltas. Das Delta beginnt nach der Teilung der Donau in Tulcea in die drei Hauptarme Chilia, Sulina und Sfintu Gheorghe (□□□). (Vgl. die Abbildung im Beitrag Jürg Bloesch, S. 66)

Einlagerung im Sediment. Der See Uzlina (Abbildung 2) wird durch nährstoffreiches Wasser aus dem südlichen Donauarm Sfintu Gheorghe gespeist und war im Juni 1999 stark mit Wasserpflanzen bewachsen. Der See nimmt aus dem Wasser ca. 91% des täglichen Phosphat-, 88% des Ammonium- und 71% des Nitratreintrags auf. Etwa 20–40% des Nitratabbaus im Sediment werden über Denitrifikation als Luftstickstoff an die Atmosphäre abgegeben. Die Seen im Delta wirken als wichtige natürliche Filter für gelöste Nährstoffe. Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit werden eine wichtige Arbeitsgrundlage für das Donau-Delta-Biosphären-Reservat und das Donau-Delta-Institut in Tulcea bilden.

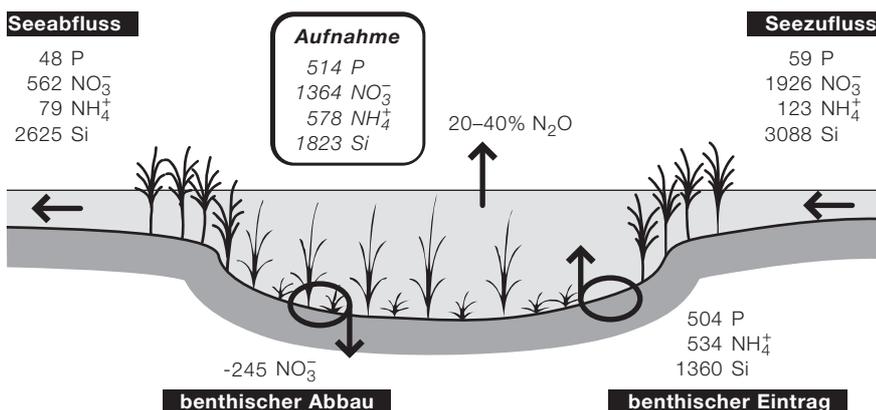


Abbildung 2: Nährstoffbudget für See Uzlina bei Hochwasserstand im Juni. Angaben in kg pro Tag.

Natürliche Auendynamik entlang des «Fiume Tagliamento»

Dave B. Arscott, Klement Tockner, James V. Ward

Ohne die Kenntnis natürlicher Prozesse in dynamischen Flussläufen bleibt es schwierig, die Tragweite menschlicher Eingriffe zu bewerten und sinnvolle Managementmassnahmen zu entwickeln. Jüngste Untersuchungen in einer der letzten Wildflusslandschaften Europas zeigen, wie dynamisch und vielfältig Flussauen sein können und welche morphologischen Vorgänge hierfür verantwortlich sind.

Der 150 km² grosse Korridor des Tagliamento im Nordosten Italiens vermittelt noch heute das Bild einer Wildflusslandschaft, wie es für zahlreiche Alpenflüsse bis vor 150 bis 200 Jahren kennzeichnend war. Zugleich weist dieser Fluss im Längsverlauf die fast modellhafte Abfolge gestreckter, verzweigter, gewundener und mäandrierender Abschnitte auf. Für Geomorphologen und Ökologen stellt der Tagliamento daher ein einzigartiges Freiluftlabor dar, in dem im grossen Massstab die Dynamik von weitestgehend natürlichen Auenlandschaften untersucht werden kann [1]. Wie vielfältig und komplex Auen sein können, zeigen die jüngsten Untersuchungen. Anhand von Luftbildern, Karten und Feldaufnahmen mittels eines Differential-GPS (Global Positioning System) wurde die räumliche und zeitliche Veränderung aquatischer Lebensräume untersucht. Vergleichende Kartierungen vor und nach einer herbstlichen Hochwassersaison ermöglichten

es, zusätzlich die «turnover»-Rate, das heisst die Lagestabilität der einzelnen Augewässer, zu bestimmen. Sechs charakteristische Flussabschnitte wurden ausgewählt und die Daten mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) analysiert.

Die Ergebnisse zeigen

- eine unerwartet grosse Anzahl an unterschiedlichen Typen von Augewässern (wie Seitengerinne, ephemere Tümpel, alluviale Grundwasseraufstösse), wobei die Gesamtvielfalt im verzweigten Mittellauf mit Inselbildungen am höchsten ist;
- eine Verschiebung von permanent fliessenden zu vermehrt stehenden Gewässern im Längsverlauf und
- eine ausgeprägte Umlagerungsdynamik. In einem Zeitraum von nur vier Monaten sind in einer Aue des Oberlaufes mehr als 60% aller Gewässer neu entstanden. Aber auch im mäandrierenden Abschnitt ist die hochwasserbedingte Umgestaltung der Gewässer noch beträchtlich (knapp 30% Neubildungen).

Charakterisieren den Oberlauf sprunghafte Verschwenkungen der Gerinne, man spricht von «Avulsionen», so treten im Mittel- und Unterlauf verstärkt Seitenerosionen auf (Abbildung).

Trotz dieser ausgeprägten Umlagerungen ändert sich die relative Zusammensetzung der einzelnen Gewässertypen kaum. Das heisst, dass natürliche Auenlandschaften durch hochwasserbedingte zyklische «Verjüngungsprozesse» im Zustand eines dynamischen Gleichgewichtes

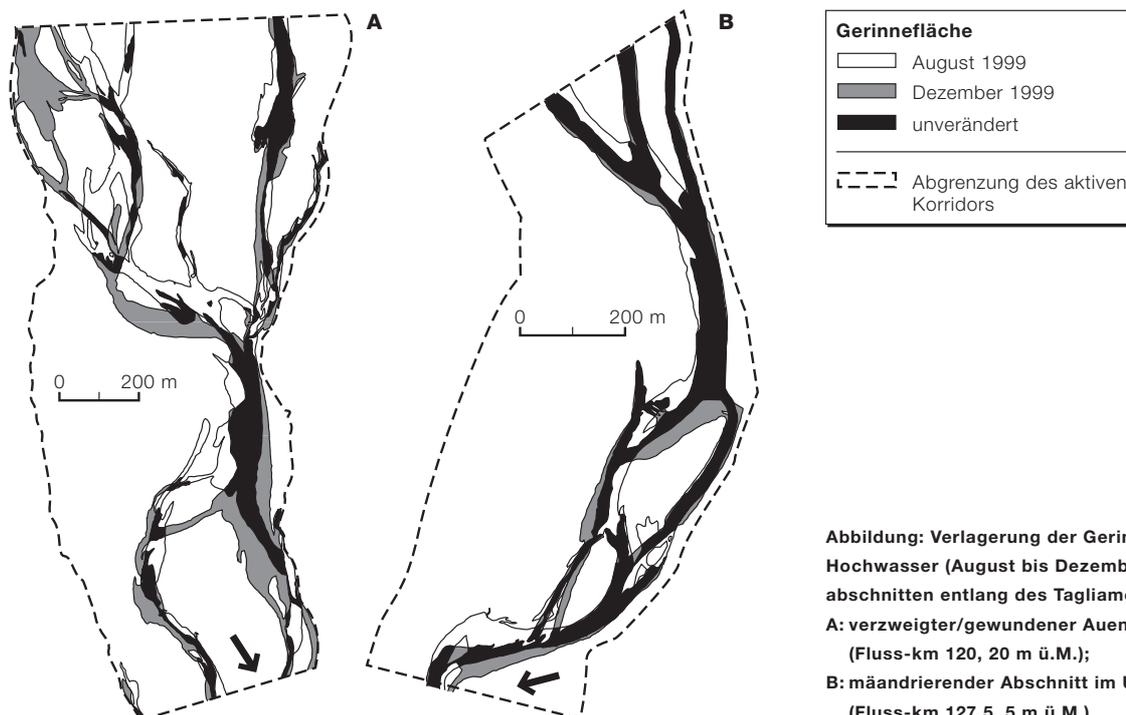


Abbildung: Verlagerung der Gerinne durch herbstliche Hochwasser (August bis Dezember 1999) in zwei Auenabschnitten entlang des Tagliamento.

A: verzweigter/gewundener Auenabschnitt im Mittellauf (Fluss-km 120, 20 m ü.M.);

B: mäandrierender Abschnitt im Unterlauf (Fluss-km 127.5, 5 m ü.M.).

erhalten werden. Fallen diese Umlagerungsprozesse weg, führt eine gerichtete Entwicklung zum Verlust von frühen Sukzessionsstadien und zugleich zu einer Vereinheitlichung der Landschaft – leider ein Merkmal der meisten unserer Flussauen. So stellt sich die Frage, welches Minimum an morphologischer Dynamik notwendig ist, damit die charakteristische Lebensraumvielfalt und somit die hohe Biodiversität von Auen sich selbst erhalten kann. Fragen wie diese stehen im Mittelpunkt der laufenden Untersuchungen am Tagliamento, der somit ein Referenzökosystem von europäischer Bedeutung ist.

Literatur

- [1] Ward J.V., Tockner K., Edwards P.J., Kollmann J., Bretschko G., Gurnell A.M., Petts G.E., Rossaro B.: A reference river system in the Alps: the «Fiume Tagliamento». *Regulated Rivers: Res. & Manag.* 15, 63–75 (1999).

Räumliche Modellierung des Eintrags von organischem Material in eine glaziale Schwemmebene (Val Roseg, Oberengadin)

Rainer Zah, Urs Uehlinger

Für viele wirbellose Wasserbewohner sind Laub, Nadeln und andere Pflanzenteile der Ufervegetation eine wichtige Nahrungsgrundlage. Während eines Jahres wurde an 60 Stellen im Val Roseg der Eintrag von Laub und Nadeln gemessen. Mit diesen Daten und mit Informationen aus Infrarot-Luftbildern haben wir anschliessend in einem Geographischen Informationssystem (GIS) modelliert, wie

viel Laub und Nadeln in die verschiedenen Wasserläufe der Roseg-Schwemmebene gelangen.

Gletscherbäche sind extreme Lebensräume, in denen die Umweltbedingungen für Algen häufig sehr ungünstig sind: Im Sommer behindern starke Trübung und Geschiebetransport den Algenaufwuchs, im Winter sind viele Gletscherbäche schneebedeckt. Forschungsergebnisse an Waldbächen zeigten, dass Wasserinsekten bei limitiertem Algenwachstum auf organisches Material wie Laub oder Nadeln als Nahrungsquelle ausweichen. Im Rahmen eines Projekts über den Energie- und Kohlenstoffhaushalt alpiner Fließgewässer haben wir bestimmt, wie viel organisches Material aus der Uferzone in eine von Gletscherschmelzwasser beeinflusste Schwemmebene gelangt.

Untersuchungsgebiet ist der obere Teil des Val Roseg (Gemeinde Samedan, Oberengadin). Die komplexe Struktur dieses Gewässersystems (Abbildung 1) erforderte die Entwicklung einer neuen Methodik zur Bestimmung der Einträge an organischem Material (OM): An 60 Stellen im Untersuchungsgebiet wurde mit Fallen der Eintrag über die Luft gemessen. Diese Felddaten haben wir mit räumlichen Informationen aus Infrarot-Luftbildern wie Hangneigung, Abstand zum nächsten Baum und Vegetationsdichte korreliert. Aus den gewonnenen Beziehungen wurde schliesslich in einem geographischen Informationssystem (GIS) die räumliche Verteilung der OM-Einträge im ganzen Untersuchungsgebiet modelliert (Abbildung 2) und für die Flächen der verschiedenen Gewässertypen quantifiziert.

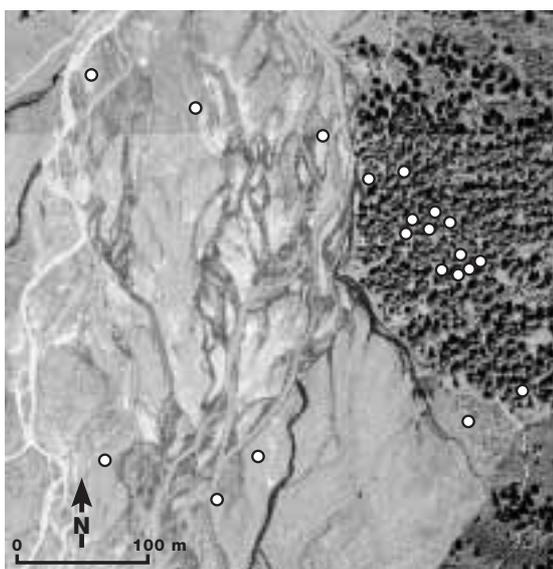


Abbildung 1: Ein Ausschnitt aus den korrigierten Infrarot-Luftbildern (Orthophotos) mit dem Gewässernetz und dem angrenzenden Hangwald (südlich Alp Misaun). Die Kreise markieren Fallen, die den Eintrag von organischem Material messen.

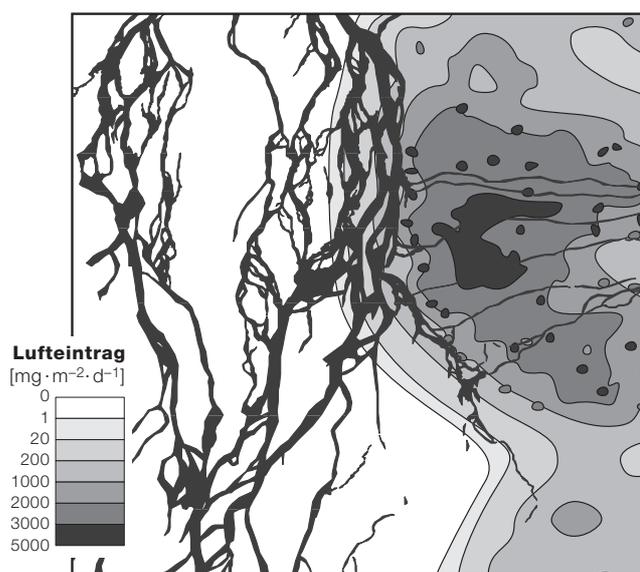


Abbildung 2: Im gleichen Bildausschnitt die Ergebnisse einer Modellrechnung des Luftpfeintrags von terrestrischem Material gültig für Oktober 1998. Flecken mit hoher Konzentration entsprechen der Lage von Arven und Bergföhren im Lärchenwald.

Gewässertyp	Fläche (km ²)	Mittlerer Eintrag (mg·m ⁻² ·d ⁻¹)	Gesamteintrag (kg·d ⁻¹)
Hauptbach, permanent	0.084	18.6	1.57
Hauptbach, temporär	0.020	5.0	0.10
Grundwasserbach	0.007	6.4	0.04
Hangwasserbach	0.003	192.4	0.66
Zuflüsse	0.005	442.5	2.32
Waldbäche (Literatur)		100–2500	
Tundra-Bäche (Literatur)		0–10	

Tabelle: Quantifizierung des Lufteintrags von terrestrischem Material für die verschiedenen Gewässertypen im Val Roseg und Vergleich mit Literaturwerten.

Die gemessenen Lufteinträge bestanden zu 75% aus Nadeln (Lärchen, Arven und Bergföhren) und zu 25% aus anderem organischem Material wie Gras, Borke oder Tannzapfen. Da der Nadeleintrag exponentiell mit der Entfernung zum nächsten Baum der jeweiligen Art korrelierte, konnte der Eintrag der verschiedenen Nadelarten aufgrund der Lage der Einzelbäume mit genügender Genauigkeit modelliert werden. Die Tabelle zeigt, dass der mittlere Eintrag für die verschiedenen Bachtypen der Schwemmebene sehr unterschiedlich war. Der direkte Eintrag von terrestrischem OM in das Hauptgerinne des Gletscherbachs ist so gering wie beispielsweise bei Bächen in der Tundra. Der Eintrag in die seitlichen Zuflüsse entspricht dagegen den Literaturwerten für Waldbäche. Wenn wir alle Wasserläufe im Untersuchungsgebiet betrachten, ist der Gesamteintrag in den Hauptwasserlauf des Gletscherbachs ähnlich hoch wie in die Zuflüsse, obwohl der flächenspezifische Eintrag 20-mal niedriger ist.

Als Nächstes werden wir die verschiedenen Prozesse, welche organisches Material in das Flusssystem eintragen, miteinander vergleichen, indem wir weitere Transportwege (seitlicher Hangeintrag, Eintrag durch das Schmelzwasser des Gletschers und Remobilisierung von OM durch Erosionsprozesse) im GIS räumlich modellieren.

Dynamische Habitatsbenützung von Fischen in einer Flussaue des Brenno

Patrick Fischer, Armin Peter

Flussaunen sind äusserst dynamische Systeme. Auenabschnitte gelten als wichtige Zentren für die Artenvielfalt der Fische. Die dynamischen Veränderungen erlauben den Fischen, die Habitate zeitlich und räumlich unterschiedlich zu nutzen. Ganz speziell wird auf die Reaktion

der Bachforelle, Äsche sowie des Südströmers auf die dynamischen Veränderungen eingegangen.

Flussaunen sind aquatisch-terrestrische Übergangssysteme, die durch den Menschen überaus stark beeinflusst werden. Entlang der meisten Fließgewässer sind die Auen verschwunden oder in ihrer natürlichen Dynamik stark eingeschränkt. In Auen treten verschiedenartigste Wasserkörper auf, die durch Fische sehr unterschiedlich besiedelt werden. Das Hauptgerinne verzweigt sich in Seitengerinne, die teilweise ihre Verbindung zum Hauptfluss verlieren. Dabei entstehen temporär isolierte Pools. Abgeschnittene Altarme und Quellbäche sind weitere Formen, die zeitweise von Fischen besiedelt werden. Die Kombination von stehenden und fließenden Wasserkörpern sowie die grossflächigen Uferzonen ergeben einen besonders wertvollen Lebensraum. Die Habitatsbenützung der Fische in kleinen Flussaunen ist kaum bekannt. Von besonderem Interesse ist ihre Reaktion auf Hochwasser, die isolierte Wasserkörper kurzfristig vernetzen und Neubesiedlungen ermöglichen.

Im Frühling/Sommer 1999 wurde die unterste Flussaue des Brenno (Bleniotal TI) bei Loderio untersucht (s. Kapiteltitelfoto, S. 38). Diese weist ein verzweigtes Gerinne auf und ist zirka 1 km lang. Das mittlere Gefälle beträgt 0.9%. Das Einzugsgebiet des Brenno hat in den letzten 40 Jahren einschneidende hydrologische Veränderungen erfahren, die hauptsächlich auf den Bau der Kraftwerke zurückzuführen sind (Bauzeit 1959–1964). Die Abflussmenge des Brenno wurde dadurch um mehr als 2/3 reduziert.

Im gesamten Brenno wurden bisher 12 Fischarten nachgewiesen (Bachforelle, Seeforelle, Regenbogenforelle, Bachsaibling, Äsche, Aal, Alet, Südströmer, Elritze, Groppe, Hundsbarbe, Südbarbe). Mit Ausnahme des Bachsaiblings kommen in der Aue bei Loderio alle diese Fischarten vor, fünf davon (Regenbogenforelle, Aal, Alet, Südströmer und Elritze) ausschliesslich in der Aue oder in deren näherer Umgebung.

Die Bachforelle ist diejenige Fischart, die fast alle Gewässerkörper der Aue besiedelt. Temporär isolierte Pools werden von ihr aber gemieden. Deutliche Unterschiede ergaben sich in der Habitatwahl juveniler und adulter Individuen. Die jungen Forellen (Alter 0+) bevorzugten die nur wenig tiefen, strömungsarmen Zonen in den Seitengerinnen, den Uferzonen des Hauptflusses sowie in den Zuflüssen. Adulte Bachforellen hingegen waren vor allem an tiefen Stellen anzutreffen (Hauptfluss, Zuflüsse, Seitengerinne). Die Strömungsgeschwindigkeit an diesen Stellen war deutlich höher als an den Aufenthaltsorten der Jungfische. Bei erhöhter Wasserführung zogen sich die Bachforellen in die Uferzonen zurück.

Der Südströmer gilt als gefährdete Art, ist aber in der Aue von Loderio häufig anzutreffen. Er wurde fast ausschliesslich in Schwärmen beobachtet. Für den Südströmer zeigte sich deutlich eine räumliche Trennung von juvenilen und adulten Tieren. Die juvenilen Strömer hielten sich bevorzugt in strömungsarmen Zonen auf, insbesondere in abgekoppelten, temporär isolierten Pools. Adulte Strömer hingegen waren hauptsächlich in den gut strukturierten Uferzonen des Hauptgerinnes, aber auch in tieferen Pools der Seitengerinne anzutreffen. Im Gegensatz zur Bachforelle zeigten die Strömer keine Anzeichen von Standorttreue, sie wechselten ihre Habitate häufig und benutzten ausgiebig die Seitengerinne. Bei erhöhten Abflüssen suchen die Strömer Schutz in den ufernahen Habitaten.

Auch die Äsche, ebenfalls eine gefährdete Fischart, zeigte für juvenile und adulte Fische eine unterschiedliche Habitatsbenützung. Junge Äschen (0+) hielten sich in strömungsarmen und nur wenig tiefen Zonen der Seitengerinne, der Zuflüsse und am Ufer des Hauptgerinnes auf. Adulte Äschen dagegen bevorzugten Habitate mit sehr hohen Fliessgeschwindigkeiten und kamen nur in der Mitte des Flusses vor. Im Verlaufe des Sommers verschwanden sämtliche 0+-Äschen aus der Flussau bei Loderio. Die temporär isolierten Pools wurden von der Äsche nie benutzt.

Die Untersuchungen in der Aue bei Loderio zeigten auf, dass kleine Flussauen sich stark von grossen Auen, die in der Literatur wesentlich besser beschrieben sind, unterscheiden. Die Studien verdeutlichen, wie wichtig Flussauen für Fische sind. Die seitlich angelegten (lateralen) Habitate erfüllen folgende Funktionen:

- *Aufwuchshabitate*

Seitliche Gewässerzonen vergrössern die Uferzonen und schaffen somit wichtige Habitate für Jungfische. Die Fischproduktion in den Auen ist somit wesentlich höher als in den übrigen Flussstrecken.

- *Unterstände für adulte Fische*

Weisen die Seitengerinne entsprechende Tiefen auf, sind sie für die adulten Fische zusätzliche Unterstandsmöglichkeiten.

- *Refugialräume bei Hochwasser*

Seitliche Uferpartien sind während Hochwasserereignissen wichtige Refugialräume für juvenile und adulte Fische.

- *Beitrag zur Artenvielfalt*

Seitliche Ausdehnungen erhöhen die Artenvielfalt. Die Elritze wurde beispielsweise nur in den seitlichen Gewässerstrukturen gefunden, die jungen Südströmer (0+) ebenfalls.

Die Analysen zeigen deutlich, dass Flussauen für die unterschiedlichen Lebensstadien der Fische, aber auch für die Artenvielfalt wichtige «hot spots» sind. Die seitliche Vernetzung ist von entscheidender Bedeutung, sie hängt jedoch von der Funktion wichtiger Schlüsselprozesse wie Geschiebetransport und mehrfach auftretenden Hochwassermengen ab. Zur Erhaltung der Biodiversität in Auen sind angepasste Schutz- und Nutzungskonzepte nötig.

Fischökologische Analyse des revitalisierten Giessens bei Altdorf

Petra Widmer, Armin Peter

Für die Revitalisierung des Giessens wurde die Seeforelle als Art mit hohem Bekanntheitsgrad benutzt. Die Wiederherstellung eines funktionierenden Laichgewässers für diese Fischart war ein wichtiges Ziel. Obwohl der Lebensraum durch die Revitalisierung vielfältiger wurde und die Seeforelle sich fortpflanzen kann, ist ihr Wohlergehen längerfristig gefährdet. Es werden entsprechende Massnahmen vorgeschlagen.

Das Ziel von Revitalisierungen ist es, biologische Elemente (Arten, Populationen) wiederherzustellen und einst funktionierende ökologische Prozesse wieder zu ermöglichen. Es sind klare Entscheidungen nötig, welche aufgrund der ehemals vorhandenen Bedingungen als Basis für die Revitalisierung dienen können. In der Regel werden Manipulationen an der Wasserqualität, der Habitatstruktur, am Ufergehölz, am Abflussregime oder an biologischen Populationen vorgenommen.

Der 1.4 km lange Giessen befindet sich in der Talsohle östlich der Reuss zwischen Altdorf und Flüelen. Er wurde in den frühen Jahren des 20. Jahrhunderts künstlich geschaffen, um die Meliorations- und Grundwasser aus dem umliegenden, landwirtschaftlich genutzten Gebiet dem Vierwaldstättersee zuzuführen. Ab 1964 diente der Giessen hauptsächlich als Vorfluter und galt als stark belastet. In den neunziger Jahren wurde die Kläranlage ausgebaut und das gereinigte Abwasser direkt in den See eingeleitet. Damit war ein entscheidender Schritt zur Revitalisierung des Fliessgewässers getan. Mit der Realisierung der Hochwasserschutzmassnahmen entlang des Giessens wurden weitere Projektziele für die Revitalisierung definiert: Wiederherstellung als Laichgewässer für Seeforellen, gesamtökologische Aufwertung als Lebensraum sowie als naturnahes Landschaftselement. Die durchgeführten Arbeiten bestanden in einer veränderten Linienführung (leicht gewundener Lauf), im Anlegen von heterogeneren Querschnitten, Reinigen der Kiessohle



**Der revitalisierte Giessen zwischen Altdorf und Flüelen.
(Foto: Petra Widmer)**

und Neueintrag von Kies. Im Weiteren wurden der Böschungsfuss mit ingenieurb biologischen Massnahmen gesichert, die Ufervegetation gezielt bepflanzt, Fischunterstände angelegt. Zusätzlich ermöglichte die Revitalisierung auch Verbesserungen im terrestrischen Bereich (Bruthöhlen für Eisvögel, Steinhäufen für Reptilien etc.).

Für unsere Untersuchungen wurde der Bach in 15 Abschnitte unterteilt. Die Fischhabitats wurden durch die vorhandenen Meso- und Mikrohabitats beschrieben. Mesohabitats (Fläche einige m²) widerspiegeln vor allem die hydraulische Vielfalt, Mikrohabitats (Fläche einige dm²) die strukturelle Vielfalt (Fischunterstände) eines Gewässers. Um die Vielfältigkeit des Lebensraumes zu beurteilen, wurden Breiten, Tiefen, Substratzusammensetzung und Fließgeschwindigkeiten vermessen.

Die Fischpopulationen wurden mit elektrischen Befischungen der 15 Abschnitte von je ca. 100 m Länge quantitativ erfasst. Diese quantitativen Analysen erlauben exakte Aussagen über das Vorkommen von Fischarten, deren Häufigkeit und Biomasse.

Das Resultat der Analysen zeigt, dass sich die Vielfalt der Habitats in den einzelnen Abschnitten erhöhte, der Zustand der hydraulischen Habitats ist jedoch weiterhin als monoton einzustufen. Vor allem fehlt es an schnell

fließenden, flachen Zonen (Riffles). Ein weiteres Defizit sind fehlende Strukturen im Bachbett. Entlang den Ufern sind zwar einige Unterstände vorhanden, im Bachquerschnitt fehlen jedoch für die Fische wichtige Unterstände. Zudem ist der Anteil von Feinsedimenten im Kies für den ganzen Giessen relativ hoch. Dies kann innerhalb weniger Jahre zu wesentlichen Beeinträchtigungen der Inkubationsphase der Forellen führen (während der Inkubationsphase halten sich Eier, Embryonen und Dottersackbrütlinge in der Kiesschicht des Bachbettes auf).

Die Forelle ist die häufigste Fischart im Giessen, daneben kommen Bachneunauge, Trüsche und Groppe regelmässig, Hecht, Gründling und Barbe vereinzelt vor. Die Dichte der Forellen hat sich gegenüber der Situation vor der Revitalisierung deutlich erhöht (zirka 4-mal, Brütlinge sind nicht berücksichtigt), jedoch nicht die Biomasse.

Als wichtiges Ziel der Revitalisierung wurde die Wiederherstellung eines Seeforellenlaichgewässers angestrebt. Obwohl sich Seeforellen im Giessen fortpflanzen (57 Laichgruben im Winter 1998) und die Eier sich zu Brütlingen entwickeln, sind die Bedingungen für die Seeforellen nicht besonders gut. Um nachteilige Effekte der Feinsedimente künftig zu verhindern, ist das stabile Abflussregime durch ein dynamisches Regime zu ersetzen. Zudem ist eine höhere Strukturvielfalt nötig. Junge Seeforellen verhalten sich während der ersten Monate ihres Lebens stark territorial. Nur ausreichende Strukturen vermögen das Aggressionsverhalten zu dämpfen und die Überlebensrate zu erhöhen. Ein dynamisches Abflussregime fördert die Lebensraumstrukturierung, durch gezieltes Einbringen von Totholz lässt sie sich zusätzlich erhöhen.

Keine Massnahmen ohne Erfolgskontrolle: Es wird empfohlen, den langfristigen Erfolg der Revitalisierung und künftiger Massnahmen durch ein Überwachungsprogramm zu überprüfen. Der Zustand der Habitats und die Veränderungen der Fischfauna (ganz speziell für die Seeforellen) sollten in einem Rhythmus von 2–3 Jahren dokumentiert werden.

Der Einfluss der Nahrungskonzentration auf die Mortalität der Kleinfelchenlarven im Vierwaldstättersee

Christian Rellstab, Rudolf Müller

Als Folge sinkender Nährstoffkonzentrationen ist in den vergangenen 15 Jahren auch die Nahrung für die planktonfressenden Kleinfelchen im Vierwaldstättersee knapper geworden. Dies wirkt sich nicht nur auf das

Wachstum aus, sondern auch auf das Überleben der Larven im Frühjahr. Die tiefen Futterkonzentrationen führen zum vermehrten Verhungern der Larven und damit zu geringeren Jahrgangsstärken, was den Fangertrag negativ beeinflusst.

Die Fischfauna des Vierwaldstättersees wird von den planktonfressenden Felchen (*Coregonus* sp.) dominiert. Die weitaus häufigste Art ist der Kleinfelchen, lokal «Albeli» genannt. Diese Felchenart machte in den vergangenen 40 Jahren 50–80% des fischereilichen Gesamtertrags aus. Im Zuge der Seeneutrophierung stiegen die jährlichen Kleinfelchenerträge von ca. 5 kg/ha um 1955 auf 26 kg/ha im Jahr 1986 an. Die rasche Abnahme des produktionslimitierenden Nährstoffs Phosphor ab 1979 liess schliesslich auch den Kleinfelchenertrag schrumpfen: 1993–98 betrug dieser im Mittel nur noch rund 9 kg/ha. Untersuchungen der EAWAG, z.T. im Auftrag der Fischereikommission Vierwaldstättersee, zeigten einen Zusammenhang zwischen Trophiegrad, Fischwachstum und Fischertrag. Ausserdem wurde ein deutlicher Rückgang der Jahrgangsstärken seit 1987 festgestellt. Die Jahrgangsstärke umfasst alle Fische eines bestimmten Jahrgangs, welche durch die Fischerei je gefangen werden; sie wird im Wesentlichen durch die Eimenge und die Larvenmortalität bestimmt.

Um die eigentlichen Ursachen für den Rückgang der Jahrgangsstärken bei den Kleinfelchen zu ergründen, wurde eine Diplomarbeit mit Fütterungsversuchen durchgeführt. Zwei Arbeitshypothesen wurden geprüft:

- Die Mortalität der Kleinfelchenlarven in den ersten Lebenswochen hängt von der Konzentration der fressbaren Futterorganismen ab.
- Die Futterdichte im Frühjahr hat als Folge der Re-Oligotrophierung des Vierwaldstättersees derart abgenommen, dass die Felchenlarven vermehrt verhungern.

Die Ergebnisse der Versuche sollten ferner dazu dienen, die seit 1975 monatlich im See erhobene Zooplanktonkonzentration hinsichtlich ihrer Bedeutung für das Aufkommen der einzelnen Felchenjahrgänge zu beurteilen.

Die Versuche mit den Kleinfelchenlarven fanden in 24-l-Aquarien bei einer Wassertemperatur von 6–8 °C statt, mit je 3 Parallelversuchen und 40 Larven pro Aquarium. Als Futterorganismen dienten einerseits Larven des Salinenkrebsses *Artemia salina*, das beste Lebendfutter für Felchenlarven, und andererseits frisches Zooplankton aus dem See. Die Futterkonzentration wurde täglich dreimal kontrolliert und durch Nachfüttern möglichst konstant gehalten. Beim Zooplankton wurden nur die

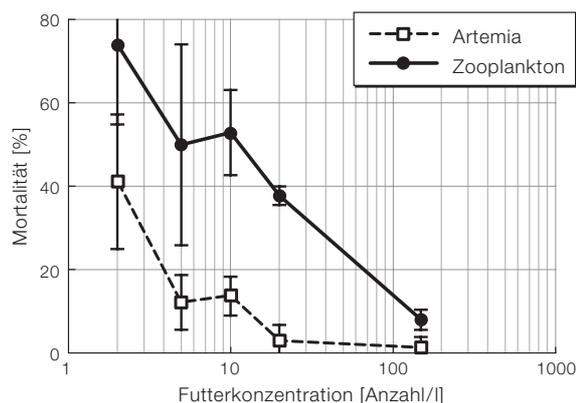


Abbildung: Mortalität der Kleinfelchenlarven nach 34 Tagen in Abhängigkeit von Futtertyp und Futterkonzentration. Mittelwerte ± Standardabweichung aus je 3 Parallelversuchen.

kleinen, d.h. effektiv fressbaren Organismen berücksichtigt. Die Versuchsdauer betrug 34 Tage und umfasste damit die kritische Phase der ersten Nahrungsaufnahme und des ersten Wachstumsschritts.

Die in der Abbildung dargestellten Ergebnisse lassen erkennen, dass eine Zooplanktonkonzentration von mindestens 20 fressbaren Organismen pro Liter erforderlich ist, um die Mortalität der Kleinfelchenlarven während der schwierigsten Lebensphase auf relativ tiefem Niveau (20–30%) zu halten. Dieser Wert dürfte in der Natur eher noch höher liegen, da die Bedingungen in den Aquarien besser waren als im See: die Temperatur war leicht höher als im See, und die Larven konnten in ruhigem Wasser und bei guten Lichtverhältnissen fressen. Die Ergebnisse mit *Artemia* liefern zwar ein günstigeres Bild (kritische Konzentration: <5/Liter). Da *Artemia* aber von den Felchenlarven besonders leicht erbeutet werden kann, dürfen diese Resultate nicht direkt auf die Verhältnisse im See übertragen werden.

Die seit 1975 erhobenen Zooplanktondaten aus dem Vierwaldstättersee zeigen für alle Monate eine markante Abnahme der Organismendichte ab ca. 1984, d.h. unterhalb einer Gesamtphosphor-Konzentration von ca. 15 µg/l. In den für Felchenlarven besonders kritischen Monaten Februar und März betrug die Futterkonzentration ab 1984 nur mehr 5–10 Organismen pro Liter, während sie vor 1984 im Bereich von 15–50 Organismen pro Liter lag. Damit können beide Arbeitshypothesen bestätigt werden: Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen der abnehmenden Futterdichte im Frühjahr und dem Rückgang der Jahrgangsstärke der Kleinfelchen ist sehr wahrscheinlich. Allerdings dürften weitere Faktoren wie die verminderte Fruchtbarkeit der Kleinfelchen als Folge des geringeren Wachstums ebenfalls eine Rolle bei der abnehmenden Jahrgangsstärke spielen.

Gewässerökologische und fischereiliche Begleitung beim Neubau des Regulierwehrs für den Genfersee in Genf, 1984–1999

Rudolf Müller, Hans Jürg Meng, Armin Peter, Christophe Diemand, Christine Kohl, Erwin Schäffer

Im Jahre 1984 beschloss der Kanton Genf, das Regulierwehr für den Genfersee aus dem Jahre 1888 durch eine moderne Wehranlage mit hydraulischem Kraftwerk zu ersetzen. Die EAWAG übernahm vom Kanton Genf den Auftrag, das Bauprojekt auf seine Umweltverträglichkeit zu prüfen, die Bauphase zu überwachen und den Endzustand aus gewässerökologischer Sicht zu beurteilen. Studien der Fischwanderung in der neuen Fischtreppe und der Schiffsschleuse dokumentieren, dass diese Aufstiegshilfen von den Fischen angenommen werden.

Bis zum Jahre 1994 regulierte ein manuell betriebenes Regulierwehr aus dem Jahre 1888 den Pegel des Genfersees und den Abfluss der Rhone in Genf. 1984 beschloss der Kanton Genf, das alte Wehr durch eine moderne Wehranlage mit hydraulischem Kraftwerk zu ersetzen. Das Projekt musste vorgängig einer Umweltverträglichkeitsprüfung unterzogen werden, womit die EAWAG beauftragt wurde. In Zusammenarbeit mit Dritten verfasste die EAWAG 1986 einen Bericht über den ökologischen Vor-Zustand der Rhone sowie über die projektierten Massnahmen für die Erhaltung der ökologischen Funktionen, insbesondere für die Fische.

Während der Bauphase des neuen Werks, d.h. von 1987 bis 1994, überwachte die EAWAG die Auswirkungen der Arbeiten auf die Gewässerökologie der Rhone in enger Zusammenarbeit mit zwei privaten Umweltbüros in Genf. In dieser zweiten Auftragsphase wurden auch verschiedene flussbauliche Kompensationsmassnahmen begutachtet, welche sukzessive realisiert wurden und die vor allem auf die Bedürfnisse der Fische nach Unterständen und Laichplätzen ausgerichtet waren.

Die dritte Auftragsphase von 1995–1999 schliesslich umfasste die Begutachtung der gewässerökologischen Situation nach Inbetriebsetzung des Regulierwehrs mit Kraftwerk. Im Vordergrund stand, neben der Beurteilung der neu geschaffenen Fischhabitate und -laichplätze, die Abklärung der Funktionsfähigkeit der neuen Fischaufstiegshilfen: der Fischtreppe und der speziell für die Fischwanderung konzipierten Schiffsschleuse.

Die in der Fischtreppe aufsteigenden Fische wurden während eines vollen Jahres alle 2 Tage in einer Kontrollreue gefangen und nach Art und Grösse bestimmt. Die Tabelle gibt einen Überblick über die Fangergebnisse. Erwartungsgemäss stiegen die meisten Fische in der

Monat	Anzahl Fischarten	Anzahl Fische	häufigste Fischarten, Reihenfolge nach abnehmender Häufigkeit
Mai 1997	3	15	Bachforelle
Juni	9	431	Sonnenbarsch, Katzenwels, Barsch, Bachforelle
Juli	11	1 525	Sonnenbarsch, Katzenwels
August	8	16 482	Rotaugen, Katzenwels, Sonnenbarsch, Brachsen
September	9	1 395	Barsch, Rotaugen
Oktober	10	2 124	Barsch, Rotaugen, Laube
November	6	133	Barsch, Bachforelle
Dezember	2	19	Bachforelle
Januar 1998	1	2	Bachforelle
Februar	–	0	
März	1	1	Bachforelle
April	1	3	Bachforelle

Tabelle: Fangergebnis in der Kontrollreue des Fischpasses in der Rhone in Genf.

warmen Jahreszeit auf. Die häufigsten Arten waren: 15 425 Rotaugen, 1963 Barsche, 981 Sonnenbarsche und 877 Katzenwelse. Bemerkenswert ist das häufige Auftreten der beiden letztgenannten exotischen Arten. Von November 1997 bis April 1998 wurden nur sehr wenige Fische im Fischpass festgestellt, fast nur Bachforellen.

Die Fischbewegungen in der Nähe der Fischtreppe und der Schiffsschleuse im Jahresverlauf wurden mit Hilfe

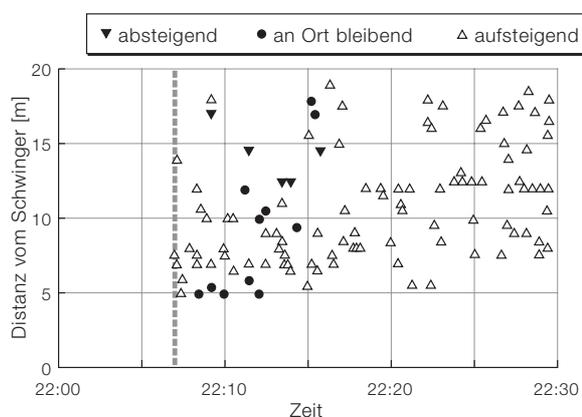


Abbildung: Verteilung und Bewegungsrichtung der Fische in der Schleusenammer aufgrund von Echolotaufnahmen mit horizontal flussaufwärts gerichtetem Echolot-Schwinger (Detektor). 13. Juli 1998, 22.00–22.30 h. Y-Achse: Distanz der Fische vom Schwinger. Das obere Schleusentor öffnet sich um 22.07 h (Linie). Die Mehrheit der Fische bewegt sich flussaufwärts aus der Schleusenammer hinaus.

fest installierter Echolote und automatischer Aufzeichnung überwacht. Die Ergebnisse liessen erkennen, dass viele Fische zwar den Einstieg in den Fischpass finden, dass sich diese dann aber längere Zeit im Bereich des Einstiegs aufhalten, ohne aufzusteigen. Die aus der Überwachung der Schiffsschleuse gewonnenen Ergebnisse liessen auf ein gutes Funktionieren auch dieser Aufstiegshilfe schliessen. Sie zeigten, dass sich stets viele Fische im strömungsarmen Bereich innerhalb und unterhalb der Schleuse aufhalten und dass ein Teil dieser Fische bei Schliessungen die Schleusenkammer nach oben bzw. nach unten verlässt (Abbildung).

Die im Bereich des neuen Regulierwehrs in Genf gewonnenen umfangreichen Erkenntnisse können dazu dienen, ähnlich gelagerte Bauprojekte an anderen grossen Flüssen für den Fischaufstieg zu optimieren.

Einfluss von Fischkairomonen auf die Vertikalwanderung von Daphnien

Monika Winder, Sandra Lass, Piet Spaak, Hans Rudolf Bürgi

Daphnien (Kleinkrebse, sog. Wasserflöhe) können über chemische Botenstoffe, so genannte Kairomone, die Anwesenheit ihrer Fressfeinde (z.B. Fische) «riechen» und daraufhin ihr Verhalten ändern. Wir untersuchen im Rahmen eines europäischen Projektes, welchen Einfluss der Fischbesatz und somit künstlich hohe Konzentrationen von Kairomonen auf die Vertikalwanderung von Daphnien haben und wie diese Wanderung das aquatische Nahrungsnetz beeinflusst.

Da das offene Freiwasser für die Planktonorganismen keine Versteckmöglichkeiten bietet, haben diese Organismen Strategien entwickelt, um dem Räuberdruck zu entgehen. Die Fressfeinde werden über chemische Botenstoffe, so genannte Kairomone, erkannt. Diese

Stoffe werden ins Wasser abgegeben und beeinflussen das Verhalten, die Morphologie oder den Lebenszyklus der Beuteorganismen. So bilden beispielsweise Algen in Gegenwart von Daphnien häufiger Kolonien, Stacheln oder härtere Schalen aus, um von den Daphnien schlechter gefressen werden zu können. Aber auch Daphnien können die Anwesenheit ihrer Fressfeinde (z.B. planktivore Fische, Büschelmückenlarve) «riechen».

Daphnien spielen im Nahrungsnetz der Seen eine zentrale Rolle und sind zugleich auch ideale Forschungsobjekte, da sie leicht kultivierbar sind und sich schnell fortpflanzen. Sie bilden neben Hüpferlingen (Copepoden) einen Grossteil des Zooplanktons, das den Jungfischen und Felchen als Nahrung dient. Diese Fressfeinde suchen ihre Beute optisch. Besonders Daphnien haben eine erfolgreiche Strategie entwickelt, diesem Räuberdruck zu entgehen. Sind Fische in einem See vorhanden, zeigen diese kleinen Krebstiere ein typisches Wanderverhalten: tagsüber «verstecken» sie sich in der dunklen Tiefenzone und kommen nachts an die Oberfläche, um dort die Algen zu fressen und von der wärmeren Temperatur zu profitieren. Die Kleinkrebse orientieren sich bei ihrer Wanderung nach den unterschiedlichen Lichtverhältnissen am Tag und in der Nacht. Diese Vertikalwanderung wird so lange beibehalten, wie Fischkairomone eine Bedrohung anzeigen. Daphnien reagieren auch auf die Konzentration dieser chemischen Botenstoffe im Wasser, welche ihnen anzeigt, wie gross der Räuberdruck ist.

Welchen Einfluss solche Verteidigungsmechanismen auf die Nahrungskette in einem See haben, wird zurzeit in einem Projekt der Limnologie zusammen mit EU-Ländern untersucht. Neben Feld- und Laboruntersuchungen werden Chemiker zusammen mit Biologen die chemische Struktur solcher Kairomone identifizieren.

Hier an der EAWAG wird diese Verteidigungsstrategie an einem Bergsee untersucht. Da Bergseen sehr klar sind und die Kleinkrebse in solchen Seen kein «Versteck» finden, gibt es wegen des Fischbesatzes nur noch wenige

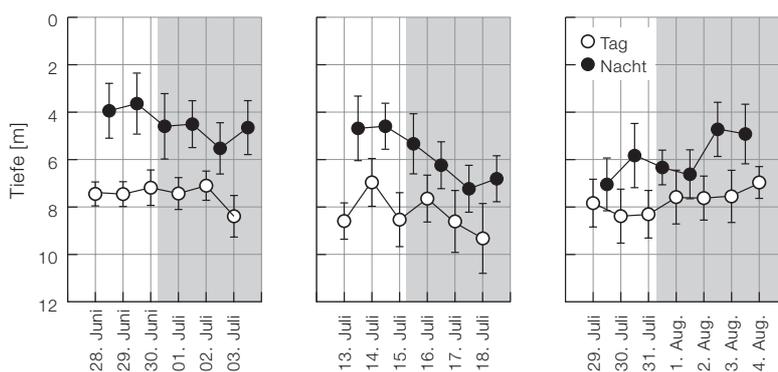


Abbildung: Mittlere Tag- und Nachtiefen der *Daphnia-galeata*-Population im Arosar Obersee vor (weiss) und nach (grau) einem Fischeinsatz (1998).

Bergseen, in denen Kleinkrebse und Fische zusammen vorkommen, z.B. im Obersee in Arosa. Dieser See ist zusätzlich noch interessant, weil er viermal pro Jahr mit Fischen besetzt wird und daher die Konzentration der Fischkairomone im Wasser künstlich hoch ist und zeitlich variiert.

Im Arosen Obersee wandern die Daphnien das ganze Jahr. Nach einem Fischeinsatz bleiben die mittleren Tagestiefen der Daphnien gleich, jedoch wandern diese Kleinkrebse nachts nicht mehr so weit hinauf (Abbildung). Diese Untersuchung zeigt, dass Daphnien auch im Freiland auf Konzentrationsänderungen der Fischkairomone reagieren und somit ihr Wanderverhalten dem grösseren Räuberdruck anpassen. Obwohl die Fischmenge im Arosen Obersee künstlich hoch ist, zeigen unsere Ergebnisse, dass Kairomone auch das Nahrungsnetz in einem See beeinflussen können: denn aufgrund dieser Vertikalwanderung werden weniger Daphnien von den Fischen gefressen und mehr Daphnien können eine grössere Menge Algen abweiden, wodurch das Seewasser klar bleibt. Weitere Studien müssen jedoch zeigen, ob dieses Modell generell für Seen gilt.

Chemische Botenstoffe in einem aquatischen Räuber-Beute-System

Sandra Lass, Monika Winder, Hans Rudolf Bürgi, Piet Spaak

Trimethylamin löst in Daphnien Verhaltensreaktionen aus, die sie auch in Wasser zeigen, in dem zuvor Fischfeinde geschwommen sind. Es stellt sich die Frage, ob diese Substanz wirklich der Botenstoff ist, der den Daphnien die Anwesenheit ihrer Fressfeinde signalisiert.

Die Wahrnehmung von Fischen durch Kleinkrebse der Gattung *Daphnia* (Wasserflöhe) ist ein Paradebeispiel für die weit verbreitete chemische Feinderkennung in Räuber-Beute-Beziehungen. Die von Fischen ausgeschiedenen chemischen Botenstoffe werden als Kairomone bezeichnet und spielen eine regulierende Rolle in Räuber-Beute-Beziehungen, da die verschiedenen Anpassungen der Beuteorganismen einen vollkommenen Wegfrass durch den Räuber verhindern (siehe Beitrag von Monika Winder et al., S. 49).

Die chemische Zusammensetzung des Fischkairomons konnte bisher noch nicht identifiziert werden. Eine kürzlich erschienene Studie zeigt jedoch, dass die Substanz Trimethylamin (TMA), die den typischen Fischgeruch ausmacht und den Fischen zur Osmoregulation dient, Daphnien zu vertikalen Wanderungen anregt [1]. Diese

Entdeckung hat eine rege Diskussion um die ökologische Bedeutung von TMA ausgelöst.

In Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Limnologie in Plön (Deutschland) gingen wir der Frage nach, ob TMA auch der Auslöser für Änderungen im Lebenszyklus von verschiedenen Daphnienarten ist und diese ähnlich den Veränderungen in Fischwasser sind. In zwei Laborexperimenten wurden die Lebenszyklen von drei verschiedenen Daphnienarten in Wasser ohne Fischkairomone und ohne TMA, in Wasser, in dem zuvor Fische gehalten wurden, und in Wasser mit TMA untersucht. Es wurde eine Reihe von Merkmalen in den Lebenszyklen ermittelt, von denen bekannt ist, dass sie von Fischkairomonen beeinflusst werden. So ist es beispielsweise vorteilhaft für die Daphnien, in Anwesenheit von Fischen bis zur Geschlechtsreife möglichst klein zu bleiben, da Fische grössere Wasserflöhe als Nahrung bevorzugen. Weiterhin erhöht eine grössere Anzahl von Eiern die Chance für ein Fortbestehen der Art, und eine möglichst kurze Entwicklungszeit verringert das Risiko, vor der Fortpflanzung gefressen zu werden. Einige dieser Parameter wie das Alter und die Anzahl der Eier bei Geschlechtsreife zeigen in TMA ähnliche Reaktionstendenzen wie in Fischwasser, während andere Merkmale wie

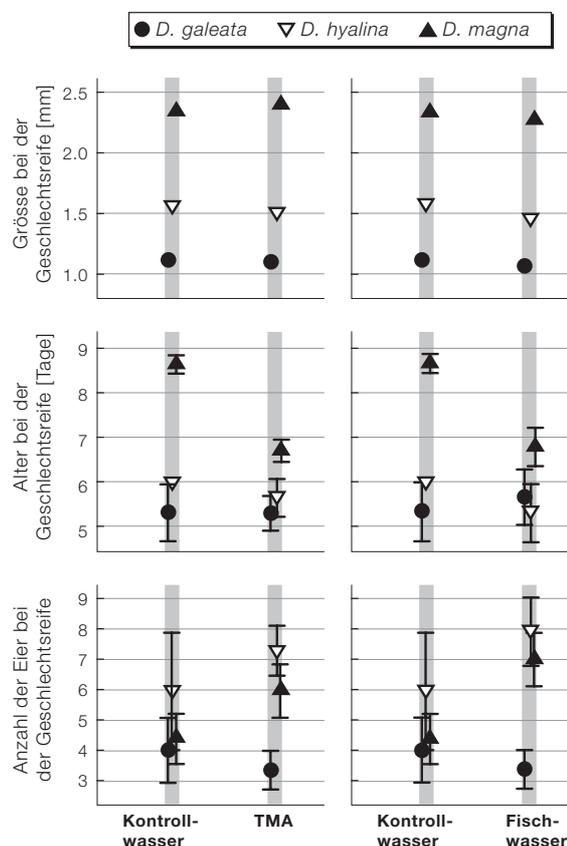


Abbildung: Vergleich der Reaktionen im Lebenszyklus von drei Daphnienarten auf Trimethylamin (TMA) und Fischwasser.

die Grösse bei der Geschlechtsreife bei *D. magna* in beiden Ansätzen entgegengesetzte Reaktionsnormen aufweisen (Abbildung). Unsere Ergebnisse zeigen, dass TMA allein nicht der Fischfaktor sein kann, da Unterschiede zwischen den Reaktionen auf Fischwasser und denen auf TMA beobachtet wurden. Es ist jedoch bekannt, dass sich die meisten Botenstoffe aus zahlreichen Substanzen zusammensetzen. Daher ist es möglich, dass TMA einer von mehreren Bestandteilen des Fischkairomons ist. Um genauere Aufschlüsse über die Rolle von TMA in der Räuber-Beute-Beziehung von Fischen und Daphnien zu erhalten, sind weiterführende Untersuchungen notwendig. Unsere Untersuchung zeigt, dass wir erst beginnen, die chemische Kommunikation in diesem System zu verstehen.

Literatur

- [1] Boriss H., Boersma M., Wiltshire K.H.: Trimethylamine induces migration of waterfleas. *Nature* 389, 382 (1999).

Der Zusammenhang zwischen räumlicher Variabilität von Methanemissionen und «hot spots» von organischem Material

Kornelia Zepp; Kurt Roth, Gisela Wachinger (Universität Hohenheim)

Die vorliegende Studie ermittelte die Methanemission von kleinen Flächen zwischen 100 cm² und 1 mm². Analysen in diesem Massstab ergaben einen Zusammenhang zwischen Variabilität der Methanemission und organischem Material, das als Substrat der anaeroben Mineralisation stärker mit aktiven Methanbakterien assoziiert war als angrenzender Mineralboden.

Die Diskussion um die globale Erwärmung und ihr Zusammenhang mit so genannten Treibhausgasen hat die Messung von Methanemissionen und die Entwicklung von Vorhersagemodellen sehr wichtig gemacht. Ein Problem dabei ist jedoch die grosse Variabilität der gemessenen Methanemissionen, wenn Daten von Flächen zwischen 10 000 km² und 1000 m² erfasst werden. Der hier beschriebene Teilaspekt gehört zu einer umfangreichen Studie, die am Institut für Bodenkunde und Standortslehre der Universität Hohenheim (Deutschland) durchgeführt wurde und Methanemissionen von kleinen Flächen zwischen 100 cm² und 1 mm² erfasste [1]. Von drei unterschiedlichen Standorten im Allgäu wurden Bodenkerne (4 m lang, 6 cm Durchmesser) entnommen, ohne dabei deren natürliche Struktur zu zerstören. Die Kerne wurden über einen Zeitraum von drei Monaten bei 15 °C in sauerstofffreier Atmosphäre inkubiert und wöchentlich auf ihre Methanproduktion hin untersucht.

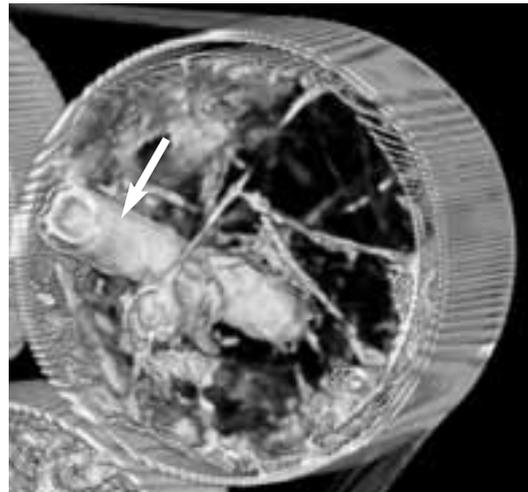


Abbildung: Dreidimensionales Bild eines Kerns aus einem Moorboden, der organisches Material (Schilf, siehe Pfeil) enthält. Die Aufnahme wurde mit einem Computertomografen gemacht, der Durchmesser des Zylinders beträgt 6 cm. (Foto: Gisela Wachinger und Michael Schaich, Universitätsklinik Tübingen)

Nach Abschluss der Messreihe konnte die Struktur der Kerne unter Verwendung eines medizinischen Computertomografen dreidimensional dargestellt werden. Ergänzend dazu wurden bei ausgewählten Proben die Anzahl der Methanbakterien und Eubakterien unter Verwendung fluoreszierender Sonden ermittelt.

Nach Ablauf der dreimonatigen Inkubationszeit wurde eine Einteilung der Kerne in zwei Gruppen möglich, sie waren entweder hoch- oder niedrigproduktiv, wobei hohe Methanproduktionsraten zwischen 30 und 50 g m⁻³·d⁻¹ lagen. Die anschliessende dreidimensionale Analyse mit dem Computertomografen zeigte, dass die Struktur der hochproduktiven Kerne aufgrund von eingeschlossenem organischem Material (Schilf) sehr heterogen war (Abbildung). Der Einfluss von frischem organischem Material auf die Methanproduktionsraten konnte durch die Auszählung von assoziierten Bakterienpopulationen erklärt werden. Bei den Proben aus einem hochproduktiven Kern enthielt der Biofilm auf dem Schilfhalm 11 × 10⁹ Zellen/g Boden Frischgewicht, davon wurden 35% als aktive Methanbakterien und 66% als aktive Eubakterien identifiziert. Eine Bodenprobe, die in 2 cm Entfernung zum Halm entnommen wurde, enthielt nur noch 5 × 10⁹ Zellen/g Boden Frischgewicht, davon waren 7% aktive Methanbakterien und 56% aktive Eubakterien. Im Gegensatz dazu repräsentierten Methanbakterien in niedrigproduktiven Kernen nur 1% der Gesamtzellzahl.

Diese Studie zeigte einen Zusammenhang zwischen Variabilität der Methanemission und der räumlichen Verteilung von frischem organischem Material. Die hohe Methanproduktion einzelner Kerne liess sich durch

Schilfhalm erklären, die als Substrat der anaeroben Mineralisation besonders stark mit aktiven Methanbakterien assoziiert waren. Daher eröffnet eine exakte räumliche Bestimmung der Verteilung von organischem Material und Methanbakterien neue Möglichkeiten für die Modellierung der Methanemission aus Böden.

Literatur

[1] Wachinger G., Fiedler S., Zepp K., Gattiger A., Sommer M., Roth K.: Variability of soil methane production on the microscale. Spatial association with hot spots of organic material and archaeal populations. Soil Biol. & Biochem. (accepted).

Warum sind Catechole giftig?

Rik I.L. Eggen, Nina Schweigert, René Hunziker, Beate Escher

Die Toxizität von Chlorocatecholen und Chlorocatechol-Kupfer-Mischungen in Bakterien zeigt ein unerwartet komplexes Bild. In-vitro-Untersuchungen (Reagenzglasversuche) tragen zum Verständnis dieses komplizierten Systems bei. Mit ihrer Hilfe können die zugrunde liegenden Mechanismen aufgeklärt werden.

Catechole können in der Umwelt verschiedenste chemische Reaktionen eingehen, was es erschwert, den Wirkmechanismus zu finden, welcher schlussendlich zur Toxizität dieser Substanzen führt. Im EAWAG-Jahresbericht 1998, S. 34, haben wir z.B. die Produktion von reaktiven Sauerstoffspezies beschrieben, die durch eine Reaktion von Catecholen mit Schwermetallen und Luftsauerstoff stattfinden kann. Es hat sich dabei aber gezeigt, dass dieser Prozess nicht die Toxizität der Catechole erklären kann.

Catechole werden in verschiedenen Industriezweigen als Reagenzien verwendet (z.B. bei der Produktion von Plastik, Gummi und einigen Pharmazeutika). In anderen Branchen fallen sie als Nebenprodukte an (z.B. in der öl- und holzverarbeitenden Industrie). Catechole können aber auch beim mikrobiellen Abbau von Holz oder organischen Schadstoffen in der Umwelt selbst gebildet werden. Die Toxizität von Catecholen wurde für Bakterien, verschiedenste Tierarten und den Menschen beschrieben. Obwohl ihre Toxizität für Säugetiere und Menschen schon seit Ende des 18. Jahrhunderts bekannt ist, ist der zugrunde liegende Wirkmechanismus immer noch unbekannt.

Um herauszufinden, welcher Mechanismus die Toxizität in Bakterien verursacht, wurde die in dem Bakterium *Escherichia coli* gemessene Toxizität mit Resultaten aus *in-vitro*-Versuchen verglichen. Dabei haben wir uns auf Catechol und seine chlorierten Derivate beschränkt. Da Schadstoffe nie isoliert auftreten, haben wir auch das Verhalten der Chlorocatechole in Mischungen mit Schwermetallen (in unserem Fall mit Kupfer) untersucht.

Die Toxizität der Chlorocatechole nimmt – wie auch ihre Fettlöslichkeit – mit zunehmender Chlorierung zu (Abbildung). Möglicherweise besteht hier ein Zusammenhang und die Catechole reichern sich in Membranen an, wo sie dann toxisch wirken. *In-vitro*-Untersuchungen an isolierten Zellmembranen haben gezeigt, dass Chlorocatechole tatsächlich das Membranpotenzial zerstören, welches für die Energiegewinnung der Zellen essenziell ist. Die nieder-chlorierten Catechole wirken dabei eher unspezifisch, indem sie die Membranstruktur zerstören, wofür relativ hohe Konzentrationen notwendig sind. Die höher-chlorierten Catechole zerstören das Membranpotenzial schon bei vergleichbar niedrigen Konzentrationen. Als stärkere Säuren können sie nach einem spezifischen

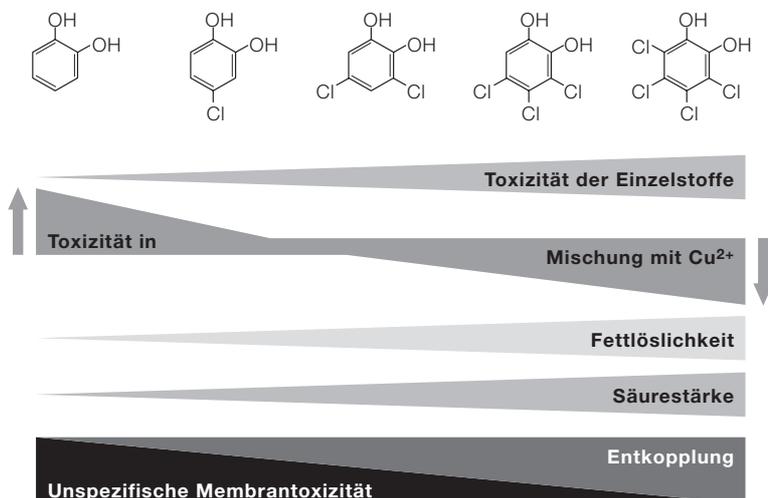


Abbildung: Grafische Darstellung der Zusammenhänge zwischen der Chlorierung von Catechol, der chemischen und physiologischen Eigenschaften und der Toxizität dieser Catechole.

Mechanismus wirken (Entkopplung). Diese höher-chlorierten Catechole transportieren aktiv Protonen über die Membran, womit sie den Protonengradienten (und damit auch das Membranpotenzial) schneller zerstören als die nieder-chlorierten Catechole.

Auf den ersten Blick überraschende Ergebnisse erhielten wir bei der Betrachtung von Chlorocatechol-Kupfer-Mischungen. Die Zugabe von Kupfer erhöhte die Toxizität bei den nieder-chlorierten Catecholen und reduzierte die Toxizität bei den höher-chlorierten Catecholen. In den isolierten Membranen verstärkte Kupfer die Zerstörung des Membranpotenziales bei den nieder-chlorierten Catecholen, während es die Zerstörung des Membranpotenziales bei den höher-chlorierten Catecholen erniedrigte oder sogar aufhob.

Da die bakterielle Toxizität sehr gut mit den Effekten der Catechole (mit und ohne Kupfer) auf das Membranpotenzial übereinstimmt, ist es wahrscheinlich, dass die Membrantoxizität primär für die zelluläre Toxizität verantwortlich ist. Dieses Beispiel zeigt, dass *in-vitro*-Messungen entscheidende Beiträge zur Aufklärung von Wirkmechanismen liefern und auch angewendet werden können für spezifische Toxizitätsmessungen.

Literatur

Schweigert N.: Modes of action and toxicity of (chloro)catechol/copper combinations. Diss. ETHZ, Nr. 13 353, Zürich 1999.



(Foto: Theresa Blüsser, EAWAG)

Umwelt und Gesellschaft

Neue Strategie zur integrierten Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft in Entwicklungsländern

Roland Schertenleib

Die Tatsache, dass mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung am Ende des 20. Jahrhunderts weiterhin keinen Zugang hat zu einer hygienischen und umweltgerechten Fäkalien-, Abwasser- und Abfallentsorgung, ist ein starkes Indiz dafür, dass die konventionellen Ansätze der Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft nicht in der Lage sind, die rasch zunehmenden Entsorgungsprobleme der Städte im Süden nachhaltig zu lösen. Die EAWAG ist massgeblich beteiligt an der Entwicklung neuer Konzepte und Ansätze.

Trotz grosser internationaler Anstrengungen leben weiterhin mehr als drei Milliarden Menschen ohne hygienische sanitäre Einrichtungen, und kaum die Hälfte des in den städtischen Agglomerationen von Entwicklungsländern produzierten kommunalen Abfalles wird eingesammelt, geschweige denn umweltgerecht entsorgt. In der Folge

sterben weiterhin jedes Jahr über vier Millionen Menschen (vor allem Kinder) an Durchfall und anderen durch Fäkalien übertragenen Krankheiten und mehr als ein Viertel der Erdbevölkerung ist von Parasiten befallen und dadurch in ihrer wirtschaftlichen Produktivität geschwächt. Das in immer grösseren Mengen produzierte Abwasser, welches in Entwicklungsländern wegen fehlender finanzieller Mittel meist ungereinigt abgeleitet wird, gefährdet zudem die immer knapper werdenden Süsswasserressourcen und die aquatischen Ökosysteme. Diese alarmierenden Tatsachen deuten darauf hin, dass die in den Ländern des Nordens angewandten konventionellen Ansätze der stark zentralisierten Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft nicht in der Lage sind, die Entsorgungsprobleme der rasch wachsenden städtischen Agglomerationen im Süden in nützlicher Frist und nachhaltig zu lösen.

Unter der Leitung von SANDEC, dem Prozess für «Siedlungshygiene in Entwicklungsländern» an der EAWAG, hat eine vom «Water Supply and Sanitation Collaborative Council» (WSSCC) eingesetzte internationale Arbeitsgruppe eine neue Strategie zur «Integrierten Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft im 21. Jahrhundert» entwickelt [1]. Sie stellt einerseits die Grundbedürfnisse und Möglichkeiten der Menschen und deren Lebensqualität ins Zentrum, daneben ist aber auch der Schutz der

natürlichen Umwelt ein integrierter Bestandteil. Die neue Strategie kann symbolisiert werden durch ein konzentrisches Modell mit dem Haushalt im Zentrum, umgeben von Nachbarschaft/Quartier, Gemeinde/Stadt, Provinz und Land (Abbildung). Die Strategie basiert auf folgenden Grundsätzen:

- Die Probleme der Fäkalien-, Abwasser- und Abfallentsorgung werden gemeinsam betrachtet und gelöst unter möglichst weitgehender Nutzung von Synergien; sie werden in erster Priorität in jenem Kreis gelöst, wo sie erzeugt werden; nur falls dies aus guten Gründen nicht möglich und sinnvoll erscheint, werden die Probleme dem nächstgrösseren Kreis übertragen.
- Der Output von festen und flüssigen Abfällen wird für jeden Kreis minimiert durch gezielte Reduktion der Abfall produzierenden Inputs wie Wasser, Stoffe und Güter und durch systematische Rezyklierung und Wiederverwendung innerhalb jedes Kreises.

Diese «Haushalt-zentrierte» Strategie unterscheidet sich wesentlich vom konventionellen Ansatz, die Probleme

weitgehend in die äusseren Bereiche zu exportieren und sie dort, d.h. weit weg von der Quelle, durch die öffentliche Hand zu lösen. Im vorgeschlagenen Konzept wird die Verantwortung für die Problemlösung nach innen verlagert, wo die Probleme entstehen. Die vorgeschlagene Strategie ist insbesondere für Entwicklungsländer viel versprechend; hier sind die Behörden offensichtlich nicht in der Lage, die Probleme der Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft ohne tatkräftige Mithilfe der Bevölkerung zu lösen und das mögliche Nährstoffrecycling ist sowohl aus Sicht des Gewässerschutzes, der Ressourcenschonung als auch der lokalen Nahrungsmittelproduktion (urbane Landwirtschaft) wichtig. Das Grundkonzept könnte ebenfalls anwendbar sein für die Entwicklung nachhaltiger Lösungen in der Abwasser- und Abfallwirtschaft in Industrieländern.

Literatur

- [1] WSSCC/SANDEC: Household-centred environmental sanitation. Report of the Hilterfingen workshop on environmental sanitation in the 21st century, 15–19 March 1999, 13 pp.

EurAqua: Ein nützliches Netzwerk für die EAWAG

Walter Wagner

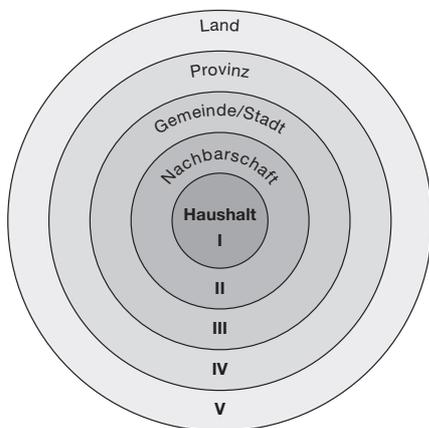
Die EU spielt eine zunehmend wichtigere Rolle in der Forschungspolitik und Forschungsförderung, auch für die Schweiz. Ein aktive Öffnung nach Europa hin ist daher für die Zukunft der EAWAG von zentraler Bedeutung. Das Jahr 1999 hat deutlich gemacht, dass die EurAqua es der EAWAG ermöglicht, erfolgreich auf dem europäischen Parkett mitzuwirken.

Die EurAqua ist ein Netzwerk von Wasserforschungsinstitutionen, in welchem zurzeit 16 Partner-Institutionen aus 16 europäischen Ländern zusammengeschlossen sind (Liste aller Partner unter www.euraqua.org). Die EAWAG vertritt die Schweiz als einziges Nicht-EU- oder Nicht-EWR-Land in diesem Netzwerk. Ziel der EurAqua ist es, auf eine nachhaltige Gewässernutzung in Europa hinzuwirken. Um dieses Ziel zu erreichen, will die EurAqua

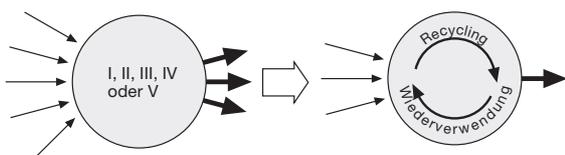
- den Wissenstransfer von der Wissenschaft zur Praxis und Politik fördern;
- die europaweite Zusammenarbeit zwischen WissenschaftlerInnen verbessern;
- mit ihrer gemeinsamen Expertise im Wasserbereich Einfluss auf die Aktivitäten der Europäischen Union im Bereich Forschungsförderung und Umweltpolitik nehmen.

Seit gut fünf Jahren arbeitet die EurAqua nun in vielfältiger Weise auf dieses Ziel hin. Eine wichtige Rolle spielen

Das HCES-Modell
(Household-Centered Environmental Sanitation)



Die Grundbedürfnisse und Möglichkeiten der Menschen und deren Lebensqualität stehen im Zentrum. In der Mitte steht der Haushalt (I), umgeben von der Nachbarschaft (II), der Gemeinde/Stadt (III), der Provinz (IV) und dem Land (V).



Das Modell basiert im Weiteren auf dem Grundsatz, dass die Probleme in erster Priorität in jenem Kreis gelöst werden sollen, wo sie erzeugt werden (durch gezielte Reduktion der Inputs sowie durch systematisches Recycling/Wiederverwendung).

Abbildung: Haushalt-zentrierter Ansatz in der integrierten Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft.



dabei die jährlich durchgeführten Tagungen (Scientific and Technical Reviews, STR), an welchen die EurAqua-Partner und weitere eingeladene Expertinnen und Experten aus gesamteuropäischer Sicht ein aktuelles Thema der Gewässerbewirtschaftung diskutieren und gemeinsam Forschungsprioritäten identifizieren. Die Verbindung zur EU wird jeweils dadurch gewährleistet, dass hochrangige EU-Vertreter an den Tagungen teilnehmen und die Ergebnisse als Proceedings allen Interessierten zur Verfügung gestellt werden. Neben den STR lebt die EurAqua aber auch insbesondere von einem informellen, aber intensiven Informationsaustausch zwischen allen Beteiligten. Von besonderer Bedeutung sind dabei wiederum die Informationskanäle zur EU, die vor allem von der Cemagref, dem französischen Partner, gepflegt werden. Dadurch verfügt die EurAqua oft über wichtige, vielfach noch inoffizielle Vorinformationen.

Durch die Lancierung des 5. Forschungsrahmenprogramms der EU wurde der Nutzen des EurAqua-Netzwerkes im Jahre 1999 besonders deutlich. Da die EurAqua in der Vorbereitungsphase des Rahmenprogramms als kompetente und gewichtige Diskussionspartnerin für die EU-Kommission auftreten konnte, haben sich nun zahlreiche ihrer Anregungen und Ideen in den Beschreibungen der thematischen Programme niedergeschlagen. Der Einfluss der EurAqua hat sicher dazu beigetragen, dass der «Wasserforschung» im Rahmenprogramm eine derart grosse Bedeutung zugemessen wird und ökologische Aspekte als Forschungsprioritäten aufgenommen wurden. Die Kontakte und Informationen des EurAqua-Netzwerkes trugen im vergangenen Jahr auch viel dazu bei, rechtzeitig gemeinsame Forschungsprojekte zu diskutieren und die Erarbeitung entsprechender Forschungsgesuche zu initiieren.

Verschiedene Vertreter von EurAqua-Institutionen sitzen heute in wichtigen EU-Gremien, beispielsweise in den so genannten «External Advisory Groups», welche die Weiterentwicklung des 5. Forschungsrahmenprogramms mitgestalten, oder sind als Reviewer bei der Beurteilung der Forschungsgesuche tätig. Dies ist einerseits sicher eine Folge des hohen Ansehens, welches die EurAqua bei der EU-Kommission genießt. Andererseits profitiert das EurAqua-Netzwerk seinerseits wieder sehr von diesen Engagements seiner Mitglieder.

Ein weiteres zentrales Anliegen der EurAqua ist es, den Kontakt und den Austausch zwischen den beteiligten Institutionen und den dort arbeitenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu fördern. Bisher ist dieses Anliegen aber nur ungenügend umgesetzt worden. Im Jahre 1999 wurde daher eine Arbeitsgruppe unter der Leitung der EAWAG ins Leben gerufen, welche Massnahmen vorschlagen wird, um diesen Austausch zu verbessern. Dabei sollen vor allem junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vom EurAqua-Netzwerk profitieren können und vermehrt für eine gesamteuropäische Sicht der Wasserproblematik sensibilisiert werden.

Für die EAWAG hat sich die EurAqua als äusserst nützlich Netzwerk erwiesen. Diesen Nutzen versucht die EAWAG auch über ein nationales Netzwerk an andere Schweizer Institutionen weiterzugeben, welches allen Interessenten offen steht. Weitere Informationen sind erhältlich unter www.euraqua.org oder direkt bei wagner@eawag.ch.

Nachhaltiges Gewässermanagement

Walter Wagner

Leukämie, Arbeitslosigkeit und Artensterben sind mögliche Folgen eines nicht nachhaltigen Umgangs mit den Gewässern. Wie kommt es dazu? Was lernen wir daraus? Eine vergleichende Analyse verschiedener Gewässersysteme gibt Antworten.

Durch eine stetig wachsende Weltbevölkerung werden die globalen Wasserressourcen in zunehmendem Masse genutzt und verschmutzt. Diese Entwicklung stellt eine nachhaltige Entwicklung in Frage und bedroht die Gesundheit von Menschen und Ökosystemen.

Die Sorge um die langfristige Sicherung der Wasserressourcen ist eine starke Motivation, die Zusammenhänge zwischen Bedürfnissen, Wassernutzung und deren Auswirkungen besser zu verstehen. Die EAWAG hat daher in Zusammenarbeit mit dem Massachusetts Institute of Technology (MIT), der University of Tokyo und der University of São Paulo das Gewässermanagement in den Einzugsgebieten von vier Gewässersystemen analysiert. Die Ergebnisse dieser mehrjährigen Zusammenarbeit im Rahmen der «Alliance for Global Sustainability» wurden 1999 in einer gemeinsamen Publikation zusammengefasst [1]. Dabei wurden unsere Kenntnisse über das Einzugsgebiet der Töss (s. Kapiteltitelfoto, S. 54) [2] mit dem Wissen unserer Projektpartner über den Aberjona in den USA, den Tama in Japan und den Atibaia in Brasilien ergänzt.

Der Vergleich dieser vier Einzugsgebiete, welche in den letzten Jahrzehnten eine stark unterschiedliche demographische und wirtschaftliche Entwicklung durchlaufen haben, hat gemeinsame Probleme des Gewässermanagements aufgezeigt. In allen Fällen wurde die Wasserqualität durch die menschliche Entwicklung beeinträchtigt. Hauptursachen dafür sind industrielle und häusliche Abwässer sowie der Eintrag von Pestiziden und Düngestoffen aus der Landwirtschaft. Im Einzugsgebiet des Aberjona wurden beispielsweise während der Frühindustrialisation grosse Mengen toxischer Industrieabfälle abgelagert, welche bis heute Gewässer und Sedimente stark belasten und in Verdacht stehen, in den sechziger Jahren via Trinkwasser eine erhöhte Leukämie-Rate bei Kindern verursacht zu haben. Abwässer sind heute insbesondere im Fall des Atibaia noch ein Problem, da im Gegensatz zu den anderen Beispielen hier die finanziellen Mittel und der politische Willen fehlen, teure Reinigungsanlagen zu realisieren. Durch die Gewässerverschmutzung wurde im Einzugsgebiet des Atibaia eine ehemals blühende Tourismusindustrie zum Erliegen gebracht, was zu hoher Arbeitslosigkeit mit den üblichen sozialen Konsequenzen führte.

Auch quantitative Beeinflussungen der Gewässer sind in allen Fällen festzustellen, sei dies durch eine lokale Übernutzung der Grundwasservorkommen wie beim Beispiel der Töss oder durch die Entnahme von gegen 80% des mittleren Abflusses beim Tama, die zur Sicherung der Trinkwasserversorgung benötigt werden. Schliesslich wurde auch die Struktur der Gewässersysteme stark verändert. Zur Verbesserung der Hochwassersicherheit wurden insbesondere bei Tama, Töss und Aberjona weite Strecken der Flüsse begradigt und mit Längs- und Querverbauungen befestigt. Zudem sind zahlreiche Gewässerabschnitte überdeckt und viele Feuchtgebiete durch Entwässerung zerstört worden. Diese Veränderungen wirken sich in allen Fällen nachweislich negativ auf die Gesundheit und die Biodiversität der natürlichen Ökosysteme aus.

Die Analyse zeigt aber auch, dass sich trotz der weitgehend ähnlichen Problemstellungen das Ausmass und insbesondere die Problemwahrnehmung und die sich daraus ergebenden spezifischen Managementmassnahmen in den einzelnen Fällen erheblich unterscheiden. Während beim Aberjona in erster Linie die menschliche Gesundheit den Motor für Gewässerschutzmassnahmen darstellt, sind beim Tama die Sicherung der Trinkwasserversorgung und bei der Töss zusätzlich ökologische Überlegungen treibende Kräfte. Unabhängig von der jeweiligen Motivation ist es in diesen drei Beispielen aus industrialisierten Ländern bisher aber gelungen, die sich abzeichnenden Probleme mit finanz- und energieintensiven – das heisst wenig nachhaltigen – Massnah-

men so weit in den Griff zu bekommen, dass die Wassernutzung im gewünschten Umfang und ohne grössere Gesundheitsrisiken für den Menschen gesichert werden konnte.

Wie das Beispiel Atibaia in Brasilien zeigt, können Entwicklungs- und Schwellenländer aber kaum von diesen Erfahrungen der Industrieländer profitieren, da für sie teure Technologien für das Gewässermanagement finanziell nicht tragbar sind. Industrie- sowie Entwicklungs- und Schwellenländer sind also gefordert, gemeinsam nach neuen, nachhaltigeren Wegen im Gewässermanagement zu suchen. Ausgangslage und Ziele sind dabei weitgehend bekannt. Mit unserer Analyse hoffen wir dazu beizutragen, gangbare Wege hin zum Ziel eines nachhaltigen Gewässermanagements zu identifizieren. Dabei geht es darum, bei jedem Managemententscheid grundsätzliche Leitlinien der Nachhaltigkeit zu beachten, z.B.:

- Minimierung der Veränderungen des natürlichen Wasserkreislaufes;
- Verbesserung des Potenzials zur Erhaltung/Wiederherstellung der natürlichen Biodiversität;
- Verminderung des Schadstoffeintrags aus diffusen und Punktquellen.

Literatur

- [1] Wagner W., Gawel J., Furumai H., De Souza M.P., Teixeira D., Rios L., Ohgaki S., Zehnder A.J.B., Hemond H.F.: Sustainable watershed management: an international multi-watershed case study. Eingereicht bei AMBIO.
- [2] Wagner W.: Gewässer – Spiegel der Regionalentwicklung. EAWAG news 44D, 3–5 (1998).

Eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung erfordert Modellvorstellungen

Georg Henseler, Hans-Peter Bader, Ruth Scheidegger, Peter Baccini

Wasser, gespeist vor allem durch Niederschläge, steht auch in der Schweiz nicht unbeschränkt zur Verfügung. Die nachhaltige Bewirtschaftung von Grundwasser verlangt ein Systemverständnis des regionalen Wasserhaushaltes. Durch Entwicklung eines physikalisch-mathematischen Modelles sollen Veränderungen im Grundwasserkörper frühzeitig erkannt und Wirkungen von Steuerungsmassnahmen abgeschätzt werden können.

Um die Grundwässer einer Region nachhaltig bewirtschaften zu können, muss man den gesamten regionalen Wasserhaushalt kennen. Dieser umfasst die Wasserflüsse der Oberflächenwasserbilanz (Niederschlag, Verdunstung,

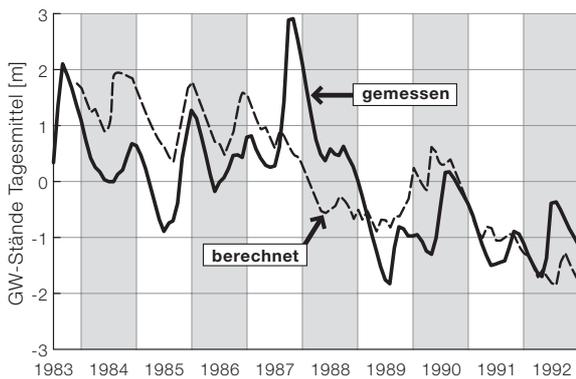


Abbildung: Der Vergleich der berechneten mit den gemessenen Grundwasserständen bildet die Grundlage für weitere Modellverbesserungen und Datenbereinigungen.

Zu- und Abflüsse) sowie der Grundwasserbilanz (Sickerwasser, Grund-Zu- und -Abflüsse, Grundwasserentnahmen). Als Untersuchungsgebiet dient das Flussgebiet der Dünnern zwischen Oensingen und Olten (Gäu) mit einem mächtigen Grundwasserstrom in der Talsohle. Bisherige Untersuchungen lieferten auf der experimentellen Seite Punktmessungen für Niederschlag und Grundwasserstände. Für Oberflächen-Zu- und -Abflüsse sowie Grundwasserförderungen und Abwassereinleitungen liegen regionale Datenreihen vor. Um daraus den Wasserhaushalt zeitlich zu beschreiben, wurde ein Modell entwickelt. Dieses stützt sich dabei nicht auf eine genaue geohydraulische Prozessmodellierung, sondern versucht, mit vereinfachten Annahmen den gesamten regionalen Wasserhaushalt zu beschreiben.

Die Kalibrierung des Modells erfolgte auf der Basis der vorhandenen elfjährigen Messreihen für das Dünnergäu. Als Qualitätskriterium für die Güte des Modells dient der Vergleich der berechneten mit den gemessenen Grundwasserständen in wichtigen regionalen Grundwasserpumpwerken. Ein solcher Vergleich ist in der Abbildung dargestellt. Dabei zeigt sich eine gute Übereinstimmung für die Jahre 1984–1987. Eine kritische Überprüfung der experimentellen Daten hat gezeigt, dass der Unterschied ab 1988 mindestens teilweise auf die Messlücke einer Abflussmessstation zurückzuführen ist. Entsprechende Rechnungen und Datenbereinigungen sind Gegenstand laufender Untersuchungen.

Das Modell soll anschliessend angewendet werden, um den Einfluss von möglichen Veränderungen im Wasserhaushalt auf die Grundwassererneuerung aufzuzeigen.

«Stadt an der Wigger»: Ergebnisse eines Beteiligungsverfahrens zur nachhaltigen Regionalentwicklung

Gregor Dürrenberger, Peter Baccini; Sabine Friedrich, Franz Oswald (ORL-Institut, ETH Zürich)

Der Artikel beschreibt Methode, Ergebnisse und erste Wirkungen eines Beteiligungsverfahrens zur nachhaltigen Regionalentwicklung im Raum Zofingen. Am Verfahren beteiligten sich vorab lokale Entscheidungsträger. Sie entwarfen Visionen und Aktionspläne für eine nachhaltige Umgestaltung ihres Lebensraumes. Das Projekt hat der Region einen Entwicklungsimpuls verliehen.

Ende 1998 führten wir ein Beteiligungsverfahren zur nachhaltigen Regionalentwicklung im unteren Wiggertal (Region Aarburg–Oftringen–Stengelbach–Zofingen) durch. Das Projekt entstand im Anschluss an die Forschungsinitiative SYNOIKOS (Baccini und Oswald, 1998; Oswald und Baccini, 1999), die am Beispiel dieser Region auf den Zusammenhang zwischen Ressourcenhaushalt und Siedlungsform fokussierte.

Die Trägerschaft und Organisation des Beteiligungsverfahrens wurde mit Akteuren aus der Region geteilt. Wir betrachten eine solche «Mitautorenschaft» als eine zentrale Voraussetzung, um einem Beteiligungsprojekt eine längerfristige Wirkung zu verleihen. Das Verfahren umfasste zwei eintägige Workshops mit je etwa 50 Entscheidungsträgern aus Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Kultur und Gesellschaft. Die Anlässe wurden im Juni und November 1998 in Aarburg bzw. in Zofingen durchgeführt (für eine ausführlichere Darstellung: Friedrich et al., 1999). Von der Dramaturgie her lehnte sich unser Vorgehen an die «Local Scenario Workshops» bzw. an den EASW-Ansatz («European Awareness Scenario Workshop») der Europäischen Union an (European Commission, 1994). Die Resultate der Diskussionen wurden über die Presse der lokalen Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Am ersten Treffen formulierten die Teilnehmenden Leitideen für eine «gute Stadt an der Wigger» im Jahre 2050. Am Vormittag wurden in vier Rollengruppen (Politik, Wirtschaft, öffentliche Organisationen und Verbände, Experten und Verwaltung) die gegenwärtigen Stärken und Schwächen der Region aufgelistet und rangiert, am Nachmittag in vier gemischten Gruppen konkrete Zielqualitäten (positive und negative Eigenschaften für die Region im Jahr 2050) formuliert. Als Vorbereitung für die Workshoparbeit versandten wir vier Szenarien zur Regionalentwicklung, die sich u.a. betreffend den regionalen Stoffwechsel und die Morphologie (Ästhetik, Architektur, Planung) unterschieden (als Beispiel: die Region

als «Stadt am Wasser» und Medienzentrum eines neuen «Kantons Aareland»).

Am zweiten Treffen entwickelten die Teilnehmenden konkrete Aktionspläne für den Umbau der heutigen Region zur «guten Stadt». Zu den Themenfeldern «Regionale Identität», «Regionale Ressourcenwirtschaft», «Gesicht der Stadt an der Wigger» und «Politische Strukturen» wurden am Vormittag Projektideen gesammelt. Die beste Projektidee pro Themenfeld wurde am Nachmittag zu einem Aktionsplan mit Aussagen zu Zweckbestimmung, Trägerschaft, Realisierungsschritten sowie zum Mittelbedarf konkretisiert. Zur Einstimmung in die Workshoparbeit versandten wir ein Würfelspiel, in dem erste Projektideen entwickelt werden konnten. Diese flossen in die Gruppendiskussionen des Vormittags ein.

Die Aktionspläne basierten auf folgenden von den Teilnehmenden entwickelten Leitideen:

1. Die Idee «Stadt an der Wigger» soll den politischen Willen für eine nachhaltige Entwicklung der Region manifestieren. Die zentrale Aufgabe der Behörden zur Umsetzung dieses Willens betrifft den Umbau der öffentlichen Aufgaben und Gebietsgrenzen. Dadurch sollen und können bessere Voraussetzungen für die Entwicklung der Gesamtregion geschaffen werden.
2. Das Gesicht der «Stadt an der Wigger» soll in zwei neuen, prägnanten Merkmalen erkennbar sein: im öffentlichen Freiraumnetz, welches als Erlebnispark gestaltet ist; und im so genannten Entwicklungskorridor, welcher innovative urbane Arbeits- und Wohnformen konzentriert.
3. Der Pro-Kopf-Verbrauch von Wasser, Energie, Boden und Baumaterial soll durch geeignete Massnahmen gesenkt, der Autarkiegrad für erneuerbare Ressourcen erhöht werden.

Das Generalziel der zwei Workshops war, einen Entwicklungsimpuls in die Region zu tragen. Dieses Ziel wurde erreicht: Die Aktionspläne sind im Anschluss an die Veranstaltungen in Arbeitsgruppen weiter konkretisiert worden. Als formelles Organ wurde im Dezember 1999 der Förderverein «Vision Region Zofingen» gegründet. Er wird alimentiert durch die beteiligten Gemeinden, durch Firmen, regionale Institutionen und Gönner. Der Verein setzt sich zum Ziel, die innovativen Kräfte der Region zu bündeln und Entwicklung und Umbau des unteren Wiggertales aktiv zu gestalten. Es besteht die Absicht, dass wir den Prozess weiter begleiten.

Literatur

- Baccini P., Oswald F. (Hrsg.):* Netzstadt. Transdisziplinäre Methoden zum Umbau urbaner Systeme. vdf, Zürich 1998.
- European Commission:* European Awareness Scenario Workshop: Organisation manual. Brussels: DG XIII D. 1994.
- Friedrich S., Dürrenberger G., Baccini P., Oswald F.:* Stadt an der Wigger – Neue Kooperation im regionalen Kontext. DISP 35, H. 4 (Nr. 139), 39–42 (1999).
- Oswald F., Baccini P.:* Stadtgestaltung: Architektur und Metabolismus. DISP, 35, H. 4 (Nr. 139), 30–38 (1999).

Organigramm

Direktion



Alexander J.B. Zehnder Direktor	Hans Wasmer	Ueli Bundi Stv. Direktor	Willi Gujer	Roland Schertenleib	René Schwarzenbach	James V. Ward
-------------------------------------------	-------------	------------------------------------	-------------	---------------------	--------------------	---------------

Stab



Walter Wagner Leitung und Wissens-transfer	Yvonne Uhlig Public Relations	Silke Meyns Marketing	Herbert Güttinger Weiterbildung
------------------------------------------------------	-----------------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------------

IGW



René Schwarzenbach
Institut für Gewässerschutz und Wassertechnologie

Prozesse



Urs von Gunten W+T	Bernhard Wehrli SURF	Marc Suter AQU	Rik Eggen MIX	James V. Ward LIM	Hansruedi Siegrist ING	Claudia Pahl-Wostl SIAM	Alfred Wüest APEC
------------------------------	--------------------------------	--------------------------	-------------------------	-----------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------



Markus Boller SWW	Roland Schertenleib SANDEC	Stephan Müller W+L	Walter Giger CHEMPRO	Carlo C. Jaeger (ad. int.) HOE	Peter Baccini S+E	Ueli Bundi L+M
-----------------------------	--------------------------------------	------------------------------	--------------------------------	------------------------------------------	-----------------------------	--------------------------

Logistik + Marketing (L+M)



Gabriel Piepke INF	Verena Cajoche PD	Ulrich Martin Joss FEKD	Max Mauz TD	Hans Wasmer BaFA	Monika Zemp Bibliothek	Max Reutlinger Lehrlingswesen	Arianne Maniglia Kinderpavillon
------------------------------	-----------------------------	-----------------------------------	-----------------------	----------------------------	----------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------------

Abkürzungen

- APEC** Angewandte Gewässerökologie
- AQU** Aquatische Umweltanalytik
- BaFA** Bauten Forschungsanstalten
- CHEMPRO** Chemische Problemstoffe
- FEKD** Finanz-, Einkaufs- und Kaufmännische Dienste
- HOE** Humanökologie
- INF** Informatik
- ING** Ingenieurwissenschaften
- LIM** Limnologie
- L+M** Logistik und Marketing
- MIX** Umwelt-Mikrobiologie und Molekulare Ökotoxikologie

- PD** Personaldienst
- SANDEC** Wasser und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern
- S+E** Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik
- SIAM** Systemanalyse, Integrated Assessment und Modellierung
- SURF** Oberflächengewässer
- SWW** Siedlungswasserwirtschaft
- TD** Technischer Dienst
- W+L** Wasser und Landwirtschaft
- W+T** Wasserressourcen und Trinkwasser

Stand: ab 1. Januar 2000

Beratende Kommission 1999



Ursula Mauch

INFRAS AG, Forschung, Wirtschafts-
und Umweltberatung, Zürich
(Präsidentin)



Dipl. Ing. Bernhard Jost

Amt für Gewässerschutz und Wasserbau
des Kantons Zürich, Zürich



Dr. André Bachmann

Direktor BMG Engineering AG, Schlieren



Dr. Claude Martin

Directeur Général, WWF – World Wide Fund
for Nature, Gland



Dr. Peter Donath

Environment, Health & Safety,
Ciba Speciality Chemicals Inc., Basel



Dr. Philippe Roch

Direktor, Bundesamt für Umwelt, Wald und
Landschaft, BUWAL, Bern



Dr. Mathias Hohl

Vizedirektor,
Leiter Sicherheit und Umweltschutz
EMS-Dottikon AG, Dottikon

Umweltschutz an der EAWAG

Herbert Güttinger, Christine Bratrach, Mark Gessner, Monika Kämpfer, Thomas Lichtensteiger, Michele Steiner, Hartmut Stiess, Detlev Jung, Max Mauz

Ökologisch bewusste Ernährung, interne Kommunikation über Umweltschutz, Wärmerückgewinnung aus der Kapellenabluft, Erfahrungen mit der Kilometerabgabe, ein Betriebsjahr Seewasserwärmepumpe am Forschungszentrum für Limnologie (FZL), 3-kW-Fotovoltaikanlage in Kastanienbaum und Stabilisierung des Papierverbrauchs bei 25 kg pro Person und Jahr. Dies sind einige Stichworte zum Umweltschutz an der EAWAG im Jahr 1999.

Umweltbelastung durch Ernährung und Konsum

Begonnen hat die Ökologie-Kerngruppe (OEKG) das Jahr 1999 mit einem Wunschkatolog an die Interessengemeinschaft Cafeteria der EAWAG. Der Katalog enthielt Wünsche nach Bio-Produkten, nach einem vegetarischen Menu, deklariertem Fleisch, Fair-Trade-Produkten und der Kompostierung von Abfällen. Die Idee dahinter war nicht nur die Bereitstellung umweltgerecht produzierter Nahrung, sondern auch das Wissen um die umweltrelevante Wirkung des Konsumverhaltens jedes Einzelnen. Verschiedene der geäußerten Wünsche sind bereits verwirklicht, wie zum Beispiel die Kompostierung, ein grösseres Angebot von Früchten und von Bioprodukten.

Information und Dialog am Ökotag vom 23. März 1999

Am Ökotag vom 23. März 1999 informierte die OEKG gemeinsam mit dem Technischen Dienst und weiteren Kolleginnen und Kollegen über Aktivitäten und Ideen zum EAWAG-Umweltschutz. Die neue Wärmerückgewinnungsanlage im Laborgebäude konnte besichtigt werden, das «Hausmodell des Umweltschutzes» als konzeptueller Überbau des betrieblichen Umweltschutzes wurde präsentiert und in der Cafeteria wurde ein vegetarisches Menu serviert (Bio-Nüsslisalat, Pilzragout und Bionudeln nach einem Rezept von Hiltl). Die zahlreichen TeilnehmerInnen an der Veranstaltung konnten sich ins Bild setzen über

- das genaue Schicksal der EAWAG-Abfälle,
- die Integration einer «NoMix»-Toilette (separate Urinsammlung) an der EAWAG im Rahmen des Projektes Novaquatis,
- die umweltbewusste Informatik-Beschaffung und
- die Berücksichtigung ökologischer Anliegen beim Neubau des EMPA/EAWAG-Auditoriums «Akademie».

Technischer Umweltschutz

Mit der im Laborgebäude eingebauten Wärmerückgewinnungsanlage konnten zwischen dem 1. Juli 1998 und

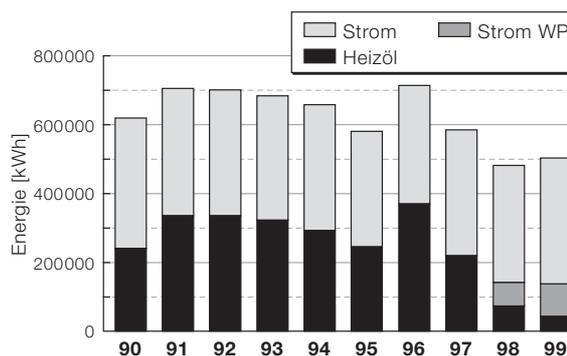


Abbildung 1: Energieverbrauch am Forschungszentrum für Limnologie (FZL) in Kastanienbaum. Im Winter 1998 wurde die Seewasserwärmepumpe in Betrieb genommen, was zu einem markanten Rückgang des Heizölverbrauchs führte.

dem 30. Juni 1999 260 MWh aus der Kapellenabluft und 163 MWh aus den Druckluftkompressoren zurückgewonnen werden. Diese Rückgewinnung entspricht ca. 45% des gesamten Wärmebedarfs von 910 MWh für die EAWAG Dübendorf (ohne Chriesbachgebäude). Mit der Anlage konnte zudem noch eine Reduktion des gesamten Wärmebedarfs von früher ca. 1150 MWh um rund 200 MWh erzielt werden.

Für die Seewasserwärmepumpe (WP) am FZL liegen nun die Daten für ein erstes volles Betriebsjahr vor. Die Zahlen zeigen eine markante Reduktion des Heizölverbrauchs von ca. 30 000 Litern im Durchschnitt der Jahre 1990–1996 auf ca. 4200 Liter im Jahr 1999; verbunden mit einem Anstieg des Stromkonsums um 95 000 kWh auf ca. 460 000 kWh total (Abbildung 1). Am 12. November 1999 konnte zudem in Kastanienbaum noch eine Fotovoltaikanlage auf dem Bootshaus in Betrieb genommen werden (Abbildung 2). Die Anlage umfasst 36 Module mit einer Gesamtfläche von 22.7 m² und einer installierten Leistung von 3.06 kW. Die Silizium-



Abbildung 2: 3-kW-Fotovoltaikanlage auf dem Bootshaus des Forschungszentrums für Limnologie in Kastanienbaum. (Foto: Herbert Güttinger)

zellen lieferten bis zum 3. Februar 2000 331 kWh Strom; die momentane Leistung und die kumulierte Energie können an einer Anzeigetafel im Freien laufend abgelesen werden.

Bemerkungen zum Ressourcenverbrauch

Am 12. Januar 1995 wurde an der EAWAG ein «Umwelt-Konto» zur Belastung der Kilometerleistung mit Dienstfahrzeugen eingerichtet. Die Analyse der Daten (Abbildung 3) zeigt nun, dass die gefahrenen Distanzen von

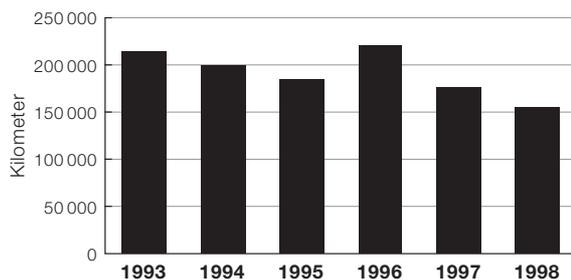


Abbildung 3: Mit Dienstfahrzeugen gefahrene Distanzen.

1995 bis 1998 tendenziell tatsächlich abgenommen haben. Ob diese Abnahme in kausalem Zusammenhang mit der Lenkungsabgabe steht, ist offen. Da die EMPA-Garage seit Anfang 1999 die gefahrenen Kilometer nicht mehr belastet, sondern die Ausleihzeit der Fahrzeuge, muss ein neues Anreiz-System ausgearbeitet werden. Dabei soll versucht werden, die gewünschten Effekte, nämlich weniger Treibstoffverbrauch, weniger Lärm, weniger Abgase, noch etwas gezielter zu fördern.

Zu den Zielen des Umweltschutzes an der EAWAG gehört eine Stabilisierung bzw. Verminderung des Ressourcenverbrauchs ganz allgemein. Anhand der Einkaufsmengen kann dieses Ziel für Papier überprüft werden (Abbildung 4). Nach einer Zunahme bis 1996 zeichnet sich nun eine

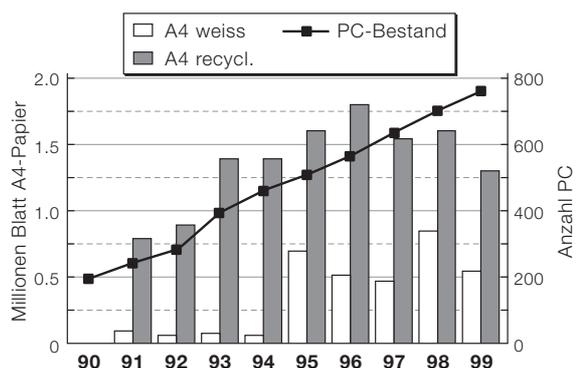


Abbildung 4: Einkaufsmengen von A4-Papier für Kopierer und Drucker und PC-Bestand gemäss Inventar.

rückläufige Entwicklung beim Recyclingpapier und ein zunehmender Verbrauch von weissem Papier ab. Pro MitarbeiterIn wurden 1999 rund 25 kg Papier eingekauft, was einem Bedarf von ca. 25 Blatt/Arbeitstag und Person entspricht. Zunehmend werden die Blätter beidseitig kopiert und bedruckt. Aus der Anzahl Kopien (ca. 2 800 000 für das Jahr 1999; ca. 80–90% davon doppelseitig) kann entnommen werden, dass der Hauptanteil Kopien sind. Der Verbrauch verläuft im Übrigen ab 1996 entkoppelt von der Entwicklung des PC-Bestandes.

Mehr Informationen zum betrieblichen Umweltschutz der EAWAG finden sich unter http://www.eawag.ch/about/umweltschutz/d_betrumwltsch.html.

Labor- und Feldmessgeräte im Wandel der Zeit

Andreas Frutiger, Gabriella Meier Bürgisser

In der Forschung sind Messeinrichtungen, die als massgeschneiderte Einzelanfertigungen hergestellt werden, keine Seltenheit. Die EAWAG kann in solchen Fällen auf eine eigene leistungsfähige Werkstatt zurückgreifen. Geräte «Made by EAWAG Tüffenwies» erreichen oft eine ungewöhnlich lange Lebensdauer. An ihnen wird besonders augenfällig, wie sehr die Messtechnik im Labor und im Feld dem Wandel der Zeit unterworfen ist.

Bei wissenschaftlichen Fragestellungen kommt es immer wieder vor, dass eine speziell benötigte Messeinrichtung nicht «ab Stange» gekauft werden kann. Dies war z.B. 1981 der Fall, als grosse Mengen von Seewasserproben auf ihren Gehalt an partikulärem organischem Kohlenstoff (POC) hin analysiert werden sollten. Unsere Werkstatt, damals noch in Zürich Tüffenwies, baute uns in der Folge eine massgeschneiderte Apparatur. Sie besteht aus einem Autosampler, einer Steuereinheit, einem Ofen, einem Infrarot-Messgerät und einem Computer, der das Steuerungsprogramm für die Schrittmotoren enthält und die Resultate aufzeichnet (Abbildung 1). Als Computer diente von 1982 bis 1996 ein Commodore CBM. Weil dann aber der Drucker defekt wurde und keine Ersatzteile mehr zu kaufen waren, wurde 1997 eine neue Computersteuerung nötig. Der Autosampler «Made by EAWAG Tüffenwies» konnte aber unverändert übernom-

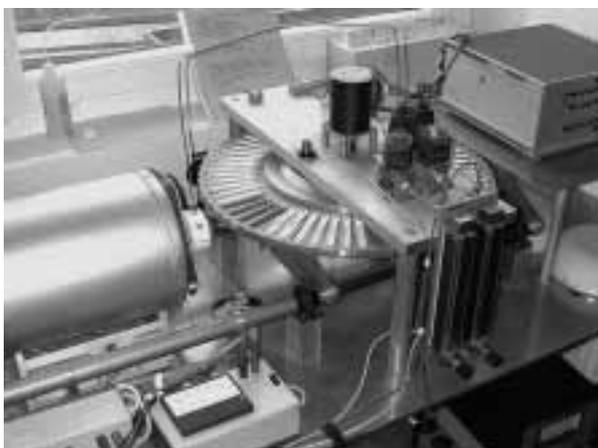


Abbildung 1: Der POC-Automat, der 1981 von der EAWAG-Werkstatt gebaut wurde und bis heute fast täglich in Betrieb steht. Links der Ofen, in der Mitte der automatisierte Probenwechsler, rechts die Steuerelektronik für die Schrittmotoren. (Foto: Andreas Frutiger)



Abbildung 2: Seit 1980 wurden die Feld-Temperaturmessgeräte immer kleiner. Für jede neue Gerätegeneration wurde von der Werkstatt ein dazu passender Gehäusotyp gebaut. (Foto: Andreas Frutiger)

men werden. Das POC-Gerät wird nun mit modernster Laborsoftware (LabView) gesteuert, die uns freundlicherweise von EMPA-Fachleuten programmiert wurde, und liefert weiterhin zuverlässig einwandfreie Resultate. Das Label «Made by EAWAG Tüffenwies» ist zwar nicht mehr zutreffend, da die Werkstatt inzwischen nach Dübendorf umgezogen ist. Doch sie leistet weiterhin unschätzbare Dienste für die im Felde tätigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler.

Kontinuierliche Temperaturmessungen in geschlebegeführten Fließgewässern stellen spezielle Anforderungen an die Widerstandsfähigkeit der Messgeräte. Weil bei Hochwasser die Messleitungen zwischen dem Fühler (im Wasser) und dem Aufzeichnungsgerät (am Ufer) häufig zerstört werden, müssen die Geräte als Ganzes (mit Stromversorgung, Messfühler und Aufzeichnungseinheit) im Gewässer platziert werden. Der nötige mechanische Schutz wird mit massiven Chromstahlgehäusen erreicht, die mit schweren Ketten an einem (hoffentlich) stabilen Gegenstand am Ufer befestigt werden. Die Miniaturisierung der Elektronik und die stete Verbesserung der Batterien führte dazu, dass die Geräte stets kleiner wurden. Entsprechend musste für jeden neuen Gerätetyp eine eigene Generation von Gehäusen hergestellt werden. Die modernsten «Logger» sind noch knapp 10 cm lang bei einem Durchmesser von nur 2 cm (Abbildung 2, vorne in der Mitte). Sie können während eines Jahres jede Stunde einen Temperaturwert aufzeichnen.

Engagement der EAWAG im Donauraum und in Südosteuropa

Jürg Bloesch

Seit 1995 ist die EAWAG in Südosteuropa und im Donauraum in angewandter Limnologie tätig. Zum einen geht es darum, beim Aufbau von Monitoringprogrammen in Mazedonien (Ohridsee, Fließgewässer) zu helfen, zum andern soll die Internationale Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD) aktiviert werden.

Wieso macht die EAWAG limnologische Beratung ausgerechnet in Mazedonien? Dieses Land hat die Schweiz offiziell um Hilfe beim Aufbau eines modernen Gewässerschutzes angefragt. Da die Schweiz in Südosteuropa

schon andere Schwerpunktprogramme durchführt (Abbildung), sagte sie ihre Unterstützung zu. Die Beiträge der EAWAG umfassen konzeptuelle Beratung vor Ort, Entwicklung von Konzepten für Umsetzung und Öffentlichkeitsarbeit, Durchführen von Kursen in Laboranalytik und Datenbankmanagement, wissenschaftlichen Austausch über Gewässerschutzprobleme und Verfassen der nötigen Berichte zu Händen der Auftraggeber.

Im Projekt «Monitoring Ohridsee» ist die EAWAG Mitglied einer Arbeitsgemeinschaft, die unter der Leitung der Beratungsfirma Ernst Basler und Partner, Zollikon, steht und die vom Staatssekretariat für Wirtschaft (seco) bzw. von der Weltbank finanziert wird. Der Ohridsee ist einer der ältesten Seen der Welt, er beherbergt viele endemische Arten aus allen Tier- und Pflanzengruppen (etwa 50–80%) und ist deshalb in das UNESCO-Inventar der Biosphären-Reservate aufgenommen worden. Unsere Erfahrung im Management von Seen müssen wir jetzt einbringen, bevor der bis 289 m tiefe See unwiederbringlich mit Nähr- und Schadstoffen kontaminiert ist.

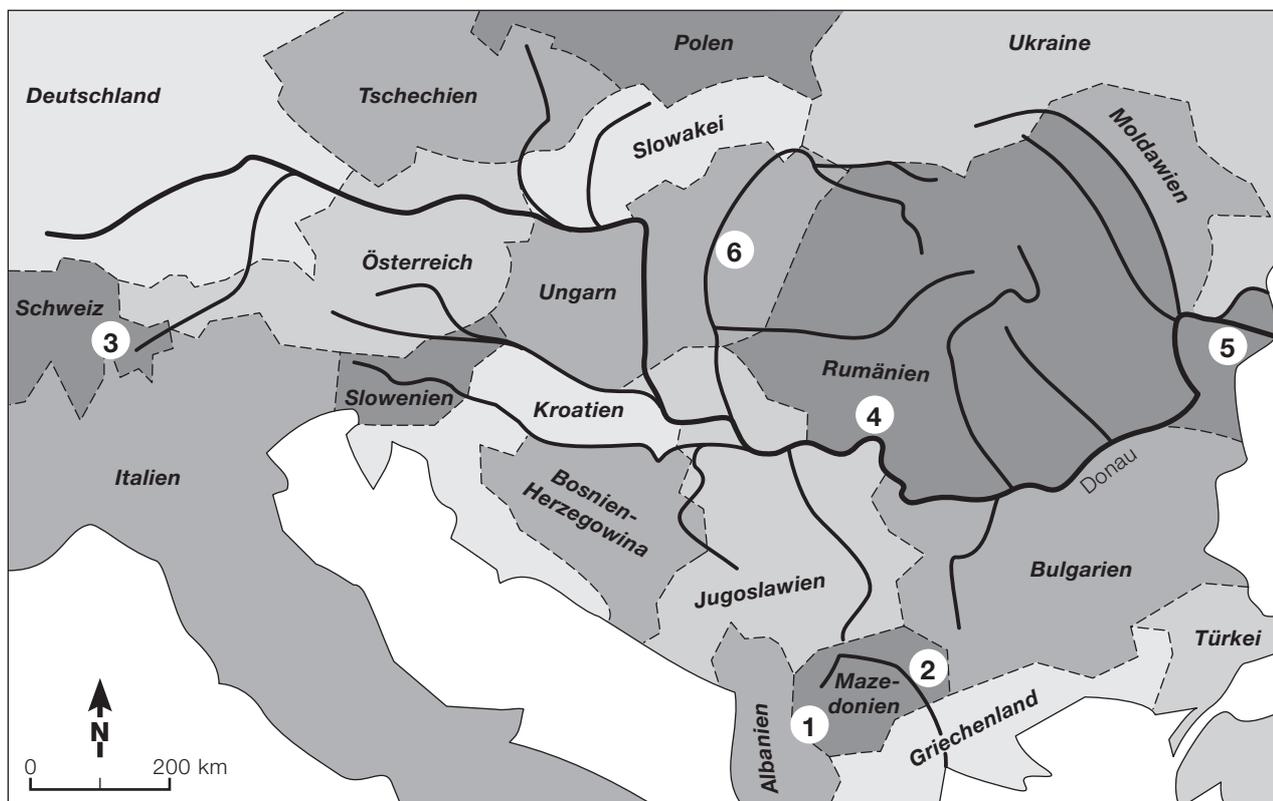


Abbildung: In der Karte von Südosteuropa sind die Tätigkeitsgebiete der EAWAG angegeben:

- 1 = Ohridsee, Grenzgewässer Mazedonien-Albanien
 - 2 = Vardar, Hauptfluss in Mazedonien, der in Nordgriechenland in die Ägäis mündet
 - 3 = Inn im Engadin
 - 4 = Staustufe «Eisernes Tor» an der unteren Donau
 - 5 = Seen im Deltagebiet der Donau
 - 6 = punktuelle Cyanid- und Schwermetall-Untersuchungen an der Theiss mit dem Schweizer Fernsichteam MTW vom 17. bis 21.2.2000
- Die Internationale Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD) deckt den ganzen Donauraum ab (gegenwärtig 11 Mitgliedsländer).

Sanierungen (partielle Ringleitung, Kläranlagen) im Einzugsgebiet des Sees sind im Gang.

Das Projekt «Fließgewässermonitoring» wird direkt im Auftrag der Direktion für Entwicklungszusammenarbeit (DEZA) ausgeführt. Entsprechend unserem schweizerischen Überwachungsprogramm (NADUF) sollen auch die Fließgewässer überwacht und, wo die Grenzwerte nicht eingehalten sind, saniert werden. Besonders bedeutend sind der Vardar und seine Nebenflüsse.

Es ist eine grosse Herausforderung, die unterschiedliche Lebensphilosophie, die wirtschaftlichen Probleme und die klimatischen Bedingungen Mazedoniens in praxistaugliche Gewässerschutzstrategien mit einzubeziehen. In beiden Projekten gilt der Leitsatz: Hilfe zur Selbsthilfe. Das heisst, die Monitoringkonzepte werden in enger Zusammenarbeit mit den Partnern vor Ort erarbeitet und von diesen mitgetragen bzw. durchgeführt. In diesem Konzept eingeschlossen ist eine angemessene Kostenbeteiligung der Mazedonischen Republik.

Seit der Gründung im Jahre 1956 ist die Schweiz Mitglied der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD). Die Donau ist als grosser europäischer Fluss unter starkem anthropogenem Nutzungsdruck (Verschmutzung, Schifffahrt, Laufkraftwerke) und deshalb als Ökosystem stark gefährdet. Der Cyanid-Unfall in der rumänischen Goldmine Baia Mare, welcher im Februar 2000 Fauna und Flora des wichtigen Donauzuflusses Theiss massiv geschädigt hat, ist beredtes Beispiel dafür. Die traditionsreiche, multinationale und multidisziplinäre IAD muss sich dem stark veränderten politischen Umfeld anpassen, ein Prozess, den ich als neuer Präsident umzusetzen versuche. Die IAD muss in äusserst schwierigen politischen und ökonomischen Verhältnissen den Spagat machen zwischen der limnologischen Forschung und der Gewässerschutzpolitik. Insbesondere muss sie ihre Position zu der im Oktober 1998 gegründeten Internationalen Kommission zum Schutz der Donau (IKSD) finden, in welcher die Schweiz leider nicht vertreten sein wollte. Eine besondere Rolle kommt den 13 Fachgruppen zu, mit deren Leitern ich im November 1999 einen Workshop in Ungarn durchgeführt habe.

Einige EAWAG-Projekte finden bereits im Donauraum statt oder sind dort geplant, und eine Zusammenarbeit mit der IAD wird angestrebt:

- Untersuchungen zum Selbstreinigungspotential von Seen im Donau-Delta (siehe Beitrag von Jana Friedrich et al., S. 41);
- Analyse verschiedener Stauhaltungen in Europa inkl. des «Eisernen Tors» an der unteren Donau (EU-Projekt eingereicht von Alfred Wüest und Gabriela Friedl);

- zusammen mit Patricia Holm versuche ich, die Problematik der durch endokrine Substanzen und Schwermetalle geschädigten Fische im Donauraum bewusst zu machen; im Vordergrund steht zunächst eine Zusammenarbeit mit dem Kanton Graubünden am Inn.

Literatur

- Dokulil M., Bloesch J., Morris M. (Eds.): River ecosystem concepts. An initiative of the International Association for Danube Research (IAD). Arch. Hydrobiol. Suppl. 115/3, Large Rivers 11/3 (1999).*
- Bloesch J., Frauenlob G.: Ecological functionality of the River Inn in view of man made impacts: Proposals for a sustainable development of the Inn catchment. Int. Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD), Limnol. Ber. Donau 1997, Vol. 2:223–228 (1998).*
- Frauenlob G., Bloesch J.: Bibliographie Inn. Schriftenreihe der EAWAG Nr. 11, Dübendorf-Zürich 1997, ISBN 3-906484-15-7.*

Wenn sich Primärproduzenten gegenseitig befruchten

Peter Bossard

Vom 9. bis 17. September 1999 fand ein von der EAWAG (mit)organisierter internationaler Workshop über die Dynamik der Primärproduktion statt, an welchem 60 Limnologen und Ozeanographen aus aller Welt ihr Know-how in gemeinsamen Feld-Experimenten austauschten.

Der Anstoss für diese Veranstaltung erfolgte vor drei Jahren mit einer Anfrage des Vorsitzenden des Internationalen GAP-Komitees (Group for Aquatic Primary Production), der kurzfristig nach Alternativen suchte, als der 7. GAP Workshop der Societas Internationalis Limnologiae (SIL) in Wales abgesagt werden musste. Aus der ursprünglich beabsichtigten «Feuerwehübung» entwickelte sich schliesslich ein generalstabsmässig geplantes Unterfangen: Eine Hand voll Schweizer Limnologen «vermailte» sich 1998 per Computer weltumspannend mit Primärproduktions-Koryphäen, um Gruppen(dynamische)-Experimente über die Produktion und biologische Vielfalt von Algen unter dem Einfluss verschiedener Nährstoffe, Licht und UV-Strahlung vorzubereiten. Der Workshop hatte zum Ziel, Know-how auf diesem Forschungsgebiet auszutauschen, gemeinsame Experimente im Feld und im Labor durchzuführen und wichtige Wissenslücken zu orten.

Dass solche Workshops als tierisch ernst zu nehmende Angelegenheiten einzustufen sind, erfuhren wir spätestens, als uns der Schweizer Nationalfonds bei der Vergabe der dringend benötigten finanziellen Unterstützung ein Formular zuschickte, auf welchem wir bescheinigen mussten, die ethischen Grundsätze für Tierversuche zu respektieren.

Ein Jahr und tausend E-Mails später waren auch die letzten Aussenbordmotoren, Schwimmwesten, Titrationsgeräte, Sonnencremen und Hot-Dogs organisiert, die den 60 Gästen ein angenehmes Überleben an den Bergseen von Piora und den Gestaden des Zürich- und Vierwaldstättersees ermöglichten.

Nach den Plenary Sessions am Institut für Pflanzenbiologie der Universität Zürich erhielten die mit Schlafsack und Gamelle ausgerüsteten «Limno-Touristen» die Möglichkeit, an verschiedenen Feldstationen eine Woche lang gemeinsam ihrem geliebten Hobby zu frönen, das darin bestand, Algen an den unmöglichsten Orten zu sammeln und sie ausgetüftelten Experimenten zu unterwerfen.



Abbildung: Was hier auf den ersten Blick als Picknick-Idylle zweier Fotosafari-Freaks im Dschungel des Horwerbuch-Naturresevates anmutet, entpuppt sich beim gründlicheren Hinsehen als August-Thienemann-Preis-verdächtige Forschungsarbeit der Biofilm-Gruppe während des GAP Workshops.

Links: Richard Robarts, GEMS, Kanada, Vorsitzender des Internationalen GAP-Komitees, rechts: Ruben Sommaruga, Univ. Innsbruck. (Foto: Michael Arts, NWRI, Kanada)

Gruppendynamische Raffinessen wie chronisch überfüllte Labors und zufällig eingestreute Pannen sorgten für menschliche Nähe, entwickelten das Zusammengehörigkeitsgefühl und weckten das Improvisationsvermögen der Teilnehmer und Organisatoren. Aber auch solche Widrigkeiten hinderten die Leute nicht daran, mit Bienenfleiss Tausende von Proben zu produzieren, welche noch Tage nach dem Ende des Workshops einen permanenten Stau an den automatischen Analysegeräten des Zentrums für Limnologie in Kastanienbaum verursachten. Dazu trug wohl auch das einmalig schöne Sommerwetter bei, welches erst am Tag der Rückreise nach Zürich in Regen umschlug. So konnten sich dort die Teilnehmer mit Petrus' gütiger Mithilfe auf die Auswertung der Untersuchungsergebnisse konzentrieren, ohne in Versuchung zu geraten, die kostbare Zeit mit Spaziergängen im Botanischen Garten des Institutes für Pflanzenbiologie zu vergeuden oder sich gar in Zürichs Niederdorf zu verirren.

Auch Monate nach dem Workshop hält der elektronische Verkehr der vermailten Teilnehmer weiter an und gipfelt jeweils mit einem «Beep – you have new mail» in der Ankündigung freudiger Geburtsergebnisse gemeinsamer Publikationen für die geplante Sondernummer von Aquatic Sciences.

Aus dem Personal

Rudolf Koblet

Im Laufe des Jahres 1999 wurden die folgenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter pensioniert:

- Frau Dr. *Joan S. Davis*, von Haus aus Chemikerin, trat im Frühjahr 1970 in die Chemieabteilung der EAWAG ein, um eine Datenbank zur Beurteilung des Fließgewässerzustandes aufzubauen. Später engagierte sie sich stark im Rahmen der Nationalen Analytischen Daueruntersuchung schweizerischer Fließgewässer (NADUF). Hier ging es um die Überwachung und Forschung als Basis für Gewässerschutzmassnahmen. Neben ihren zentralen Aufgaben übte Joan Davis auch eine intensive Lehrtätigkeit an der ETH Zürich, an Universitäten, an der TU Berlin u.a. aus. Die Thematik ihrer Lehre wie auch ihrer vielen Publikationen und Vorträge kreiste schon früh um den Umgang des Menschen mit den Ressourcen und dessen Einfluss auf den Zustand von Gewässern und Umwelt.
- Herr *Bruno Ribi* trat im Jahre 1963 in die EAWAG ein und wirkte bis zu seiner Pensionierung – also während 36 Jahren – in der Abteilung Limnologie als Chemie-Laborant. Seine Hauptaufgabe war die Bestimmung der Nährstoffe in Seewasser- und in den letzten Jahren auch in Fließgewässerproben. Er war es, der Monat für Monat die Proben der Langzeituntersuchungen am Greifensee, am Vierwaldstättersee u.a. analysierte. Bruno Ribi war aber nicht nur im Labor anzutreffen, während langer Jahre half er im Sommer und Winter alle vier Wochen im Boot bei der Probenahme mit. Herr Ribi erlebte hautnah den gewaltigen Aufschwung der Analysetechnik: von der Handarbeit am Anfang bis zu den computergesteuerten Vollautomaten unserer Tage.
- Herr *Vaclav Chaloupka* trat im Herbst 1990 als technischer Mitarbeiter in die Abteilung Mikrobiologie der EAWAG ein. Er stammt aus der ehemaligen Tschechoslowakei und lebte viele Jahre in der Westschweiz, wo er in der Schokoladenindustrie gearbeitet hatte. An der EAWAG arbeitete Herr Chaloupka für die Trinkwassergruppe. Mit viel Geduld und Sorgfalt bereitete er unterschiedliche Nährmedien für mikrobiologische Wachstumsversuche. Auch war er an der Erfassung der Wachstumsdaten von Bakterien beteiligt. Zuverlässig und selbständig führte er trinkwassermikrobiologische Untersuchungen durch. Immer freundlich übernahm er oft auch kleine schwierige Aufgaben für die anderen Arbeitsgruppen der Abteilung. Dank

seinem handwerklichen Geschick oblag ihm bald der Umgang mit allerlei defekten Geräten und Apparaten, was sich im Reparaturbudget der Abteilung sehr günstig auswirkte.

Wir wünschen den Pensionierten alles Gute zum Übertritt in den nächsten wichtigen Lebensabschnitt, vor allem aber Glück, Gesundheit und viel Musse, um sich dem zu widmen, was ihnen am Herzen liegt.

1999 hat *Dieter Imboden*, seit 1988 Professor für Umweltphysik an der ETHZ, die EAWAG verlassen. Nach einem Studium der theoretischen Physik in Berlin und Basel führte ihn seine Faszination für die Umwelt und das Element Wasser im Herbst 1971 an die EAWAG. Seit 1974 war er als Lehrbeauftragter an der ETHZ tätig, habilitierte sich 1982 auf dem Gebiet der mathematischen Modellierung und der Umweltphysik und war 1987 einer der Mitbegründer des neuen Studienganges in Umweltnaturwissenschaften an der ETHZ. Seine Hauptinteressen gelten dem Versuch, die Methoden der Physik auf die komplexen Probleme der Umwelt anzuwenden, sowie den grossen Seen der Erde (Baikalsee, Kaspisches Meer u.a.). An Beispielen wie «globale Klimaveränderungen» oder «Energiepolitik» versuchte er einen Brückenschlag zwischen Natur-, Geistes- und Sozialwissenschaften. Vom 1. April 1998 bis 30. November 1999 leitete Dieter Imboden das vom ETH-Rat ins Leben gerufene Projekt für eine nachhaltige Entwicklung «Novatlantis» und beschäftigte sich insbesondere mit dem Pilotprojekt «Die 2000-Watt-Gesellschaft». Dem Thema «Nachhaltigkeit und Energie» wird er sich künftig inhaltlich im Rahmen seiner Professur für Umweltphysik widmen.

Im Frühjahr 1999 hat auch Frau *Elisabeth Stüssi* die EAWAG verlassen. Sie wirkte als Bibliothekarin seit 1976. Der Ausbau der alten Bibliothek mit ihren für die Benutzer verschlossenen Magazinräumen zu einem modernen Kommunikationszentrum ist zu einem grossen Teil ihr Verdienst. In ihre Zeit fiel auch der arbeitsintensive Übergang von den ortsgebundenen Zettelkatalogen zur voll vernetzten und EDV-gestützten Bibliothek.

Am 31. Dezember 1999 ist Frau *Wilma Kumpfe* gestorben. Frau Kumpfe trat 1955 in die damals noch an der ETH in Zürich beheimatete EAWAG ein, um die Stelle als Sekretärin des Direktors Professor Otto Jaag anzutreten. Neben den üblichen Sekretariatsarbeiten musste sie auch noch die Bibliothek und den Separata-Austausch betreuen. Von einer früheren Stelle bei einem Juristen her war Frau Kumpfe exaktes Arbeiten gewöhnt: so konnte sie fehlerfreies Deutsch tippfehlerfrei mit der Schreibmaschine zu Papier bringen. Dies kam ihr bei der Publikationsfreudigkeit ihres Chefs – noch gab es ja keine Korrekturtaste an der Schreibmaschine – sehr zu Nutzen.

Ab 1970 versah Frau Kumpfe ihr Amt auch beim neuen Direktor, Professor Werner Stumm, inzwischen allerdings ohne Bibliotheksbetreuung und Separatversand. Ihrer vielseitigen Tätigkeit in dem sich stetig ändernden und immer grösser werdenden Betrieb widmete sich Frau Kumpfe mit Freude und grossem Engagement bis zu ihrer Pensionierung im Herbst 1980. Von da an hatte sie mehr Zeit, sich ihrer grossen Leidenschaft zu widmen: dem Reisen in den hohen Norden, den sie auch früher schon oft und sogar im Winter besucht hatte.

Frau PD Dr. *Patricia Holm* erhielt den Berner Umwelt-Forschungspreis 1999 für ihre Habilitationsschrift der Universität Bern «The fish as bioindicator: the effect of environmental influences on selected molecules, cells and organs».

Werner Stumm (der 1999 verstorbene frühere Direktor der EAWAG) und *James J. Morgan* (Goldberger Professor for Environmental Engineering Science am California Institute of Technology in Pasadena, USA) erhielten gemeinsam den schwedischen Wasser-Preis im Gesamtwert von 216 000 Franken für bahnbrechende Leistungen bei der Erforschung von Umweltbelastungen des Wassers.

Für die Publikation «Calibration of full-scale ozonation systems with conservative and reactive tracers» (Aqua 48, No. 6, 1999) haben Dr. *Urs von Gunten* (Trinkwasser-spezialist und Leiter des EAWAG-Prozesses «Wasserressourcen und Trinkwasser»), Dr. *Mike Elowitz* (ehemaliger Postdoktorand bei Urs von Gunten, jetzt wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Environmental Protection Agency in Cincinnati, USA) und Dr. *Hans-Peter Kaiser* (Leiter der Qualitätsüberwachung der Wasserversorgung Zürich) im September 1999 den Maarten-Schalekamp-Preis der International Water Services Association IWSA in der Höhe von 2500 Franken erhalten.

Im Berichtsjahr wirkten folgende Gastwissenschaftlerinnen und Gastwissenschaftler an der EAWAG:

- *Adams, Donald D.*, Professor, State University of New York, Plattsburgh, NY, USA (August 1999, in der Abt. Biogeochemie in Kastanienbaum)
- *Adriaens, Peter*, Professor, The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA (Januar–September 1999, in der Abt. Mikrobiologie)
- *Alvarez, Pedro J.*, Professor, The University of Iowa, Iowa City, USA (Januar–Juni 1999, in der Abt. Mikrobiologie)
- *Ami, Nishri, Dr.*, Israel Oceanographic and Limnological Institute, Kinneret Limnological Laboratory, Tiberias, Israel (Oktober–November 1999, in der Abt. Biogeochemie in Kastanienbaum)
- *Chin, Yu-Ping*, Professor, The Ohio State University, Columbus, Ohio, USA (Dezember 1998–Juli 1999, in der Abt. Chemie)
- *Duong, Hong Anh*, Center for Environmental Chemistry, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam (Januar–Dezember 1999, in der Abt. Chemie)
- *Freidig, Andreas*, Research Institute of Toxicology (RITOX), University of Utrecht, Niederlande (1. April–31. August 1999, in der Abt. Chemie)
- *Li, Yijun, Dr.*, Nankai University, Tianjin, China (September–Dezember 1999, in der Abt. Biogeochemie in Kastanienbaum)
- *Litchman, Elena, Dr.*, Smithsonian Environmental Research Center, Edgewater, MD, USA (September–November 1999, in der Abt. Limnologie in Kastanienbaum)
- *Meyer, Joseph S.*, Professor, University of Wyoming, Laramie, WY, USA (September–Oktober 1999, in der Abt. Biogeochemie in Kastanienbaum)
- *Nozhevnikova, Alla, Dr.*, Russische Akademie der Wissenschaften, Moskau, Russland (Februar–Mai und August–November 1999, in der Abt. Biogeochemie in Kastanienbaum)
- *Odzak, Niksa, Dr.*, Institute of Oceanography and Fisheries, Split, Kroatien (Januar–Dezember 1999, in der Abt. Biogeochemie in Dübendorf)
- *Stehr, Nico*, Professor, Peter Wall Institute for Advanced Studies and Green College, University of British Columbia, Canada (April–Juli 1999, in der Abt. Humanökologie)
- *Wang, Ying, Dr.*, Southwest China Normal University, Chongqing, China (Januar–Mai 1999, in der Abt. Biogeochemie in Kastanienbaum)

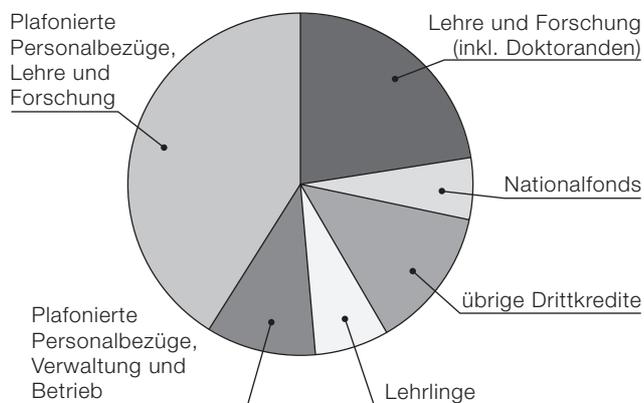
Personalbestand

Verena Cajochen

Durchschnitt 1999 und Anzahl Köpfe im Juni 1999

	Durchschnitts- bestand Pj	Bestand in Köpfen (Stand Juni 1998) P	davon Frauen P
Professoren ETH und TU Darmstadt (davon 3 TitularprofessorInnen)		11	1
ETH-Assistenten	10.0	11	4
ETH-Angestellte	5.0	7	4
Doktoranden Kredit ETHZ (inkl. Unterrichtsassistenz)	5.9	9	2
Plafoniertes Personal	136.3	158	57
Zusatzpersonal Lehre und Forschung	60.4	110	51
Nicht-Etat-Stellen auf Krediten			
Nationalfonds	14.9	29	9
übrige Drittkredite	35.3	61	22
Lehrlinge	18.6	17	7
Gastwissenschaftler	6.0	6	2
Total Personal	292.4	419	159
<i>Anteil der Frauen</i>			38.0%
Doktoranden		65	28
<i>Anteil der Frauen</i>			43.1%

Verteilung der Stellen 1999 (EAWAG-Kredite)



Finanzen

Ueli Joss

Im Rahmen der Regierungs- und Verwaltungsreform (RVR-NOVE) wurde der Bericht «Führen mit Leistungsauftrag und rechnungsmässige Verselbständigung» im Dezember 1997 vom Bundesrat gutgeheissen. (<http://www.admin.ch/ch/d/rvr/index.htm>)

Die damit verbundene Autonomie brachte der EAWAG im Laufe des Berichtsjahres sämtliche Aufgaben des vormaligen Amtes für Bundesbauten wie auch der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ) inklusive der gesamten Informatik-Beschaffung. Ab 1.1.2000 werden auch die Verantwortung und die Finanzmittel für die restlichen, bis heute von anderen Bundesstellen für die EAWAG wahrgenommenen Aufgaben an uns übergeben und in das Staatsrechnungsbudget der EAWAG übernommen (Post, Telefon, Arbeitgeberbeiträge an die Sozialwerke, gesamtes Salärwesen etc.).

Die nachfolgenden Angaben für das Jahr 1999 sind abgestimmt auf das mit dem Globalbudget verbundene neue Reporting. Vergleiche mit dem Finanzjahr 1998 sind, wo relevant, aufgeführt.

Staatsrechnungsmittel

Die Staatsrechnung der EAWAG zeigt ein Ausgabentotal von 28.933 Mio. Franken. Der Voranschlag 1999 betrug 23.051 Mio. Franken. Während des Jahres wurden aufgrund des Projektes NOVE die Mittel des Amtes für Bundesbauten und der EDMZ mit einem Gesamttotal von 3.962 Mio. Franken an das Budget der EAWAG abgetreten. Die Abtretungen des Eidg. Personalamtes EPA für die Positive Leistungskomponente und die Lohnmassnahmen (0.3% Teuerungsausgleich und Teilaufhebung des Kaderlohnopfers) betragen 0.162 Mio. Franken. Die Abtretungen aus den Reserven des ETH-Rats belaufen sich auf total 1.760 Mio. Franken. Das rechnungsmässig an der EAWAG angesiedelte Grossprojekt «Strategie Nachhaltigkeit» wurde mit 1.1 Mio. Franken dotiert, 0.359 Mio. Franken wurden für vorgezogene EDV-Beschaffungen im Zusammenhang mit der Einführung von SAP/HR im Jahre 2000 bewilligt und 0.302 Mio. Franken für diverse Projekte inklusive einer Abtretung für Kosten der EAWAG-Reorganisation.

In die Staatsrechnung vereinnahmt wurden Verkaufserlöse und Rückvergütungen von 0.142 Mio. Franken.

Drittmittel

Die aus Drittmitteln finanzierten Projekte und Forschungsvereinbarungen belaufen sich auf 6.009 Mio. Franken mit folgenden Geldgebern:

Institutionen	1000 Franken
Nationalfonds	1641
Ressortforschungs-Beteiligungen und Aufträge	1350
BBW-EU	673
BBW-COST	106
DEZA	774
Kantone und Gemeinden	298
Privatwirtschaft / Diverse	1167
Total	6009

Statistisch erfasste Mittel

Um Vergleiche zu ermöglichen, wurden die statistisch erfassten Mittel schon in früheren Jahren erfasst und sind nun erstmals in der Kostenrechnung 1999 enthalten. Es handelt sich um 5.097 Mio. Franken:

Mittelart	1000 Franken
Sozialversicherungsbeiträge (AHV/IV)	1364
Personalversicherungsbeiträge (PKB)	2788
Unfall- und Krankenversicherungsbeiträge	209
SBB-Abonnemente und Tagesstreckenkarten	133
Telefon- und Posttaxen	475
Motorfahrzeugkosten	127
Total	5097

Bauten und Räume

Standort Dübendorf

Das Projekt «Neubau Versuchshalle» wurde weiter vorangetrieben; die Ausschreibung ist erfolgt und die Fertigstellung ist auf Frühjahr 2001 geplant. Die EAWAG hat im Frühjahr von der EMPA noch das unterste Stockwerk der Mietliegenschaft Chriesbach übernommen.

Standort Kastanienbaum LU

Im Forschungszentrum für Limnologie in Kastanienbaum wurde das 1996 renovierte Seeheim durch das Hochwasser im Mai 1999 in Mitleidenschaft gezogen und musste saniert werden. Alle Gebäude wurden in Bezug auf Arbeitssicherheit überprüft und die erforderlichen baulichen Massnahmen umgehend realisiert. Auf dem Bootshaus wurde eine Demonstrations-Fotovoltaikanlage mit 3 kWp errichtet.

Gemeinsam betriebene Bauten (EMPA/EAWAG/ETHZ)

Im Berichtsjahr ist das Mehrzweck-Auditorium «Akademie» mit umweltfreundlichen Baumaterialien und auf sparsamen Betrieb ausgerichtet erstellt worden. Die Inbetriebnahme erfolgte im Januar 2000.

Im Rahmen der Reorganisation der EAWAG fand die Neuzuteilung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von den bisherigen Abteilungen in die neuen Prozesse statt. Sie erfolgte aufgrund der neu definierten Forschungsinhalte, der Fähigkeiten und Wünsche der MitarbeiterInnen in einem intensiven Prozess im Frühjahr und Sommer 1999. Die verwaltungstechnischen und administrativen Werkzeuge, die Personaldatenbanken und die Buchhaltung wurden auf den 1.1.2000 an die neue Organisationsstruktur der EAWAG angepasst.

Apparative Einrichtungen (inkl. Informatik)

Forschungsgeräte und -apparaturen im Totalwert von 1.239 Mio. Franken und Informatik-Hardware inklusive Netzkomponenten im Wert von 0.998 Mio. Franken wurden beschafft. Davon wurden total 1.2 Mio. Franken in der Investitionsrechnung verbucht. Die restlichen Beschaffungen lagen unter der Inventarschwelle und erscheinen in der Kostenrechnung.

Personal

Finanzierungsquellen	Personenjahre	Davon Frauen	Bestand in Köpfen
Plafoniertes Personal	136.34	38.09	158
Zusatzpersonal in Lehre und Forschung	60.36	29.61	110
Lehrlinge/Lehrtöchter	18.58	8	17
Personal zu Lasten von Drittkrediten	50.18	17.86	90
<i>Nationalfonds</i>	14.90	3.89	29
<i>Industrie, Kantone, Gemeinden, Diverse</i>	10.21	4.75	18
<i>Ressortforschung (COST, DEZA, BBW-EU)</i>	25.07	9.22	43
Total	265.46	93.50	375

Kosten- und Produktrechnung

Kostenarten-Rechnung, Investitions-Rechnung, Mittelfluss

Der Aufwand von 37.4 Mio. Franken der Tabelle «Rechnung 1999» beinhaltet neben den Staatsrechnungs- und Drittmitteln auch diejenigen Mittel, welche im Rahmen des Projektes NOVE und der Verselbständigung des ETH-Bereichs im Kreis 3 erst mit dem Voranschlag 2000 in das Budget der EAWAG überführt werden. Gemäss dem Absatz «Statistisch erfasste Mittel» belaufen sich diese Mittel auf 5.097 Mio. Franken.

Rechnung 1999 in Millionen Franken	Rechnung 1998	Rechnung 1999	Voranschlag 1999	Δ in Fr.	Δ in %
Ertrag	5.3	6.1	5.7	0.4	7.1
Verkaufserlös	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0
Gebühren	0.0		0.0	0.0	0.0
Andere Erträge	0.0		0.0	0.0	0.0
Finanzerträge	0.0		0.0	0.0	0.0
Entgelte	5.2	6.0	5.7	0.3	4.5
Aufwand	36.2	37.4	36.7	-0.7	-2.0
<i>Materialaufwand</i>	2.3	2.6	2.6	0.0	1.5
Materialaufwand	2.3	2.6	2.6	0.0	1.5
Warenaufwand	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mobilien, Maschinen, Fahrzeuge	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Personalaufwand</i>	28.2	28.8	29.7	0.9	3.0
Löhne und Gehälter	22.3	22.8	23.5	0.7	3.0
Sozialversicherung	1.4	1.5	1.5	0.0	-0.5
Personalversicherung	2.8	2.9	2.9	0.0	-1.5
Unfall- und Krankenversicherung	0.2	0.2	0.2	0.0	-4.0
Übriger Personalaufwand	1.5	1.4	1.7	0.2	14.9
<i>Übriger Sachaufwand</i>	5.7	6.0	4.4	-1.7	-37.7
Raumaufwand	0.9	1.0	0.9	-0.1	-14.5
Unterhalt, Reparaturen, Leasing	2.0	0.8	0.6	-0.2	-29.4
Wasser, Energie, Betriebsmaterial	0.5	0.5	0.5	0.0	-2.8
Verwaltungsaufwand	0.2	0.3	0.2	-0.1	-45.8
Informatik- und Telekommunikation	0.8	0.9	0.8	-0.1	-14.0
Übrige Dienstleistungen, Honorare	1.1	2.2	1.1	-1.1	-92.8
Übriger Sachaufwand	0.3	0.4	0.3	-0.1	-23.3
Abschreibungen	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ergebnis	-30.9	-31.3	-30.9	0.3	-1.0
Ausserordentlicher Ertrag / Aufwand	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Beiträge / Transferausgaben			0.0	0.0	0.0
Rückstellungsveränderungen			0.0	0.0	0.0
Reingewinn / Reinverlust	-30.9	-31.3	-30.9	0.3	-1.0

Investitions-Rechnung 1999 in Millionen Franken	Rechnung 1998	Rechnung 1999	Voranschlag 1999	Δ in Fr.	Δ in %
Total Investitionen	2.2	2.7	2.3	-0.4	-18.2
Vorhaben über 10 Millionen Franken	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Immobilien			0.0	0.0	0.0
Mobilien			0.0	0.0	0.0
Informatik			0.0	0.0	0.0
Vorhaben bis 10 Millionen Franken	2.2	2.7	2.3	-0.4	-18.2
Immobilien	0.3	1.6	1.4	-0.2	-17.0
Mobilien	1.4	0.7	0.5	-0.2	-36.2
Informatik	0.5	0.5	0.5	0.0	-3.5

Mittelfluss und Mittelbestand 1999	Rechnung 1998	Rechnung 1999	Voranschlag 1999	Δ in Fr.	Δ in %
Mittelfluss aus laufenden Aktivitäten					
Cashflow					
Reinverlust (-)	-30.9	-31.3	-30.9	0.3	-1.0
Abschreibungen			0.0	0.0	0.0
Cashdrain	-30.9	-31.3	-30.9	0.3	-1.0
Mittelfluss aus Investitionsaktivitäten					
Investitionen	2.2	2.7	2.3	-0.4	-18.2
Desinvestitionen			0.0	0.0	0.0
Netto-Investitionen	2.2	2.7	2.3	-0.4	-18.2
Mittelfluss aus Finanzierungsaktivitäten			0.0	0.0	0.0
Finanzierungsbeitrag des Bundes (Staatsrechnung der EAWAG und statistisch erfasste Mittel)	-33.1	-34.0	-33.3	0.7	-2.2

Gliederung des Gesamtaufwandes

(Produkte-Rechnung)

Die Statistik der Ausgaben nach Aufgabengebieten und der ausgabenmässigen Zuordnung (jährliche Erhebung der Eidg. Finanzverwaltung EFV im Rahmen des Budgets, letztmals am 1.7.1999) ergibt mit dem für die EAWAG erarbeiteten Verteilschlüssel folgende Zahlen:

Funktionale Gliederung	%	Mio. Fr.
20 Bildung und Grundlagenforschung	29	10.85
20700 Bundeshochschulen	29	10.85
70 Umwelt und Raumordnung	71	26.55
70000 Wasserversorgung	11	4.11
70100 Abwasserbeseitigung	11	4.11
70110 Abfallbeseitigung	10	3.74
70180 Umweltforschung	39	14.59
Total	100	37.40

Die zweijährliche Erhebung des Bundesamtes für Statistik «Forschung und Entwicklung an den Forschungsanstalten des ETH-Bereichs» (letztmals Juni 1999 für 1998) ergibt bei der Aufteilung der F+E-Aufwendungen nach Zielbereichen, umgelegt auf das Rechnungsergebnis 1999, folgende Zahlen:

Zielbereiche	%	Mio. Fr.
820 Umweltschutz	75	28.05
860 Gesellschaftliche Strukturen und Beziehungen	5	1.87
880 Erforschung und Nutzung der irdischen Umwelt	20	7.48
Total	100	37.40

Im Schweizerischen Hochschulinformationssystem (SHIS) sind 12 schweizerische Hochschulen, die Hochschulkantone und der Bund vertreten. Sein Ziel ist die Erarbeitung von gesamtschweizerischen statistischen Grundlagen für Planung und Politik im Hochschulbereich. Eine EAWAG-interne Erhebung der Verwendung der Arbeitszeit ergibt nachfolgende Resultate. Die prozentualen Arbeitszeit-Anteile wurden in folgender Tabelle kostenmässig auf die Rechnungsperiode 1999 umgelegt.

SHIS-Fächerkatalog	%	1000 Fr.
1 Geistes- und Sozialwissenschaften	7.76	2902
2200 Soziologie	0.86	322
4905 Humangeographie	0.86	322
2300 Politikwissenschaft	1.29	484
2400 Kommunikations- und Medienwissenschaft	0.43	161
2450 Interdisziplinäre und andere	4.31	1612
2 Wirtschaftswissenschaften	2.16	806
2505 Volkswirtschaftslehre	1.72	645
2540 Interdisziplinäre und andere	0.43	161
4.1 Exakte Wissenschaften	54.83	20506
4200 Mathematik	4.74	1773
4300 Informatik	0.86	322
4500 Physik	4.31	1612
4590 Interdisziplinäre und andere	4.74	1773
4600 Chemie	19.14	7158
4700 Biologie	17.59	6577
4800 Erdwissenschaften	1.72	645
4990 Interdisziplinäre und andere	1.72	645
6 Technische Wissenschaften	12.50	4675
7200 Bauingenieurwesen	9.48	3547
7800 Kulturtechnik und Vermessung	0.86	322
7650 Betriebs- und Produktionswissenschaften	2.16	806
7 Interdisziplinäre und andere	22.76	8512
1000 Ökologie	21.03	7867
9000 Interdisziplinäre oder inter-fakultäre	0.86	322
9002 Interfakultäre Weiterbildung	0.86	322
Total	100.00	37400



(Foto: Theresa Büsser, EAWAG)

ANHANG

zusammengestellt von Rudolf Koblet

Kurse und Fachtagungen der EAWAG

7.–12. März

**Environmental Endocrine Disrupting Chemicals
(Monte-Verita-Konferenz)**

Leitung: Walter Giger, Karl Fent

16.–19. März

**Taxonomie und Ökologie aquatischer Organismen.
Teil 2: Hydracarina
(PEAK-Anwendungskurs A9/99)**

Leitung: Reinhard Gerecke (Tübingen), Klement Tockner

26. März

**Biozide, Pestizide und Pharmazeutika im Wasserschloss
von Europa**

Seminar «Moderne Analytische Chemie», Technische Universität Wien
Leitung: Stephan Müller, EAWAG

27. April

Qualitätssicherung bei der Wasserversorgung

VGL-SVGW-Informationstagung, ETH Zürich

Leitung: Ueli Bundi

28. April–9. Mai

**Tianjin-Switzerland «ping-pong course», water environmental
management and training program (the ping-part in Tianjin)**

Leitung: Herbert Güttinger, Yong Jienan (Tianjin, China)

6. Mai

**Fachseminar zum Projekt «Netzwerk Fischrückgang Schweiz»
(Ziele, Organisation, Teilprojekte)**

Leitung: Patricia Holm

23.–25. Juni

**Siedlungshygiene in Entwicklungsländern:
Abfallwirtschaft / Wasserversorgung
(PEAK-Vertiefungskurs V19/99)**

Leitung: Roland Schertenleib, Martin Wegelin, Christian Zurbrügg

22.–24. August

**1. European Seminar on Environmental Engineering Education,
EEE99 (Seminar on behalf of the IAWQ Specialist Group on
Environmental Engineering Education)**

Leitung: Willi Gujer, Mogens Henze

24.–26. August

**«Natürliche» Tracer in der Umwelt:
Grundlagen und Nutzungsmöglichkeiten
(PEAK-Basiskurs B8/99)**

Leitung: Werner Aeschbach, Jürg Beer, Rolf Kipfer

30. August–1. (6.–8.) September

**Stoffflüsse in Fließgewässern
(PEAK-Vertiefungskurs V9/99)**

(Wiederholung des Kurses V9/96 vom 3.–10. Juli 1996)

Leitung: René Gächter, Jürg Zobrist

9.–17. September

International Workshop on the Dynamics of Primary Production in spatially and temporally heterogeneous aquatic environments

(7. GAP Workshop der SIL)

Leitung: Peter Bossard, Barbara Sulzberger, Urs Uehlinger; Reinhard Bachofen, Friedrich Jüttner, Ferdinand Schanz (Universität Zürich); Ulrich Zimmermann (Wasserversorgung Zürich)

14. September

Grundwasser – Nutzungsobjekt und Lebensraum (Infotag 1999)

Leitung: Theresa Büsser; Stephan Hug

15.–17. September

Taxonomie und Ökologie aquatischer Organismen. Teil 3: Chironomidae (PEAK-Anwendungskurs A10/99)

Leitung: Berthold Janecek (Universität Wien), Klement Tockner

27.–28. September

System identification and modelling with AQUASIM (PEAK-Basiskurs B7/99)

(Wiederholung des Kurses B7/98 vom 28.–29. Sept. 1998)
Leitung: Gerrit-Hein Goudsmit, Oskar Wanner

28.–29. September

Sorption of organic compounds in soil organic matter
Leitung: Kai-Uwe Goss

13. Oktober

Ilmac 99 (Basel); Focal Point: Environmental Analytical Chemistry, Trace Determinations of Emerging Water Pollutants: Endocrine Disruptors, Pharmaceuticals and Specialty Chemicals

Leitung: Marc Suter, Walter Giger

20.–22. Oktober

Fische in Schweizer Gewässern (PEAK-Basiskurs B9/99)

Leitung: Rudolf Müller, Armin Peter

28.–29. Oktober

1999 Rigi Meeting of the Swiss Group for Mass Spectrometry

Leitung: Marc J.-F. Suter; Raffaele Tabacchi (Inst. de Chimie, Neuchâtel); Hansjörg Walther (Solvias AG, Basel); Urs Ranalder (F. Hoffmann-La Roche AG, Basel)

13. November

Revitalisieren: Die Zukunft unserer Fliessgewässer (Symposium der SGHL & EAWAG)

Leitung: Klement Tockner, Armin Peter

2.–3. Dezember

Autonome Provinz Bozen-Südtirol/Provincia Autonoma di Bolzano-Alto Adige, Abt. 30 Wasserschutzbauten, Sonderbetrieb für Bodenschutz, Wildbach- und Lawinenverbauung: Seminar für Biotopmanagementplan Prader Sand, Glurns/Glorenza, Italien

Leitung: Dr. Eduard Hoehn

Lehrveranstaltungen

* gemeinsam mit Dozenten, die nicht zur EAWAG gehören

ETH Lausanne

- Cycle postgrade en sciences de l'environnement. Travaux pratiques en limnologie **Prof. Bernhard Wehrli, Dr. Beat Müller, Dr. Armin Peter, Dr. Michael Sturm, Dr. Alfred Wüest**
- Génie sanitaire: Water treatment in Developing Countries **Dipl. Ing. Martin Wegelin***
- Sciences de l'environnement **Prof. Alexander J.B. Zehnder**

ETH Zürich

- Abwasserreinigung II **Prof. Willi Gujer**
- Allgemeine Chemie I **Dr. Werner Angst, Dr. Dieter Diem***
- Allgemeine Mikrobiologie **Dr. Werner Angst, Dr. Jan-Roelof van der Meer, Prof. Alexander J.B. Zehnder**
- Analytische Chemie für Umweltnaturwissenschaftler **Prof. Walter Giger, Dr. Christa McArdell-Bürgisser**
- Angewandte Limnologie **Dr. Hans Rudolf Bürgi, Dr. Christopher T. Robinson, Dr. Klement Tockner**
- Angewandte Mikrobiologie **PD Dr. Thomas Egli**
- Aquatische Physik I: Einführung in die Physik aquatischer Systeme **Dr. Gerrit-Hein Goudsmit, Dr. Rolf Kipfer, Dr. Frank Peeters**
- Aquatische Physik II **Dr. Gerrit-Hein Goudsmit, Dr. Rolf Kipfer, Dr. Frank Peeters**
- Biogeochemische Kreisläufe **Prof. Bernhard Wehrli**
- Bioindikation und Ökotoxikologie **PD Dr. Karl Fent***
- Biologie V: Ökologie II **Dr. Hans Rudolf Bürgi***
- Biologie V: Ökologische Übungen und Exkursionen **Dr. Hans Rudolf Bürgi***
- Biotechnologie I: Allgemeine Biotechnologie **PD Dr. Thomas Egli***
- Chemie I **Dr. Werner Angst, Dr. Dieter Diem***
- Chemie II **Dr. Werner Angst, Dr. Dieter Diem***
- Chemie II **Prof. René P. Schwarzenbach, PD Dr. Barbara Sulzberger**
- Chemische Hydrogeologie **Dr. Eduard Hoehn**
- Einführung in die Umweltgeologie **Dr. Eduard Hoehn***
- Fische: Biologie, Ökologie, Ökonomie **Dr. Rudolf Müller, Dr. Armin Peter**
- Gewässerschutz und Umweltökologie **Prof. Alexander J.B. Zehnder**
- Grundwasserökologie **Prof. James V. Ward**
- Integriertes Grundpraktikum II, Teil Aquatische Ökologie **Dr. Hans Rudolf Bürgi, Dr. Christopher T. Robinson**
- Integriertes Grundpraktikum III: Physik **Dr. Rolf Kipfer***
- Kulturtechnischer Diplom-Feldkurs **Prof. Willi Gujer***
- Limnogeologie **Dr. Michael Sturm***
- Limnologie II **Dr. Hans Rudolf Bürgi**
- Limnologie: Fliessgewässer und Seen (Praktikum) **Dr. Hans Rudolf Bürgi, Christopher T. Robinson;** (Vorlesung) **Dr. Hans Rudolf Bürgi, Prof. James V. Ward**
- Mathematische Modellierung aquatischer Systeme **Dr. Gerrit-Hein Goudsmit**
- Mensch – Technik – Umwelt (Gruppenarbeit) **Dr. Jürg Beer, Dr. Joan Davis***
- Methoden der Ökotoxikologie **PD Dr. Karl Fent**
- Mikrobielle Ökologie **PD Dr. Thomas Egli***

- Mikrobiologie **Dr. Jan-Roelof Van der Meer, Prof. Alexander J.B. Zehnder**
- Nachhaltige Baustoff-Bewirtschaftung **Dr. Thomas Lichtensteiger***
- Natürliche Isotope in der Umwelt **Dr. Jürg Beer**
- Naturwissenschaften für Bauingenieure (Gewässerschutz und Umweltökologie) **Prof. Alexander J.B. Zehnder**
- Ökologie I: Grundlagen der Ökologie **Dr. Andreas Frutiger, Prof. James V. Ward***
- Ökologie natürlicher Gewässer **Dr. Hans Rudolf Bürgi***
- Ökologie von Feuchtgebieten (Vorlesung + Exkursion) **Dr. Klement Tockner, PD Dr. Mark O. Gessner**
- Ökologische Genetik aquatischer Organismen **Dr. Piet Spaak**
- Ökologisch-ökonomische Problemfelder in Entwicklungsländern I+II **Dipl. Ing. Roland Schertenleib***
- Organische Chemie für Umweltnaturwissenschaftler **Dr. Werner Angst**
- Organische Umweltchemie II **Dr. Werner Angst, PD Dr. Stefan Haderlein, Prof. René P. Schwarzenbach, PD Dr. Barbara Sulzberger**
- Organische Umweltchemie III **Prof. René P. Schwarzenbach, Dr. Markus Ulrich**
- Praktikum Analytische Chemie **Dr. Stephan Müller***
- Praktikum in aquatischer Physik und Hydrologie **Dr. Rolf Kipfer**
- Praktikum in Chemie **Dr. Dieter Diem, Prof. Bernhard Wehrli**
- Praktikum Limnologie II **Dr. Hans Rudolf Bürgi**
- Praktikum Systematische und ökologische Biologie I **Dr. Rudolf Müller, Dr. Armin Peter, Dr. Christopher T. Robinson***
- Praktikum Systematische und ökologische Biologie II **Dr. Hans Rudolf Bürgi***
- Regionaler Stoffhaushalt und Abfallwirtschaft **Dr. Hans-Peter Bader**
- Risiko und Sicherheit **Dipl. Ing. Hans Wasmer***
- Schadstoffdynamik in Wasser, Boden und Luft **Prof. Walter Giger, Dr. Hans-Peter E. Kohler***
- Seminar in Siedlungswasserwirtschaft **Prof. Willi Gujer**
- Siedlungsentwässerung **Prof. Willi Gujer**
- Siedlungswasserbau, Siedlungswasserwirtschaft, Grundzüge **Prof. Willi Gujer**
- Stoffwechsel der Anthroposphäre **Dr. Claudia Binder**
- Systematik aquatischer Invertebraten **Dr. Klement Tockner, Prof. James V. Ward**
- Technik und Umwelt **Dr. Jürg Beer***
- Technische Mikrobiologie **Dr. Mario Snozzi**
- Trinkwasser und Abwasser **Dr. Mario Snozzi, Dr. Urs von Gunten**
- Übungen in Chemie II **Dr. Dieter Diem**
- Umwelt II: Stoffwechsel der Anthroposphäre **Dr. Claudia Binder**
- Umweltchemie I **Dr. Beate Escher, Prof. René P. Schwarzenbach, Prof. Bernhard Wehrli***
- Umweltchemie I: Chemische Ökologie **PD Dr. Stefan Haderlein, Prof. Bernhard Wehrli**
- Umweltchemie II: Allgemeine Toxikologie und Ökotoxikologie **PD Dr. Karl Fent***
- Umweltchemikalien: Analytik und Verhalten von chemischen Substanzen in der Umwelt und aquatische Chemie **Prof. Walter Giger, Prof. Laura Sigg**
- Umweltchemisches Praktikum **Prof. René P. Schwarzenbach, Prof. Laura Sigg, Prof. Bernhard Wehrli**
- Umweltmikrobiologie I **Dr. Rik Eggen, PD Dr. Wolfgang Köster, Dr. Paolo Landini, Prof. Alexander J.B. Zehnder, Dr. Kornelia Zepp Falz**
- Umweltmikrobiologisches Praktikum **PD Dr. Thomas Egli, Dr. Mario Snozzi***

- Umweltorientierte Bewertung chemischer Prozesse **Dr. Beate Escher***
- Umweltseminar für Doktorierende: Unsicherheit und Modelle **PD Dr. Claudia Pahl-Wostl***
- Umweltsystemanalyse **PD Dr. Peter Reichert**
- Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung I **Dr. Tove Larsen, Dr. Hansruedi Siegrist**
- Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung II **Prof. Willi Gujer**
- Verfahrenstechnik in Entsorgungssystemen **PD Dr. Hasan Belevi**
- Vertiefungsblock B 7: Bodenschutz, Kulturtechnischer Wasserbau **Dipl. Ing. Martin Strauss, Dipl. Ing. Martin Wegelin, Dipl. Geol. Christian Zurbrügg***
- Vertiefungsblock C 6/8: Siedlungswasserwirtschaft **Prof. Willi Gujer**
- Vertiefungsblock E 7: Gewässerschutz, Siedlungswasserwirtschaft **Prof. Willi Gujer, Dr. Hansruedi Siegrist**
- Vertiefungsblock F 8: Regionaler Stoffhaushalt und Abfallwirtschaft **Dr. Hans Peter Bader, Dr. Susanne Kytzia, Dr. Thomas Lichtensteiger**
- Wassertechnologie **Prof. Markus Boller, Dr. Urs von Gunten**
- Wasserversorgung **Prof. Markus Boller**
- Wirkung von Chemikalien auf Umwelt und Mensch und ihre Ver- netzung **PD Dr. Karl Fent***

Andere Hochschulen

ETH Zürich/ETH Lausanne/Hochschule für Wirtschafts-, Rechts- und Sozialwissenschaften St. Gallen (HSG)
Nachdiplomkurs Risiko und Sicherheit (gemeinsame Veranstaltung)
Dipl. Ing. Hans Wasmer, Dr. Rik Eggen, Dr. Oskar Wanner, Dr. Alfred Wüest*

European Community, Environment and Climate Research Program, advanced study courses, Vienna, Austria
Groundwater Ecology, a Tool for the Management of Water Resources **Dr. Eduard Hoehn**

Fachhochschule beider Basel, Muttentz
Nachdiplomstudium Umwelt: Wasser und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern **Dipl. Ing. Roland Schertenleib***

Fachhochschulen des Kantons Bern, Hochschule für Technik und Architektur Biel
NDS Umwelt: Kurs Grundwasser **Dr. Eduard Hoehn**

Hochschule Zürich – Studienbereich Technik, Abt. Bauingenieurwesen
Siedlungswasserwirtschaft **Dr. Vladimir Krejci**

Ingenieurschule ITR Rapperswil
Ökologie und Umweltschutz / Gesellschaft – Umwelt – Kultur
Dr. Hans Rudolf Bürgi

Technische Universität Darmstadt TUD
Praktikum: Gesellschaft und Wasser am Beispiel Südhessens; Proseminar: Ursprünge der Gewalt; Seminar: Management und soziale Rationalität; Seminar: Studentenbewegung und kritische Theorie; Seminar: Sozialwissenschaftliche Simulationsexperimente
Prof. Carlo C. Jaeger

Tschechische Technische Universität Prag
Wasserwirtschaftliche Systeme urbaner Gebiete **Dr. Vladimir Krejci**

Universität Basel

Faunakurs, Teil «Fische» **Dr. Rudolf Müller**
Environmental Biotechnology **PD Dr. Stefan Haderlein, PD Dr. Thomas Egli***

Universität Basel/Ecole Supérieure de Biotechnologie de Strasbourg

Mikrobielle Züchtungstechnik und Wachstumsphysiologie, Blockpraktikum **PD Dr. Thomas Egli, Dr. Mario Snozzi**

Universität Bern

Einführung in die Photochemie und die Umweltphotochemie

PD Dr. Barbara Sulzberger*

Einführung in die Paläolimnologie **Dr. André Lotter**
Einführendes interdisziplinäres Seminar in Allgemeiner Ökologie

PD Dr. Patricia Holm

Universität Karlsruhe, Institut für Hydromechanik

Environmental fluid mechanics – theory, experiments, applications

Dr. Alfred Wüest

Universität Zürich

Umwelttoxikologie/Humantoxikologie; Spezielle Kapitel der Umwelt- und Humantoxikologie; NDS Umweltwissenschaften: Belastung der Umwelt **PD Dr. Karl Fent***

Université de Neuchâtel

Water and Sanitation Emergency Engineering: Environmental Sanitation **Dipl. Ing. Roland Schertenleib***

Wissenschaftliche

Publikationen (Stand: Nr. 2683)

Beiträge in den EAWAG news

Abkürzung

EN 47 d EAWAG news Nr. 47 d

Aeschbach-Hertig W., Hofer M., Kipfer R.:

Tracers in the study of water cycles. EN 46 e, 15–17 (1999) / Analyse des cycles de l'eau grâce aux traceurs. EN 46 f, 15–17 (1999).

Bader H.-P., Scheidegger R.:

Models and simulation software in environmental management. EN 46 e, 3–5 (1999) / Modèles et programmes de simulation pour la gestion environnementale. EN 46 f, 3–5 (1999).

Basler E., Hornung D.:

Die Zukunft liegt in der Raumschiffökonomie. Interview mit Dr. Ernst Basler, scheidender Präsident der Beratenden Kommission der EAWAG. EN 47 d, 11 (1999) / The future lies in a «spacecraft economy». An interview with Dr. Ernst Basler, retiring President of the EAWAG Advisory Committee. EN 47 e, 11 (1999) / Vers une économie en vase clos. Interview avec Ernst Basler, président démissionnaire de la Commission consultative de l'EAWAG. EN 47 f, 11 (1999).

Bernasconi D.:

Wissen Sie, was «Haltung» ist? EN 47 d, 9 (1999) / Do you know what «reach» is? EN 47 e, 9 (1999) / Modèle de données pour l'évacuation des eaux usées – ou comment clarifier les esprits. EN 47 f, 9 (1999).

Bratrich C., Truffer B., Wehrli B.:

Green hydropower. EN 46 e, 27–28 (1999) / Ecohydroélectricité. EN 46 f, 27–28 (1999).

Bundi U.:

EAWAG news – Brücke zum Umfeld. EN 47 d, 2 (1999) / EAWAG news – the bridge to the outside world. EN 47 e, 2 (1999) / Les EAWAG news: une passerelle importante. EN 47 f, 2 (1999).

Bundi U.:

BürgerInnen diskutieren über die Tätigkeit der EAWAG. EN 48 d, 14 (1999).

Faist M., Kytzia S.:

Food production and resource utilization. EN 46 e, 24–26 (1999) / Grands distributeurs: comment contribuer à l'utilisation efficace des ressources? EN 46 f, 24–26 (1999).

Giger W., Molnar E., Ibric S., Ruprecht C., Ahel M., Schaffner C., Stoll J.-M.:

Chemicals from detergents and cleansing agents in Swiss rivers. EN 46 e, 12–14 (1999) / Lessives et détergents: impact chimique sur les cours d'eau suisses. EN 46 f, 12–14 (1999).

Gujer W.:

Dynamik prägt die biologische Abwasserreinigung. EN 47 d, 8 (1999) / Biological sewage treatment – marked by new dynamics. EN 47 e, 8 (1999) / Dynamique de l'épuration biologique des eaux usées. EN 47 f, 8 (1999).

Güttinger, H.:

Netzwerk Fischrückgang Schweiz. EN 47 d, 12 (1999) / Network declining fish yields, Switzerland. EN 47 e, 12 (1999) / Réseau suisse de poisson en diminution. EN 47 f, 12 (1999).

Güttinger H.:

Der Tianjin-Schweiz «Ping-Pong-Kurs». Ein Pilotprojekt für partnerschaftliche Weiterbildung. EN 48 d, 19 (1999).

Hahn H.H., Schertenleib R., Gujer W., Hornung D.:

In der Siedlungswasserwirtschaft brauchen wir neue Initiativen. Interview mit Prof. Hermann H. Hahn, Universität Karlsruhe. EN 48 d, 17–18 (1999).

Heberle S., Singer H., Gerecke A., Leu C., Berg M., Müller St.:

Spuren von Pestiziden in Gewässern. EN 48 d, 20 (1999).

Larsen T.A.:

Nutrient cycles in urban water management. EN 46 e, 21–23 (1999) / Cycles nutritifs dans la gestion des eaux urbaines. EN 46 f, 21–23 (1999).

Larsen T.A.:

Massnahmen an der Quelle – auch im Haushalt. EN 48 d, 6–7 (1999).

Lichtensteiger T.:

Understanding material fluxes – controlling material fluxes. EN 46 e,

2 (1999) / Comprendre les flux de matières – canaliser les flux de matières. EN 46 f, 2 (1999).

Meier W.:

Wohl temperierte Bergbäche dank Ökostrom? EN 47 d, 6 (1999) / Green hydropower: assessing the impact of hydropower generation on the temperature of mountain streams. EN 47 e, 6 (1999) / Exploitation hydroélectrique des cours d'eau de montagne. EN 47 f, 6 (1999).

Omlin M.:

Modell des Zürichsees: Heute Werkzeug für die Forschung, morgen Hilfsmittel für Wasserqualitätsprognose. EN 47 d, 7 (1999) / A model of Lake Zurich: today's research tool, tomorrow's means of predicting water quality. EN 47 e, 7 (1999) / Modélisation du lac de Zurich. EN 47 f, 7 (1999).

Pahl-Wostl C., Reichert P.:

Wie können Modelle zu Umweltentscheiden beitragen? EN 47 d, 3–5 (1999) / How can models contribute to environmental decisions? EN 47 e, 3–5 (1999) / La modélisation environnementale: quelle utilité pour les décideurs? EN 47 f, 3–5 (1999).

Peeters F., Goudsmit G.-H.:

Physikalisches Transportmodell des Zürichsees. EN 47 d, 7 (1999) / Physical transport model of Lake Zurich. EN 47 e, 7 (1999) / Modèle physique pour le transport des substances dans le lac de Zurich. EN 47 f, 7 (1999).

Peters I.:

Umweltpolitik: Entlassungen oder Jobwunder? EN 47 d, 10 (1999) / Environmental policy: good or bad for economic growth? EN 47 e, 10 (1999) / Politique environnementale: stimulant ou paralysant économique? EN 47 f, 10 (1999).

Schertenleib R., Gujer W.:

Auf dem Weg zu neuen Strategien in der Siedlungswasserwirtschaft. EN 48 d, 3–5 (1999).

Sigg L., Behra R., Boller M., Eggen R., Meier W., Sulzberger B., Xue H.:

Relevance of copper inputs into natural waters. EN 46 e, 9–11 (1999) / Impact du cuivre dans les eaux. EN 46 f, 9–11 (1999).

Sigg L.:

Werner Stumm 1924–1999. EN 48 d, 21 (1999).

Steiner M., Boller M.:

Schwermetalle sind im Dachwasser unerwünscht. EN 48 d, 10 (1999).

Strauss M., Montangero A.:

Wo Städte keine Kanalisation haben. EN 48 d, 15–16 (1999).

Tillman D.:

Handlungsauswirkungen abschätzen – Früherkennung struktureller Probleme. EN 48 d, 8–9 (1999).

Wagner W.:

EurAqua. EN 48 d, 19 (1999).

Wasmer H.:

Zum Hinschied von Rudolf Braun. EN 47 d, 13 (1999) / In memory of

professor Rudolf Braun. EN 47 e, 13 (1999) / Décès de Rudolf Braun. EN 47 f, 13 (1999).

Wegelin M.:

Zurück zum Haushalt – auch in der Wasseraufbereitung. EN 48 d, 11–12 (1999).

Zehnder A.J.B.:

Water use and food production – an international collaboration? EN 46 e, 18–20 (1999) / Utilisation de l'eau et production alimentaire – vers un partage international du travail? EN 46 f, 18–20 (1999).

Zehnder A.J.B.:

Vorwort zur Themennummer Strategien in der Siedlungswasserwirtschaft. EN 48 d, 2 (1999).

Zeltner C., Lichtensteiger T.:

Product design in thermal waste treatment. EN 46 e, 6–8 (1999) / Conception des produits et traitement thermique des déchets. EN 46 f, 6–8 (1999).

Zurbrügg C.:

Abfallmanagement in Armenvierteln. EN 48 d, 13–14 (1999).

Fachartikel in Zeitschriften und Buchkapitel

Abbaspour K., Matta V., Huggenberger P., Johnson C.A.:

A contaminated site investigation: Comparison of information gained from geophysical measurements and hydrogeological modeling. *J. Contam. Hydrol.* 40 (4), 365–380, (1999). [2689]

Aeschbach-Hertig W., Hofer M., Kipfer R., Imboden D.M., Wieler R.:

Accumulation of mantle gases in a permanently stratified volcanic Lake (Lac Pavin, France). *Geochim. Cosmochim. Acta* 63, No. 19/20, 3357–3372 (1999). [2718]

Aeschbach-Hertig W., Peeters F., Beyerle U., Kipfer R.:

Interpretation of dissolved atmospheric noble gases in natural waters. *Water Resour. Res.* 35, 2779–2792 (1999). [2652]

Aga D.S., Heberle S., Rentsch D., Hany R., Müller St.R.:

Sulfonic and oxanilic acid metabolites of acetanilide herbicides: separation of diastereomers and enantiomers by capillary zone electrophoresis and identification by ¹H NMR spectroscopy. *Environ. Sci. Technol.* 33, 3462–3468 (1999). [2679]

Albrecht A.:

Cobalt. In: «Encyclopedia of geochemistry», C.P. Marshall, R.W. Fairbridge (Eds.), Kluwer Academic Press, Dordrecht 1999, p. 97. ISBN 0-412-75500-9.

Albrecht A.:

Radiocesium and ²¹⁰Pb in sediments, soils and surface waters of a high alpine catchment: a mass balance approach relevant to radionuclide migration and storage, *Aquatic Sci.* 61, 1–22 (1999). [2557]

Albrecht A.:

Transfert du radiocobalt rejeté par la centrale de Mühleberg dans les systèmes aquatiques de l'Aar et du lac de Biemme (Suisse). *Hydro-écologie Appliquée* 11, No. 1/2, 1–27 (1999).

Albrecht A., Goudsmit G., Zeh M.:

Importance of lacustrine physical factors for the distribution of anthropogenic ^{60}Co in Lake Biel. *Limnol. Oceanogr.* 44 (1), 196–206 (1999). [2577]

Balmer M. E., Sulzberger B.:

Atrazine degradation in irradiated iron/oxalate systems: effects of pH and oxalate. *Environ. Sci. Technol.* 33, 2418–2424 (1999). [2618]

Beer J., Mende W., Stellmacher R.:

The role of the sun in climate forcing. *Quat. Sci. Rev.* 19, 403–415 (1999).

Behra R., Genoni G.P., Joseph A.L.:

Effect of atrazine on growth, photosynthesis, and between-strain variability in *Scenedesmus subspicatus* (Chlorophyceae). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 37, 36–41 (1999). [2646]

Belevi H.:

Stoffbuchhaltung für Kehrlichtverbrennungsanlagen, Proc. VBSA Abfall-Fachtagung, Basel, 28./29. Oktober 1999, S. 1a/1–16.

Beyerle U., Aeschbach-Hertig W., Hofer M., Imboden D.M., Baur H., Kipfer R.:

Infiltration of river water to a shallow aquifer investigated with $^3\text{H}/^3\text{He}$, noble gases and CFCs. *J. Hydrol.* 220, 169–185 (1999). [2649]

Bichsel Y., von Gunten U.:

Determination of iodide and iodate by ion chromatography with post-column reaction and UV/Vis detection. *Anal. Chem.* 71, 34–38 (1999).

Bichsel Y., von Gunten U.:

Oxidation of iodide and hypiodous acid in the disinfection of natural waters. *Environ. Sci. Technol.* 33, No. 22, 4040–4045 (1999). [2701]

Biedermann R., Bundi U., Traber H.:

Wege zu einer nachhaltigen Landwirtschaft im Klettgau. *Mitt. naturforsch. Ges. Schaffhausen* 44, 21 – 30 (1999).

Bloesch J.:

Water protection: Old views – New philosophy. 6th Conference «Water Economy in Republic of Macedonia», 27–29 May, 1999. *Vodostopanstvo na Republika Makedonija – Petto Sovetuvanje, Struga, VI/6:* 21–25, 1999). [in Macedonian]

Bloesch J.:

The International Association for Danube Research (IAD) between tradition and new water management strategies. Proc. Internat. Conf. on EU Water Management Framework Directive and Danubian Countries. Bratislava, June 21–23, 1999: 191–206, 1999.

Bloesch, J.:

The International Association for Danube Research (IAD): its future role in Danube research. *Large Rivers* 11, No. 3; *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 115 (3), 239–259 (1999). [2690]

Bloesch J., Bryner A.:

Die Neukonzession des Flusskraftwerks Eglisau am Hochrhein: Nicht enden wollende Leidensgeschichte eines Präzedenzfalls. *Natur + Mensch* 41 (3), 10–15 (1999).

Boersma M., De Meester L., Spaak P.:

Environmental stress and local adaptation in *Daphnia magna*. *Limnol. Oceanogr.* 44, 393–402 (1999).

Bratrich C., Truffer B., Jorde K.:

Ökostrom – Neue Perspektiven der Wasserkraftnutzung. *Wasserwirtschaft – Z. für Wasser und Umwelt*, 89, H. 10, 488–495 (1999).

Brunke M., Gonser T.:

Hyporheic invertebrates – the clinal nature of interstitial communities structured by hydrological exchange and environmental gradients. *J. North Amer. Benthol. Soc.* 18 (3), 344–362 (1999).

Bucheli T.D., Müller S.R., Reichmuth P., Haderlein S.B., Schwarzenbach R.P.:

Spherical clay conglomerates: a novel stationary phase for solid-phase extraction and «reversed-phase» liquid chromatography. *Anal. Chem.* 71 (11), 2171–2178 (1999). [2620]

Buerge I.J., Hug S.J.:

Influence of mineral surfaces on chromium(VI) reduction by iron(II). *Environ. Sci. Technol.* 33 (23), 4285–4291 (1999). [2702]

Bundi U.:

Editorial: Problemlösungen aushandeln und die Gewässer trotzdem schützen. *Gas, Wasser, Abwasser* 79, H. 6, 429 (1999).

Bürgi H.R., Heller C., Gaebel S., Mookerji N., Ward J.V.:

Strength of coupling between phyto- and zooplankton in Lake Lucerne (Switzerland) during phosphorus abatement subsequent to a weak eutrophication. *J. Plankton Res.* 21 (3) 485–507 (1999). [2556]

Buschmann J., Angst W., Schwarzenbach R.P.:

Iron porphyrin and cysteine mediated reduction of ten polyhalogenated methanes in homogeneous aqueous solution: product analyses and mechanistic considerations. *Environ. Sci. Technol.* 33, 1015–1020 (1999). [2591]

Büssenschütt M., Pahl-Wostl C.:

Diversity patterns in climax communities. *Oikos*, 87, 531–540 (1999).

Carucci A., Kühni M., Majone M., Brun R., Koch G., Siegrist H.:

Microbial competition for the organic substrates and the impact of it on EBPR systems under conditions of changing carbon feed. *Water Sci. Tech.* 39 (1), 75–85 (1999).

Casas J.J., Gessner M.O.:

Leaf litter breakdown in a Mediterranean stream characterized by travertine precipitation. *Freshwater Biology* 41, 781–793 (1999). [2673]

Clayton M.E., Steinmann R., Fent K.:

Different expression patterns of heat shock proteins hsp 60 and hsp 70 in zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) exposed to copper and tributyltin. *Aquatic Toxicol.* 47, 213–226 (2000). [2694]

Courbat R., Ramseier St., Walther J.L., Gaille P., Jordan R., Kaiser H.P., Revely P., Stettler R., von Gunten U.:

Utilisation de l'ozone pour le traitement des eaux potables en Suisse. *Gas, Wasser, Abwasser* 79 (10), 843–852 (1999). [2709]

Dürrenberger G., Kastenholz H., Behringer J.:

Integrated assessment focus groups: bridging the gap between science and policy? *Science & Public Policy*, 26 (5), 341–349 (1999).

Dürrenberger G., Patzel N.:

Energy metabolism of Swiss households. Proc. HOMES Symposium, Groningen, June 3–4, 1999, pp. 27–36.

Dürrenberger G., Ratti R.:

Neue Herausforderungen für die politische Konsenssuche, *LeGes*, H. 1, 101–106 (1999).

Edwards P.J., Kollmann J., Ward J.V.:

The role of island dynamics in the maintenance of biodiversity in an Alpine river system. *Bull. Geobot. Inst. ETH* 65, 73–86 (1999).

Edwards P.J., Kollmann J., Gurnell A.M., Petts G.E., Tockner K., Ward J.V.:

A conceptual model of vegetation dynamics on gravel bars of a large Alpine river. *Wetlands Ecology and Management* 7, 141–153 (1999).

Egli T.:

The concept of multiple-nutrient-limited growth of microorganisms and some of its possible applications in biotechnology. *Chimia* 53, 525–528 (1999). [2705]

Elovitz M., von Gunten U.:

Hydroxyl radical/ozone ratios during ozonation processes. I. The R_{ct} Concept. *Ozone Sci. Eng.* 21, 239–260 (1999). [2664]

Escher B.I., Hunziker R., Schwarzenbach R.P., Westall J.C.:

Kinetic model to describe the intrinsic uncoupling activity of substituted phenols in energy transducing membranes. *Environ. Sci. Technol.* 33, 560–570 (1999). [2590]

Fankhauser R.:

Automatic determination of imperviousness in urban areas from digital orthophotos. *Water Sci. Tech.* 39 (9), 81–86 (1999). [2635]

Fassnacht B.L., Bloesch J.:

Ephemeropteren- und Plecopterenzönosen von Schnee- und Gletscherschmelzbächen im alpinen Einzugsgebiet der Furkareuss (Kt. Uri). *Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Tagungsbericht 1998 (Klagenfurt), Tutzing 1999: 104–108.*

Fent K.:

Endocrinically active substances in the environment, *UBA Texte 3/96*, A. Gies (Ed.), Umweltbundesamt Berlin 1996, pp. 69–80. [2588]

Fent K.:

Effects of organotin compounds in fish: from the molecular to the population level. In: «Fish Exotoxicology», T. Braunbeck, B. Streit, D.E. Hinton (Eds.), Birkhäuser Verlag Basel 1998, 404 pp. ISBN 3-7643-5819-X.

Fent K., Hunn J., Bättscher R.:

Polycyclic aromatic hydrocarbons as inducers of CYP1A in fish hepatoma cells (PLHC-1): relative potencies of single compounds and mixtures. *Marine Environ. Res.* 46, 391–392 (1998).

Fent K., Zehnder A.J.B.:

Wirkung hormonaktiver Stoffe auf Fische und andere Tiere. *Wasser Energie Luft*, 91, H. 9/10, 227–228 (1999). [2713]

Fligge M., Solanki S.K., Beer J.:

Determination of solar cycle length variations using the continuous wavelet transform. *Astronomy & Astrophysics* 346, 313–321 (1999).

Flower R.J., Battarbee R.W., Lee J., Levina O.V., Jewson D.H., Mackay A.W., Ryves D., Sturm M., Vologina E.G.:

A GEOPASS-NERC project on diatom deposition and sediment

accumulation in Lake Baikal, Siberia. *Freshwater Forum* 11, 16–29 (1998).

Friedrich S., Dürrenberger G., Baccini P., Oswald F.:

Stadt an der Wigger: Neue Kooperationen im regionalen Kontext. Ergebnisse eines Beteiligungsverfahrens im Schweizer Mittelland. *DISP Nr. 139*, 39–42 (1999).

Frutiger, A., Borner S., Büsser T., Eggen R., Müller R., Müller S., Wasmer H.:

How to control unwanted *Procambarus clarkii*-populations in Central Europe? In: «Freshwater crayfish XII», Keller H. et al. (Eds.). *Weltbild-Verlag, Augsburg 1999*, pp. 714–726. [2710]

Furrer G., Gfeller M., Wehrli B.:

On the chemistry of the Keggin Al_{13} polymer: kinetics of proton-promoted decomposition. *Geochim. Cosmochim. Acta* 63, No. 19/20, 3069–3076 (1999). [2717]

Gächter R., Müller B.:

Die bodenbürtige P-Belastung des Sempachersees. Problemanalyse und Lösungsvorschlag. *Gas, Wasser, Abwasser* 79 (6), 460–466 (1999). [2621]

Gessner M.O.:

Fungal biomass, production and sporulation associated with particulate organic matter in streams. *Limnetica* 13 (2), 33–44 (1997). [2659]

Gessner M.O.:

Leaf breakdown in streams of an alpine glacial floodplain: dynamics of fungi and nutrients. *J. North. Amer. Benthol. Soc.* 17 (4), 403–419 (1998). [2666]

Gessner M.O.:

Aquatische Hyphomyceten. In: «Methoden der Biologischen Wasseruntersuchung – Biologische Gewässeruntersuchung», W. von Tümpeling, G. Friedrich (Hrsg.), Gustav Fischer Verlag, Jena, S. 185–198, 1999. [2656]

Gessner M.O., Chauvet E., Dobson, M.:

A perspective on leaf litter breakdown in streams. *Oikos* 85, 377–384 (1999). [2683]

Gessner M.O., Suberkropp K., Chauvet E.:

Decomposition of plant litter by fungi in marine and freshwater ecosystems. In: «The Mycota IV: environmental and microbial relationships», Wicklow/Söderström (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1997, pp. 303–322. [2667]

Giger W.:

Emerging chemical drinking water contaminants. In: «Identifying future drinking water contaminants», National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., 1999, pp. 112–119. ISBN 0-309-06432-5.

Glutz von Blotzheim U.N., Hegg O., Bloesch J.:

Die Urschner Lorbeerweiden-Aue – ein Beispiel für Mutlosigkeit im Schweizer Auenschutz? *Natur + Mensch* 40 (6), 10–15 (1998).

Goss K.-U., Schwarzenbach R.P.:

Empirical prediction of heats of vaporization and heats of adsorption of organic compounds. *Environ. Sci. Technol.* 33, 3390–3393 (1999). [2653]

Goss K.-U., Schwarzenbach R.P.:

Quantification of the effect of humidity on the gas/mineral oxide and gas/salt adsorption of organic compounds. *Environ. Sci. Technol.* 33, 4073–4078 (1999). [2654]

Goudsmit G.H., Wüest A.:

Interior and basin-wide diapycnal mixing in stratified water: a comparison of dissipation and diffusivity. In: «Mixing and dispersion in stably stratified flows», P.A. Davis (Ed.). Clarendon Press, Oxford 1999, pp. 145–163. [2655]

Gujer W., Henze M., Mino T., Van Loosdrecht M.C.M.:

Activated sludge model No. 3. *Water Sci. Tech.* 39 (1), 183–193 (1999). [2565]

Haderlein S.B., Pecher, K.:

Pollutant reduction in heterogeneous Fe(II)-Fe(III) systems (Chapter 17). In: «Mineral-water interfacial reactions, kinetics and mechanisms», D.L. Sparks, T.J. Grundl (Eds.). ACS Sympos. Ser. 715, Amer. Chem. Soc., Washington 1998, pp. 342–356. ISBN 0-8412-3593-7. [2555]

Harms S., Truffer B.:

Car sharing as a socio-technical learning system. In: «Carsharing 2000: a hammer for sustainable development». J. World Transport Policy & Practice, special edition on car sharing, J. Whitelegg (Ed.), 5, No. 3, 177–185 (1999).

Hartmann A., Golet E.M., Gartiser S., Alder A.C., Koller T., Widmer R.M.:

Primary DNA damage but not mutagenicity correlates with ciprofloxacin concentrations in German hospital wastewaters. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 36, 115–119 (1999). [2575]

Held M., Panke S., Kohler H.-P.E., Schmid F.H.-J.A., Schmid A., Wubbolts M.G., Witholt B.:

Solid phase extraction for biocatalytic production of toxic compounds. *Bioworld* 5, 2–9 (1999). [2719]

Held M., Schmid A., Kohler H.-P.E., Suske W., Witholt B., Wubbolts M.G.:

An integrated process for the production of toxic catechols from toxic phenols based on a designer biocatalyst. *Biotechnol. & Bioengng.* 62 (6), 641–648 (1999). [2661]

Held M., Suske W., Schmid A., Engesser K.-H., Kohler H.-P.E., Witholt B., Wubbolts M.G.:

Preparative scale production of 3-substituted catechols using a novel monooxygenase from *Pseudomonas azelaica* HBP 1. *J. Molecular Catalysis B: Enzym.* 5, 87–93 (1998). [2660]

Henze M., Gujer W., Mino T., Matsuo T., Wentzel M.C., Marais G.v.R., Van Loosdrecht M.C.M.:

Activated sludge model No. 2 D, ASM2D. *Water Sci. Tech.* 39 (1), 165–182 (1999). [2564]

Hesselmann R.P.X., Fleischmann T., Hany R., Zehnder A.J.B.:

Determination of polyhydroxyalkanoates in activated sludge by ion chromatographic and enzymatic methods. *J. Microbiol. Methods* 35, 111–119 (1999). [2570]

Hesselmann R.P.X., Werlen C., Hahn D., van der Meer J.R., Zehnder A.J.B.:

Enrichment, phylogenetic analysis and detection of a bacterium that

performs enhanced biological phosphate removal in activated sludge. *Syst. Appl. Microbiol.* 22, 454–466 (1999). [2698]

Hoehn, E., Honold P.:

Schonende Entnahme von Materialproben aus Bohrungen in grobkörnigen grundwasserführenden Lockergesteinen ohne Luftkontakt, *Grundwasser* 4 (3), 119–124 (1999). [2677]

Hoehn E.:

Preliminary analysis of boron isotope ratios in leachate-contaminated groundwater, Proc. of IUGG '99 Sympos. HS4, Birmingham, July 1999, IAHS Publ. 258, 193–197, 1999.

Hofstetter T.B., Heijman C.G., Haderlein S.B., Holliger C., Schwarzenbach R.P.:

Complete reduction of TNT and other (poly)nitroaromatic compounds under iron-reducing subsurface conditions. *Environ. Sci. Technol.* 33 (9), 1479–1487 (1999). [2608]

Huisman J.L., Burckhardt S., Larsen T.A., Krebs P., Gujer, W.:

Propagation of waves and dissolved compounds in sewer. *J. Environ. Engineering*, 126, No. 1, 12–20 (2000). [2706]

Huuskonen S.E., Tuvikene A., Trapido M., Fent K., Hahn M.E.:

Cytochrome P4501A induction and porphyrin accumulation in PLHC-1 fish cells exposed to sediment and oil shale extracts. *Arch. Environ. Contamination & Toxicol.* 38, 59–69 (2000).

Imboden D.M., Jaeger C.C.:

Towards a sustainable energy future. In: OECD, Energy: The next fifty years, OECD, Paris, 1999, pp. 63–94, ISBN 9-789264-17016-2.

Jacquinot P., Hodgson A.W.E., Müller B., Hauser P.C.:

Amperometric detection of gaseous ethanol and acetaldehyde at low concentrations on an Au-Nafion electrode. *Analyst* 6, 871–876 (1999). [2681]

Jaeger C.C., Schüle R., Kasemir B.:

Focus groups in integrated assessment: a micro-cosmos for reflexive modernization. *Innovation – The Eur. J. of Soc. Sci.* 3, 1–28 (1999). [2604]

Jaki B., Orjala J., Bürgi H.R., Sticher O.:

Biological screening of cyanobacteria for antimicrobial and molluscicidal activity, Brine Shrimp lethality and cytotoxicity. *Pharmaceut. Biol.* 37, 138–143 (1999). [2682]

Jaspers M.C.M., Harms H., van der Meer J.R.:

Prokaryotic whole-cell living bioreporters expressing bioluminescence upon the presence of bioavailable concentrations of specific pollutants: An overview. In: «Novel approaches for bioremediation of organic pollution», R. Fass, Y. Flashner, S. Reuveny (Eds.). Plenum Publishing Corporation, New York 1999, pp. 137–150.

Jaspers M.C.M., Totevova S., Demnerova K., Harm H., van der Meer J.R.:

The use of whole-cell living biosensors to determine the bioavailability of pollutants to microorganisms, pp. 153–158. In: «Bioavailability of organic xenobiotics in the environment», Ph. Baveye et al. (Eds.) Kluwer Academic Publishers, Netherlands (1999), pp. 153–158. [2716]

Jaspers M.C.M., Harms H., van der Meer J.R.:

Prokaryotic whole-cell living bioreporters expressing bioluminescence

upon the presence of bioavailable concentrations of specific pollutants – an overview. In: «Novel approaches for bioremediation of organic pollution», R. Fass et al. (eds.) Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York, 1999, pp. 137–150. [2715]

Johnson C.A., Kaeppli M., Brandenberger S., Ulrich A., Baumann W.:

Hydrological and geochemical factors affecting leachate composition in municipal solid waste incinerator bottom ash. Part II: The geochemistry of leachate from Landfill Lostorf, Switzerland. *J. Contam. Hydrol.* 40 (3), 239–259 (1999). [2688]

Johnson C.A., Kersten M.:

Solubility of Zn(II) in association with calcium silicate hydrates in alkaline solutions. *Environ. Sci. Technol.* 33 (13), 2296–2298 (1999). [2628]

Johnson C.A., Moench H., Brandenberger S.:

Assessing the potential long-term behavior of the landfill fraction of sorted demolition wastes. *J. Environ. Qual.* 28, 1061–1067 (1999). [2648]

Jorde K., Truffer B.:

Ökologische Forderungen beim Bau von Kleinwasserkraftanlagen. 2. Anwenderforum Kleinwasserkraftwerke. 28./29.10.1999, Passau, pp. 133–147.

Känel B.R., Uehlinger U.:

Aquatic plant management: ecological effects in two streams of the Swiss Plateau. *Hydrobiologia* 415, 257–263 (1999).

Kasemir B., Van Asselt M.B., Dürrenberger G., Jaeger C.C.:

Integrated assessment: multiple perspectives in interaction. *Internat. J. of Environment and Pollution* 11 (4), 407–425 1999. [2657]

Kemp R., Truffer B., Harms S.:

Strategic niche management as a tool for transition to a sustainable transportation system. In: «Social Costs and Sustainable Mobility – Strategies and Experiences in Europe and the United States», R.L. Rennings, O. Hohmeyer, R.L. Ottinger (Eds.). ZEW Economic Studies, Vol. 7, Physica-Verlag (Springer), Heidelberg, New York 2000, pp. 167–188.

Kesselmann-Truttmann J.M., Hug St.J.:

Photodegradation of 4,4'-bis(2-sulfostyryl)biphenyl (DSBP) on metal oxides followed by *in situ* ATR-FTIR spectroscopy. *Environ. Sci. Technol.* 33, 3171–3176 (1999). [2678]

Knauer K., Behra R., Hemond H.:

Toxicity of inorganic and methylated arsenic to algal communities from lakes along an arsenic contamination gradient. *Aquatic Toxicol.* 46, 221–230 (1999). [2640]

Knauer K., Jabusch T., Sigg L.:

Manganese uptake and Mn(II) oxidation by the alga *Scenedesmus subspicatus*. *Aquatic Sci.* 61, 44–58 (1999). [2558]

Koch G., Pianta R., Krebs P., Siegrist H.:

Potential of denitrification and solids removal in the rectangular clarifier. *Water Res.* 33 (2), 309–318 (1999). [2567]

Kocsis O., Prandke H., Stips A., Simon A., Wüest A.:

Comparison of dissipation of turbulent kinetic energy determined

from shear and temperature microstructure. *J. Mar. Systems* 21, 67–84 (1999). [2638]

Kohler H.-P.E.:

Sphingomonas herbicidovorans MH: a versatile phenoxyalkanoic acid herbicide degrader. *J. Industr. Microbiol. & Biotechnol.* 23, 336–340 (1999). [2703]

Kohler H.-P.E., Nickel K., Bunk M., Zipper C.:

Microbial transformation of the chiral pollutants mecoprop and dichlorprop. The necessity of considering stereochemistry. In: «Novel approaches for bioremediation of organic pollution», Fass et al (Eds.). Kluwer Academic / Plenum Publ., New York 1999, pp. 13–20. [2614]

Koller-Lucaea S.K.M., Suter M.J.-F., Rentsch K.M., Schott H., Schwendener R.A.:

Metabolism of the new liposomal anticancer drug N⁴-octadecyl-1-β-D-Arabinofuranosylcytosine in mice. *Drug Metabolism Disposition* 27 (3), 342–350 (1999). [2600]

Kollmann J., Vieli M., Edwards P.J., Tockner K., Ward J.V.:

Interactions between vegetation development and island formation in the Alpine river Tagliamento. *Appl. Vegetation Sci.* 2, 25–36 (1999). [2626]

Kuehn K.A., Gessner M.O., Wetzel R.G., Suberkropp K.:

Decomposition and CO₂ evolution from standing litter of the emergent macrophyte *Erianthus giganteus*. *Microbial Ecology* 38, 50–57 (1999). [2674]

Kytzia S., Dürrenberger G.:

Can sustainability be achieved by conserving the urban structure? Proc. Conf. «Nature, Society and History», Vienna, September 30–October 2, 1999, CD-ROM.

Landini P., Busby S.:

The Ada protein can interact with two distinct determinants in the σ⁷⁰ subunit of RNA polymerase according to promoter architecture: identification of the target of Ada activation at the *alkA* promoter. *J. Bacteriol.* 181, 1524–1529 (1999).

Landini P., Busby S.:

Expression of the *Escherichia coli* Ada regulon in stationary phase: evidence for *rpoS*-dependent negative regulation of *alkA* transcription. *J. Bacteriol.* 181, 6836–6839 (1999).

Larsen T.A.:

Nährstoffkreisläufe in der Siedlungswasserwirtschaft. Schweiz. Ing. & Archit. 117 (19) 1999.

Larsen T.A., Udert K.M.:

Urinseparierung – ein Konzept zur Schliessung der Nährstoffkreisläufe. *Wasser & Boden*, 51 (11), 6–9 (1999).

Leisinger U., Rüfenacht K., Zehnder A.J.B., Eggen R.I.L.:

Structure of a glutathione peroxidase homologous gene involved in the oxidative stress response in *Chlamydomonas reinhardtii*. *Plant Sci.* 149, 139–149 (1999).

Lees J.A., Flower R.J., Ryves C., Vologina E.G., Sturm M.:

Identifying sedimentation patterns in Lake Baikal using whole core and surface scanning magnetic susceptibility. *J. Palaeolimnol.* 20 (2), 187–202 (1998).

Lendenmann U., Snozzi M., Egli T.:

Growth kinetics of *Escherichia coli* with galactose and several other sugars in carbon-limited continuous culture. *Canad. J. Microbiol.* 46, 72–80 (2000).

Leveau J.H.J., König F., Füchslin H., Werlen Ch., van der Meer J.R.:

Dynamics of multigene expression during catabolic adaptation of *Ralstonia eutropha* IMP134 (pJP4) to the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetate. *Mol. Microbiol.* 33 (2), 396–406 (1999). [2642]

Lichtensteiger, T.:

Technologie für verantwortbaren Umgang mit Stoffen. *TechnoScop, SATW, N° 5*, 1–2 (1999).

Lichtensteiger, T.:

Objectifs de qualité de la gestion des déchets en Suisse: Quel apport de la part des sciences. *Sciences & Déchets, Association RE.CO.R.D., N° 15*, 3–4 (1999).

Livingstone D.M.:

Ice break-up on southern Lake Baikal and its relationship to local and regional air temperatures in Siberia and to the North Atlantic Oscillation. *Limnol. Oceanogr.* 44 (6), 1486–1497 (1999). [2644]

Livingstone D.M., Lotter A.F., Walker I.R.:

The decrease in summer surface water temperature with altitude in Swiss Alpine lakes: a comparison with air temperature lapse rates. *Arctic, Antarctic, and Alpine Res.* 31 (4), 341–352 (1999).

Malard F., Tockner K., Ward J.V.:

Shifting dominance of subcatchment water sources and flow paths in a glacial foodplain, Val Roseg, Switzerland. *Arctic, Antarctic, and Alpine Res.* 31 (2), 135–150 (1999). [2627]

Markard J., Truffer B.:

Der lange Weg zu einem Euro-Label für Strom. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen. Z. Energiewirtschaft, Recht, Technik und Umwelt.* 49 (11), 724–729 (1999).

Masarik J., Beer J.:

Simulation of particle fluxes and cosmogenic nuclide production in the Earth's atmosphere. *J. Geophys. Res.* 104, 12 099–13 012 (1999).

Mason C.A., Dünner J., Indra P., Colangelo T.:

Heat-induced expression and chemically induced expression of the *Escherichia coli* stress protein HtpG are affected by the growth environment. *Appl. Environ. Microbiol.* 65 (8), 3433–3440 (1999). [2658]

Mason Y., Ammann A.A., Ulrich A., Sigg L.:

Behavior of heavy metals, nutrients and major components during roof runoff infiltration. *Environ. Sci. Technol.* 33 (10), 1588–1597 (1999). [2609]

Maunuksela L., Zepp K., Koivula T., Zeyer J., Haahtela K., Hahn D.:

Analysis of *Frankia* populations in three soils devoid of actinorhizal plants. *FEMS Microbiology Ecology* 28, 11–21 (1999).

Maurer M., Boller M.:

Modelling of phosphorus precipitation in wastewater treatment plants with enhanced biological phosphorus removal. *Water Sci. Tech.* 39 (1), 147–163 (1999). [2563]

Maurer M., Fux C., Lange D., Siegrist H.:

Modelling denitrification in a moving bed of porous carriers from a low-loaded wastewater treatment plant. *Water Sci. Tech.* 39 (7), 251–259 (1999). [2615]

Mendez-Alvarez S., Leisinger U., Eggen R.I.L.:

Adaptive responses in *Chlamydomonas reinhardtii*. *Internat. Microbiol.* 2, 15–22 (1999). [2619]

Mengis M., Schiff S.L., Harris M., English M.C., Aravena R., Elgood R.J., MacLean A.:

Multiple geochemical and isotopic approaches for assessing groundwater NO₃-elimination in a riparian zone. *Ground Water* 37 (3), 448–457 (1999). [2622]

Mengis M., Wehrli B.:

Nitratelimination in Gewässern und ihre Auswirkung auf Nitratgehalte in Seen und Grundwasser. *Mitt. Geb. Lebensmittelhygiene*, 723–729 (1998). [2554]

Moser-Engeler R., Kühni M., Bernhard C., Siegrist H.:

Fermentation of raw sludge on an industrial scale and applications for elutriating its dissolved products and non-sedimentable solids. *Water Res.* 33 (16), 3503–3511 (1999). [2671]

Müller B., Stierli R.:

In situ determination of sulfide profiles in sediment porewaters with a miniaturized Ag/Ag₂S electrode. *Anal. Chim. Acta* 401 (1–2), 257–264 (1999). [2692]

Müller Dick R., Siegrist H., Wehrli B.:

Elektromagnetische Felder gegen mineralische Ablagerungen. *Gas, Wasser, Abwasser* 79 (7), 553–560 (1999). [2624]

Müller M.T., Zehnder A.J.B., Escher B.I.:

Liposome-water and octanol-water partitioning of alcohol ethoxylates. *Environ. Toxicol. Chem.* 18, 2191–2198 (1999). [2669]

Müller M.T., Zehnder A.J.B., Escher B.I.:

Membrane toxicity of linear alcohol ethoxylates. *Environ. Toxicol. & Chem.* 18, No. 12, 2767–2774 (1999). [2700]

Müller St.R., Frank H.:

Traquer les acides acétiques halogénés. *Environnement* 2, 60–62 (1999). [2651]

Müller St.R., Frank H.:

Halogenierte Essigsäuren belasten die Umwelt. *Umweltschutz* 2, 60–62 (1999). [2650]

Nay M., Snozzi M., Zehnder A.J.B.:

Fate and behavior of organic compounds in an artificial subsoil under controlled redox conditions: the sequential soil column system. *Biodegradation* 10, 75–82 (1999). [2617]

Nickel A., Hahn D., Zepp K., Zeyer J.:

In situ analysis of introduced *Frankia* populations in root nodules obtained on *Alnus glutinosa* grown under different water availability. *Canad. J. Bot.* 77, 1231–1238 (1999).

Nowack B., von Gunten U.:

Determination of chlorate at low µg/l levels by ion-chromatography with postcolumn reaction. *J. Chromatogr. A* 849, 209–215 (1999). [2639]

Omlin M., Reichert P.:

A comparison of techniques for the estimation of model prediction uncertainty. *Ecol. Modelling* 115, 45–59 (1999). [2616]

Pacini N., Gächter R.:

Speciation of riverine particulate phosphorus during rain events. *Biogeochemistry* 47, 87–109 (1999).

Patzel N.:

Träume angehender Umweltnaturwissenschaftler. *GAIA* 8 (3), 203–209 (1999).

Peeters F., Goudsmit G.H., Livingstone D.M.:

Modelling the long-term evolution of the thermal structure of Lake Zurich (Abstract). *EOS Transact. of the Amer. Geophys. Union*, 80 (49), Suppl., 273 (1999).

Poiger T., Kari F.G., Giger W.:

Fate of fluorescent whitening agents in the River Glatt. *Environ. Sci. Technol.* 33, 533–539 (1999). [2589]

Ponge J.-F., Patzel N., Delhaye L., Devigne E., Levieux P., Beros P., Witterbroodt R.:

Interactions between earthworms, litter and trees in an old-growth beech forest. *Biology and Fertility of Soils* 29 (4), 360–370 (1999).

Power M.E., Araujo J.C., van der Meer J.R., Harms H., Wanner O.:

Monitoring sulfate-reducing bacteria in heterotrophic biofilms. *Water Sci. Tech.* 39 (7), 49–56 (1999). [2634]

Purtschert I., Gujer W.:

Populacni dynamika pri davkovani metanolu do cistiren adpadnich vod s denitrifikaci. *Cistirenske listy* 6, I–VI (1999). [2711]

Purtschert I., Gujer W.:

Populationsdynamik bei Methanoleinsatz in denitrifizierenden Kläranlagen. *Korrespondenz Abwasser* 46 (9), 1380–1389 (1999). [2712]

Purtschert I., Gujer W.:

Population dynamics by methanol addition in denitrifying wastewater treatment plants. *Water Sci. Tech.* 39 (1), 43–50 (1999). [2561]

Ramisch F., Dittrich M., Mattenberger C., Wehrli B., Wüest A.:

Calcite dissolution in two deep eutrophic lakes. *Geochim. Cosmochim. Acta* 63, No. 19/20, 3349–3356 (1999). [2696]

Raschke H., Fleischmann T., van der Meer J.R., Kohler H.-P.E.:

cis-Chlorobenzene dihydrodiol dehydrogenase (TcbB) from *Pseudomonas* sp. strain P51, expressed in *Escherichia coli* DH5α (pTCB149), catalyzes enantioselective dehydrogenase reactions. *Appl. Environ. Microbiol.* 65, No. 12, 5242–5246 (1999). [2704]

Ravatn R., Studer S., Zehnder A.J.B., van der Meer J.R.:

Int-B13, an unusual site-specific recombinase of the bacteriophage P4 integrase family, is responsible for chromosomal insertion of the 105-kilobase *clc* element of *Pseudomonas* sp. strain B13. *J. Bacteriol.* 180, 5505–5514 (1998).

Ravens T., Kocsis O., Wüest A., Granin N.:

Small-scale turbulence and vertical mixing in Lake Baikal. *Limnol. Oceanogr* 45, No. 1, 159–173 (2000).

Redle M., Baccini P.:

Stadt mit wenig Energie, viel Kies und neuer Identität. Metabolische Modelle für den Umbau urbaner Siedlungen am Beispiel der Wohngebäude. *GAIA* 7 (3), 184–195 (1998). [2578]

Renn O., Jaeger C.C., Rosa E.A., Webler T.:

The rational action paradigm in risk theories: analysis and critique. In: «Risk in the modern age: social theory, science and environmental decision-making», M.J. Cohen (Ed.). Macmillan, London, 1999, pp. 35–61, ISBN 0-333-72639-1.

Rijnaarts H.H.M., Norde W., Lyklema J., Zehnder A.J.B.:

DLVO and steric contributions to bacterial decomposition in media of different ionic strengths. *Colloids & Surfaces B: Biointerfaces* 14, 179–195 (1999). [2668]

Robinson C.T., Burgherr P.:

Seasonal disturbance of a lake outlet benthic community. *Arch. Hydrobiol.* 145 (3), 297–315 (1999). [2613]

Robinson C.T., Gessner M.O., Ward J.V.:

Leaf breakdown and associated macroinvertebrates in alpine glacial streams. *Freshwater Biology* 40, 215–228 (1998).

Salhi E., von Gunten U.:

Simultaneous determination of bromide, bromate and nitrite in low µg/l levels by ion chromatography without sample pretreatment. *Water Res.* 33, 3239–3244 (1999). [2670]

Schäfer A., Harms H., Zehnder A.J.B.:

Bacterial accumulation at the air-water interface. *Environ. Sci. Technol.* 32, 3704–3712 (1998).

Scheffel C., Blinov A., Massonet S., Sachsenhauser H., Stan-

Sion C., Beer J., Synal H.A., Kubik P.W., Kaba M., Nolte E.: ³⁶Cl in modern atmospheric precipitation. *J. Geophys. Res.* 26, 1401–1404 (1999).

Schiemer F., Baumgartner C., Tockner K.:

Restoration of floodplain rivers: the «Danube restoration project». *Regulated Rivers: Res. Manag.* 15, 231–244 (1999). [2568]

Schlumpf C., Behringer J., Dürrenberger G., Pahl-Wostl C.:

The personal CO₂-calculator: a modeling tool for a participatory integrated assessment environment. *Environ. Modeling & Assessment* 4, 1–12 (1999).

Schosseler P.M., Wehrli B., Schweiger A.:

Uptake of Cu²⁺ by calcium carbonates vaterite and calcite as studied by continuous wave (CW) and pulse electron paramagnetic resonance. *Geochim. Cosmochim. Acta* 63, 1955–1967 (1999). [2676]

Schweigert N., Belkin S., Leong-Morgenthaler P., Zehnder A.J.B., Eggen R.I.L.:

Combinations of chlorocatechols and heavy metals cause DNA degradation *in vitro* but must not result in increased mutation rates *in vivo*. *Environ. Molecular Mutagenesis* 33, 202–210 (1999). [2602]

Siegrist H., Boller M.:

Auswirkungen des Phosphatverbots in den Waschmitteln auf die

Abwasserreinigung in der Schweiz. Korrespondenz Abwasser 46 (1), 57–65 (1999). [2599]

Siegrist H., Brunner I., Koch G., Phan L.C., Le V.C.:

Reduction of biomass decay rate under anoxic and anaerobic conditions. *Water Sci. Tech.* 39 (1), 129–137 (1999). [2562]

Siegrist H., Reithaar S., Koch G., Lais P.:

Nitrogen loss in a nitrifying rotating contactor treating ammonium-rich wastewater without organic carbon. *Water Sci. Tech.* 38 (8–9), 241–248 (1998). [2560]

Sigg L., Behra R., Boller M., Eggen R., Meier W., Sulzberger B., Xue H.:

Die Bedeutung von Kupfer in Gewässern. *Schweizer Ing. & Architekt* 19, 396–398 (1999).

Snozzi M., Haas R., Leuker G., Kolch A., Bergman R.W.:

Prüfung und Zertifizierung von UV-Anlagen. *Gas, Wasser, Abwasser* 79, H. 5, 380–385 (1999).

Snozzi M., Haas R., Leuker G., Kolch A., Bergman R.W.:

Prüfung und Zertifizierung von UV-Anlagen. *bbr – Wasser- und Rohrbau* 50, H. 11, 35–41 (1999).

Soldo D., Behra R.:

Long-term effects of copper on the structure of freshwater periphyton communities and their tolerance to copper, zinc, nickel and silver. *Aquatic Toxicol.* 47, 181–189 (2000). [2693]

Stettler R., Courbat R., von Gunten U., Kaiser H.-P., Walther J.L., Gaille P., Jordan R., Ramseier S., Revelly P.:

Utilisation de l'ozone pour le traitement des eaux potables en Suisse. *Gas, Wasser, Abwasser* 78 (11), 876–890 (1998). [2603]

Strauss M., Heiness U., Montangero A.:

When the pits are full – selected issues in faecal sludge (ES) management. *SANDEC News* No. 4, 18–21 (1999).

Strauss M., Heiness U., Montangero A.:

Excreta news – field research progress in faecal sludge (FS) treatment. *SANDEC News* No. 4, 22–27 (1999).

Stumm W.:

Acceptance note for the 1998 Goldschmidt Medal. *Geochim. Cosmochim. Acta* 63, No. 19/20, xi–xii (1999). [2697]

Suske W.A., Kohler H.-P.E., van Berkel W.J.H.:

Catalytic properties of 2-hydroxybiphenyl 3-monooxygenase. In: «Flavins and flavoproteins», S. Ghisla, P.M.H. Kroneck, P. Macheroux, S. Horst (Eds). Rudolf Weber, Agency for Scientific Publications, Berlin, 1999. pp. 371–374. [2714]

Suske W.A., van Berkel W.J.H., Kohler H.-P.E.:

Catalytic mechanism of 2-hydroxybiphenyl 3-monooxygenase, a flavoprotein from *Pseudomonas azelaica* HBP1. *J. Biol. Chem.* 274, 33355–33365 (1999). [2699]

Suter M.J.-F., Riediker S., Giger W.:

Selective determination of aromatic sulfonates in landfill leachates and groundwater using microbore liquid chromatography coupled with mass spectrometry. *Anal. Chem.* 71, 897–904 (1999). [2586]

Suter M.J.-F., Riediker S., Schwoerer V.G.:

Bestimmung von aromatischen Sulfonaten in Deponiesickerwasser und Grundwasser. *Schrr. Biol. Abwasserreinigung* 11, Kolloquium 7./8.6.1999, TU Berlin, S. 41–56 1999. [2625]

Tchelet R., Meckenstock R., Steinle P., van der Meer J.R.:

Population dynamics of an introduced bacterium degrading chlorinated benzenes in a soil column and in sewage sludge. *Biodegradation* 10, 113–125 (1999). [2637]

Teranes J.L., McKenzie J.A., Bernasconi S.M., Lotter A.F., Sturm M.:

A study of oxygen isotopic fractionation during bio-induced calcite precipitation in eutrophic Baldeggersee, Switzerland. *Geochim. Cosmochim. Acta* 63 (13/14), 1981–1989 (1999).

Tillman D., Larsen T., Pahl-Wostl C., Gujer W.:

Modelling the actors in water supply systems. *Water Sci. Technol.* 39 (4), 203–211, 1999.

Tockner K., Pennetzdorfer D., Reiner N., Schiemer F., Ward J.V.:

Hydrological connectivity and the exchange of organic matter and nutrients in a dynamic river-floodplain system (Danube, Austria). *Freshwater Biol.* 41, 521–535 (1999). [2643]

Tockner K., Schiemer F., Baumgartner C., Kum G., Weigand E., Zweimüller I., Ward J.V.:

The Danube restoration project: species diversity patterns across connectivity gradients in the floodplain system. *Regulated Rivers: Res. Manag.* 15, 245–258 (1999). [2569]

Tockner K., Ward J.V.:

Biodiversity along riparian corridors. *Large Rivers* 11, No. 3; *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 115, No. 3, 293–310 (1999). [2691]

Truffer B., Markard J.:

Die Zertifizierung von Ökostrom. *Internationale Ansätze und europäische Perspektiven. SEV/VSE-Bull.*, 90, H. 20, 29–33 (1999).

Truffer B., Markard J.:

Ökostrom-Labeling oder: Was ist Grüner Strom? In *VGL-Information* H. 3, 16 (1999).

Uttinger J., Roth C., Peter A.:

Effects of environmental parameters on the distribution of bullhead *Cottus gobio* with particular consideration of the effects of obstructions. *J. Appl. Ecology* 35, 882–892 (1998). [2579]

von Gunten U.:

Ozonanwendung in der Trinkwasseraufbereitung: Möglichkeiten und Grenzen. *Mitt. Geb. Lebensmittelhygiene* 89, 669–683 (1998). [2553]

von Gunten U., Elovitz M., Kaiser H.-P.:

Calibration of full-scale ozonation systems with conservative and reactive tracers. *Aqua* 48, No. 6, 250–256 (1999).

Ward J.V., Malard F., Tockner K., Uehlinger U.:

Influence of ground water on surface water conditions in a glacial flood plain of the Swiss Alps. *Hydrol. Processes* 13, 277–293 (1999). [2594]

Ward J.V., Tockner K., Edwards P.J., Kollmann J., Bretschko G., Gurnell A.M., Petts G.E., Rossaro B.:

A reference river system for the Alps: the «Fiume Tagliamento». *Regulated Rivers: Res. Manag.* 15, 63–75 (1999). [2592]

Ward J.V., Tockner K., Schiemer F.:

Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. *Regulated Rivers: Res. Manag.* 15, 125–139 (1999). [2593]

Wegelin M., Vermeul S.:

Solar water disinfection: an update of a success story. *SANDEC News* No. 4, 16–17 (1999).

Wehrli B., Furrer G.:

In memoriam – Werner Stumm. *The Geochemical News* 100, 16–18 (1999). [2623]

Weidler P.G., Hug S.J., Wetche T.P., Hiemstra T.:

Determination of growth rates of (100) and (110) faces of synthetic goethite by scanning force microscopy. *Geochim. Cosmochim. Acta* 62 (21/22), 3407–3412 (1998). [2641]

Weissmahr K.W., Hildenbrand M., Schwarzenbach R.P., Haderlein St.B.:

Laboratory and field scale evaluation of geochemical controls on groundwater transport of nitroaromatic ammunition residues. *Environ. Sci. Technol.* 33 (15), 2593–2600 (1999). [2647]

Wellnitz T.A., Ward J.V.:

Does light intensity modify the effect mayfly grazers have on periphyton? *Freshwater Biol.* 39, 135–149 (1998). [2596]

Wild D., Siegrist H.:

The simulation of nutrient fluxes in wastewater treatment plants with EBPR. *Water Res.* 33 (7), 1652–1666 (1999). [2572]

Witschel M., Egli T., Zehnder A.J.B., Wehrli E., Spycher M.:

Transport of EDTA into cells of the EDTA-degrading bacterial strain DSM 9103. *Microbiology* 145, 973–983 (1999). [2587]

Xue H., Sigg L.:

Comparison of the complexation of Cu and Cd by humic or fulvic acids and by ligands observed in lake waters. *Aquatic Geochem.* 5, 313–335 (1999). [2687]

Zehnder A.J.B.:

Bioremediation of environments contaminated with organic xenobiotics: putting microbial metabolism to work. In: «Bioavailability of organic xenobiotics in the environment», Ph. Baveye et al. (Eds.). Kluwer Academic Press, Dordrecht 1999, pp. 79–92. [2665]

Zehnder A.J.B., Schertenleib R., Jaeger C.C.:

Le défi de l'eau. *Gas, Wasser, Abwasser* 79 (2), 131–136 (1999). [2598]

Zehnder A.J.B., Wulff H.:

Business and the environment. *Nature Biotechnol.* 17, Suppl. BV25 (1999). [2595]

Zepp Pfalz K., Holliger C., Grosskopf R., Liesack W., Nozhevnikova A.N., Müller B., Wehrli B., Hahn D.:

Vertical distribution of methanogens in the anoxic sediment of Rotsee (Switzerland). *Appl. Environ. Microbiol.* 65 (6), 2402–2408 (1999). [2645]

Zipper C., Bolliger C., Fleischmann T., Suter M.J.-F., Angst W., Müller M.D., Kohler H.-P.E.:

Fate of the herbicides mecoprop, dichlorprop, and 2,4-D in aerobic and anaerobic sewage sludge as determined by laboratory batch studies and enantiomer-specific analysis. *Biodegradation* 10, 271–278 (1999). [2695]

Zipper C., Fleischmann T., Kohler H.-P.E.:

Aerobic biodegradation of chiral phenoxyalkanoic acid derivatives during incubations with activated sludge. *FEMS Microbiol. Ecol.* 29, 197–204 (1999). [2636]

Zurbrügg C.:

The challenge of solid waste disposal in developing countries. *SANDEC News* No. 4, 10–14 (1999).

Zurbrügg C., Ahmed R.:

Enhancing community motivation and participation in solid waste management. *SANDEC News* No. 4, 2–6 (1999).

Zurbrügg C., Aristanti C.:

Resource recovery in a primary collection scheme in Indonesia. *SANDEC News* No. 4, 7–9 (1999).

Zurbrügg C., Aristanti C.:

Combining primary collection with decentralised composting – a solution? *Proc. of ORBIT 99 – Internat. Conf. on Biological Treatment of Waste and the Environment, Weimar, 2. – 4. Sept. 1999: Part III*, 831–836, 1999.

Zweifel H.-R., Johnson C.A., Hoehn E.:

Langzeitanalysen der Hauptelemente von Sickerwässern aus Altdeponien. *Müll & Abfall*, 31, H. 12, 727–732, (1999). [2707]

Bücher, Schriftenreihe und andere Publikationen der EAWAG

Gedruckte Dissertationen s. S. 95

Bätscher R., Studer C., Fent K.:

Stoffe mit endokriner Wirkung in der Umwelt. Schriftenreihe Umwelt Nr. 308, Hrsg. Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 1999, 258 Seiten

Dürrenberger G., Behringer J.:

Die Fokusgruppe in Theorie und Anwendung. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung 1999, 103 Seiten. ISBN 3-932013-42-5.

fischnetz-info. Projekt «Netzwerk Fischrückgang Schweiz»; Projekt «Réseau déclin poissons suisse». Halbjahresschrift, hrsg. von der Projektleitung «Fischnetz», EAWAG Dübendorf, 1999 ff.

Giger W. et al. (Committee on Drinking Water Contaminants of the U.S. Academy of Sciences)

Setting priorities for drinking water contaminants, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., 1999, 113 pp. ISBN 0-309-06393-4.

Gujer W.:

Siedlungswasserwirtschaft. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 1999, 410 S., ISBN 3-540-65769-X.

Hütte M., Niederhauer P.:

Methoden zur Beurteilung der Fliessgewässer: Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). (Arbeitsgruppe Fliessgewässerbeurteilung: Bundi U., Frutiger A., Göldi C., Kupper U., Liechti P., Meier W., Niederhauer P., Peter A., Sieber U., von Blücher U., Willi H.P.) Mitt. zum Gewässerschutz Nr. 27 (Vollzug Umwelt). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern 1998, 49 Seiten. [2537]

Knie A., Berthold O., Harms S., Truffer B.:

Die Neuerfindung urbaner Automobilität. Elektroautos und ihr Gebrauch in den USA und in Europa. Edition Sigma, Berlin 1999, 106 Seiten. ISBN 3-89404-186-2.

Müller Dick R., Wehrli B., Siegrist H.:

Elektromagnetische Wasserbehandlung, Fallstudien in Abwasseranlagen und Trinkwasser-Anwendungen. Mitt. zum Gewässerschutz Nr. 30. BUWAL, Bern 1999. [2708]

Oswald F., Blaser Ch., Dürrenberger G., von Fischer Ch., Friedrich S., Baccini P.:

Stadt an der Wigger. Impulse für die Zukunft setzen. Zwischenbericht zum Workshop 2, Zürich und Dübendorf: ETH-ORL und EAWAG 1999, 58 Seiten.

Wüest A., McLaughlin F., Carmack E.C.:

Preliminary results on mixing nutrients and gas balance in the Arrow Reservoir: 1998/99. Report to BC-Environment and Parks, 1999.

Wüest A., Ramisch F., Hefti D.:

Unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial: Schüttung in Seen im Rahmen des GSchG. Mitt. zum Gewässerschutz Nr. 32. Hrsg. vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern 1999, 28 Seiten. [2680]

Tätigkeit in Kommissionen, Arbeitsgruppen etc.

- Abwassertechnische Vereinigung ATV: Fachausschuss 2.1 «Anforderungen an die Abwasserbehandlung», Mitglied **Vladimir Krejci**
- Abwassertechnische Vereinigung ATV, Arbeitsgruppe 2.1.2 «Nachhaltige Siedlungswasserwirtschaft», Mitglied **Tove Larsen**
- Abwassertechnische Vereinigung ATV, Arbeitsgruppe 2.1.7: «Kosteneffizienz bei der Regenwasserbehandlung», Vorsitz **Vladimir Krejci**
- Abwassertechnische Vereinigung ATV: Fachausschuss 2.6. «Aerobe biologische Abwasserreinigungsverfahren», **Willi Gujer**
- Accreditation Committee for University Research Schools in the Netherlands, Member **Alexander J.B. Zehnder**
- Ad-hoc-Arbeitsgruppe «DDT im Lago Maggiore», **Stephan Müller**
- Ad-hoc-Arbeitsgruppe im Rahmen der Pariskommission zum Thema der Eutrophierung im Nordost-Atlantik, **René Gächter**
- Advisory Committee of Global Applied Research Network (GARNET), Member **Roland Schertenleib**
- Aguasan, Schweiz. Koordinationsgruppe im Bereich Wasserversorgung und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern, Mitglieder

Roland Schertenleib, Martin Strauss, Martin Wegelin, Christian Zurbrügg

- Arbeitsgemeinschaft «Material- und Energieflussrechnung» (Deutschland), Mitglied **Susanne Kytzia**
- Arbeitsgemeinschaft «Renaturierung des Hochrheins», Mitglied **Jürg Bloesch**
- Arbeitsgemeinschaft zum Schutz der Aare ASA, Vizepräsident **Jürg Bloesch**
- Arbeitsgruppe «Forschungspolitische Früherkennung» des Schweiz. Wissenschaftsrates, **Joan S. Davis**
- Arbeitsgruppe «Ökostromlabel», Energie 2000, Bundesamt für Energie, Mitglied **Bernhard Truffer**
- Arbeitsgruppe «Umwelttoxikologie Zürich», Mitglied **Karl Fent**
- Arbeitsgruppe Microbial Physiology, European Federation for Biotechnology, Delegierter der SGM, Working Party, Mitglied, Schweizer Delegierter der Schweiz. Gesellschaft für Mikrobiologie, **Thomas Egli**
- Arbeitsgruppe Modulkonzept Seen (BUWAL/EAWAG/Gewässerschutzamt des Kantons Bern/Wasserversorgung Zürich), Mitglieder **René Gächter, Beat Müller, Rudolf Müller, Stephan Müller**
- Arbeitsgruppe Modulkonzept Seen (BUWAL/EAWAG/Gewässerschutzamt des Kantons Bern/Wasserversorgung Zürich): Fachgruppe «Litoral», Vorsitzender **Hans Rudolf Bürgi**
- Arbeitsgruppen für die Projektevaluationen der städtischen Kläranlagen Bern und Luzern, **Hansruedi Siegrist**
- Arbeitskreis Chemikalienbewertung, Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie, Gesellschaft Deutscher Chemiker, Mitglied **Stefan Haderlein**
- AWWA Research Foundation «Emerging Technology Group», **Markus Boller**
- Beauftragter für das Bauwesen Forschungsanstalten EMPA/EAWAG/WSL/PSI, Vorsitz Chefkonferenz, **Hans Wasmer**
- Begleitkommission Sondermülldeponie Kölliken, Mitglied **Hans Wasmer**
- Benthosbiologische Beurteilung der Fliessgewässer (Stufe F); Erarbeitung der Methode, EMPA/EAWAG, **Andreas Frutiger**
- Board of Directors of SPG (Sustainable Performance Group), Member **Alexander J.B. Zehnder**
- Bundesamt für Gesundheitswesen, Subkommission 8 «Trinkwasser» für das Lebensmittelbuch, Vorsitz **Jürg Zobrist**
- Bundesamt für Landwirtschaft, Projektgruppe «Evaluation der Ökomassnahmen», **Stephan Müller**
- BUWAL/Schweiz. Gesellschaft für Hydrogeologie: Arbeitsgruppe «Wegleitung zur Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen und Zuströmbereichen», Mitglied **Eduard Hoehn**
- BUWAL-Arbeitsgruppe «Abschätzung der konkreten Gefahr gem. Altlasten-Verordnung mittels TRANSSIM»; Mitglied **Stefan Haderlein**
- BUWAL-Arbeitsgruppe: «Abfallentsorgung in Zementwerken», Revisionskommission, Mitglied **Thomas Lichtensteiger**
- BUWAL-Arbeitsgruppe: «Endokrine Effekte», Mitglieder **Karl Fent, Walter Giger, Patricia Holm**
- BUWAL-Arbeitsgruppe: «Halogenierte Essigsäuren in der Schweiz», Mitglied **Stephan Müller**
- BUWAL-Arbeitsgruppe: «Kormoran und Fische», Mitglied **Rudolf Müller**
- BUWAL-Arbeitsgruppe: «Ökologische Kriterien mineralischer Baustoffe», Mitglied **Thomas Lichtensteiger**
- BUWAL-Arbeitsgruppe: «TVA-Revision», Mitglied **C. Annette Johnson**
- BUWAL-Fachkommission für Umwelttoxikologie, **René P. Schwarzenbach**, Vertretung von René Schwarzenbach bis April 1999 **Beate Escher**
- BUWAL/EAWAG Task Force Modul-Stufenkonzept Zustandsbeur-

- teilung der Fliessgewässer, Mitglieder **Andreas Frutiger**, **Barbara Känel**
- Comité Européen de Normalisation/Technical Committee CEN/TC 230, Work Group 2, task group 5 (Water Body Characteristics) and task group 3 (Macrophytes and Benthic Algae), associate **Barbara Känel**
 - Commission des relations internationales du CEPE (CRICEPF), **Theresa Büsser**
 - Commission informatique du Conseil des Ecoles Polytechniques Fédérales (CICEPF), Mitglied **Gabriel Piepke**
 - Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere, EAWAG-Vertreterin **Renata Behra**
 - Committee on Emerging Drinking Water Contaminants, U.S. National Academy of Sciences, Member **Walter Giger**
 - COST 67 «Chemodynamics in Porous Media», Vertreter der Schweiz **Jürg Zobrist**
 - COST 520 «Biofouling and Materials», Mitglied **Oskar Wanner**
 - Deutsche Forschungsgemeinschaft: Expertengruppe Schwerpunktprogramm Grundwasser, Mitglied **Bernhard Wehrli**
 - Deutsche Forschungsgemeinschaft: Expertengruppe Sonderforschung Uni Karlsruhe, Mitglied **Bernhard Wehrli**
 - Deutscher Verband des Gas- und Wasserfachs, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Arbeitskreis «Wasserschutzgebiete», Delegierter SVGW **Eduard Hoehn**
 - Division of Chemistry and Environment, European Federation of the Chemical Industry, Member **Walter Giger**
 - DVGW-Arbeitskreis «Partikelentfernung», Gast **Markus Boller**
 - Editorial Board of Antonie van Leeuwenhoek, Member **Alexander J.B. Zehnder**
 - Editorial Board of Aquatic Geochemistry, Member **Laura Sigg**
 - Editorial Board of Archiv für Hydrobiologie, Suppl., Member **James V. Ward**
 - Editorial Board of Biodegradation, Managing Editor **Thomas Egli**
 - Editorial Board of Biogeochemistry, Member **Alexander J.B. Zehnder**
 - Editorial Board of Journal of Contaminant Hydrology, Member **Alexander J.B. Zehnder**
 - Editorial Board of Environmental Science and Pollution Research – International, **Karl Fent**
 - Editorial Board of FEMS Microbiology Reviews, Federation of European Microbiology Societies, Member **Thomas Egli**
 - Editorial Board of GAIA, Members **Peter Baccini**, **Walter Giger**
 - Editorial Board of Regulated Rivers, Member **James V. Ward**
 - Editorial Board of Technological Innovation and Human Resources, Member **Gregor Dürrenberger**
 - Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau FAL, Zürich-Reckenholz: Begleitende Expertengruppe, Mitglied **Ueli Bundi**
 - Eidg. Heimarbeitskommission, Wissenschaftlicher Sachverständiger **Carlo C. Jaeger**
 - Eidg. Kommission für AC-Schutz (KOMAC), Arbeitsgruppe Messorganisation, **Jürg Beer**
 - Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KUEr), Mitglieder **Jürg Beer**, **Renata Behra**
 - ETH Scientific Council, Alliance For Global Sustainability, Member **James V. Ward**
 - ETH und Universität Zürich, Arbeitsgruppe «Toxikologie», Mitglied **Karl Fent**
 - ETH Zürich, Planungskommission, Mitglied **René P. Schwarzenbach**
 - ETH Zürich, Kompetenzzentrum Analytische Chemie, Board of Directors, Members **Walter Giger**, **Bernhard Wehrli**
 - ETH Zürich, Konferenz der Dozenten, Delegierter der Abteilung für Umweltnaturwissenschaften (Abt. X B), **Karl Fent**
 - ETH Zürich, Studendelegierter für den Studiengang Umweltingenieurwissenschaften am Departement Bau, Umwelt und Geomatik (D-BAUG), **Willi Gujer**
 - ETH Zürich, Unterrichtskommission Abteilung X B (Umweltnaturwissenschaften), Vorsitzender **René P. Schwarzenbach**, Mitglied **Bernhard Wehrli**
 - ETH Zürich, Wahlkommission Bodenchemie, Mitglied **Bernhard Wehrli**
 - ETH Zürich, Wahlkommission Umwelthygiene, Mitglied **Bernhard Wehrli**
 - ETH, Konzept Naturnahe Räume: Kommission für die Schulleitung, Mitglied **James V. Ward**
 - ETH-Bereich, Arbeitsgruppe Implementierung Strategische Planung, Mitglied **Walter Wagner**
 - ETH-Bereich, ERFA-Gruppe Verwertung von Wissen, Mitglied **Walter Wagner**
 - ETH-Bereich, Erfahrungsaustausch-Gruppe zur Einführung von SAP/R3, Mitglied **Gabriel Piepke**
 - ETH-Bereich, MOVE IT, Subteam Organisation der Informatik (PO98), Mitglied **Gabriel Piepke**
 - ETH-Domain, Steering Committee «Strategy Sustainability», Chairman **Alexander J.B. Zehnder**
 - European Inland Fisheries Advisory Commission of FAO/EIFAC: Arbeitsgruppe «Habitat – Fish», **Armin Peter**
 - European Inland Fisheries Advisory Commission of FAO/EIFAC: Sub-Commission III «Protection of the Aquatic Resource», Chairman **Rudolf Müller**
 - European Network of Fresh Water Research Organizations EurAqua, Mitglied **Walter Wagner**
 - European Photochemistry Association, Executive Committee, **Silvio Canonica**
 - European Pollen Database (EPD), Member of the Steering Committee, **André F. Lotter**
 - European Science Foundation (ESF): European Lake Drilling Project (ELDP), Member of the Steering Committee, **Michael Sturm**
 - European Society for Quantum Solar Energy Conversion (ESQSEC), Scientific Board, **Barbara Sulzberger**
 - Expertengremium «Wirkungsbezogene Verfahren zur Gewässerbewertung» im Hauptausschuss II der Fachgruppe Wasserchemie der GDCh, Mitglied **Rik I.L. Eggen**
 - Expertengruppe Gesamtsynthese des Schwerpunktprogrammes Umwelt des Schweizer Nationalfonds, **Claudia Pahl-Wostl**
 - Expertengruppe Ozon des Schweizerischen Vereins für das Gas- und Wasserfach (SVGW), Mitglied **Urs von Gunten**
 - Expertengruppe Umweltradioaktivität des Bundesamtes für Gesundheitswesen BAG, **Jürg Beer**
 - External Science Advisory Panel, «The Long-range Research Initiative» of the European Chemical Industry Council (CEFIC), Chairman **Alexander J.B. Zehnder**
 - Fachausschuss «Oxidationsmittel in der Wasseraufbereitung» des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Mitglied **Urs von Gunten**
 - Fachstelle für Sekundärrohstoffe (Schweizerische Studiengesellschaft für mineralische Rohstoffe), Mitglied **Thomas Lichtensteiger**
 - Geochemical Society: Nominations committee, Member **Bernhard Wehrli**
 - Global Collaborative Council for Water Supply and Sanitation CCWSS, Member **Roland Schertenleib**
 - Global Collaborative Council for Water Supply and Sanitation CCWSS: Working Group «Environmental Sanitation», Chairman **Roland Schertenleib**
 - Gruppierung Gewässer- und Umweltschutzlaboratorien der Kantone, EAWAG-Vertreter **Michael Berg**

- Hydrologischer Atlas der Schweiz, Atlaskommission, Mitglied **Hans Wasmer**
- IAWQ Internat. Association on Water Quality: Joint Group on Solids Separation, Organizing Committee, Member **Markus Boller**
- IAWQ/IAHR: Specialist Group on Urban Storm Drainage: Urban Rainfall, **Rolf Fankhauser**
- IAWQ: Biofilm Specialist Group, Mitglied **Oskar Wanner**
- IAWQPRC: Governing Board, **Willi Gujer**
- IAWQPRC: Task Group on Mathematical Modelling for Design and Operation of Biological Wastewater Treatment, **Willi Gujer**
- IAWQPRC: Technical and Scientific Committee, **Willi Gujer**
- ICOM (International Committee on Microbial Ecology): Executive Committee, Member **Alexander J.B. Zehnder**
- Informations- und Koordinationsorgan Umweltbeobachtung (IKUB) des EDI, Mitglied **Jürg Zobrist**
- Internat. Advisory Board und Aufsichtsrat des Wuppertal-Instituts, **Joan S. Davis**
- Internat. Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD), Präsident **Jürg Bloesch**
- Internat. Association for Sediment Water Science (IAWS), Member Board of Directors **Jürg Bloesch**
- Internat. Association of Hydrological Sciences, Internat. Commission on Groundwater (ICGW), Secretary **Eduard Hoehn**
- Internat. Association on Water Quality IAWQ: Specialist Group on Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse, Member **Martin Strauss**
- Internat. GAP Committee (Working group for aquatic primary productivity of SIL and INTECOL), Mitglied **Peter Bossard**
- Internat. Geosphere-Biosphere Programme, Mitglied Landeskomitee Schweiz **Jürg Beer**
- Internat. Gewässerschutzkommission für den Bodensee: Arbeitsgruppe «See», Sachverständige **Heinrich Bühler, Hans Rudolf Bürgi**
- Internat. Gewässerschutzkommission für den Bodensee: Arbeitsgruppe «Umland», Sachverständiger **Heinrich Bühler**
- Internat. Gewässerschutzkommission für den Bodensee: Ökotoxikologie, Mitglied **Karl Fent**
- Internat. Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigungen: Arbeitsgruppe «Gewässerqualität», Mitglied **Laura Sigg**
- Internat. Vereinigung für Limnologie (IVL-SIL), Landesvertreter der Schweiz **Jürg Bloesch**
- ISCB Task Force zur Planung und Festlegung einer neuen Zusammenarbeit zwischen Indien und der Schweiz im Forschungsbereich Biotechnologie, Konsulent **Rik I.L. Eggen**
- IWA Task Group on River Water Quality Modelling, Member **Peter Reichert**
- IWSA Research Committee, **Markus Boller**
- Journal of Paleolimnology, Associate Editor **André F. Lotter**
- Kantonale Einführungskurskommission für Chemielaboranten-Lehrlinge, Mitglied **Max Reutlinger**
- Kantonale Prüfungskommission der Lehrlinge des Laborantenberufes, Präsident **Max Reutlinger**
- Kommission «Biochemische Arbeitsmethoden» der Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft deutscher Chemiker, Mitglied **Hans-Peter E. Kohler**
- Kommission für Angewandte Mikrobiologie der Schweiz. Gesellschaft für Mikrobiologie, Mitglied **Thomas Egli**
- Kommission für die nukleare Entsorgung (KNE) des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Mitglied **Rolf Kipfer**
- Kommission für Generelle Entwässerungsplanung der Stadt Prag, Mitglied **Vladimir Krejci**
- Kommission für Gesundheitswesen und Umweltschutz Dübendorf, Mitglied **Michael Berg**
- Kommission für Umweltwissenschaften der Schweiz. Hochschulkonferenz, Vertreter der ETHZ **René P. Schwarzenbach**
- Kompetenzverbund Risiko und Sicherheitswissenschaft KOVERS, Geschäftsleitender Ausschuss, Mitglied **Hans Wasmer**
- Koordinierungsgremium des Hauptausschusses II «Stoffe und Gewässergüte» der Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft deutscher Chemiker, Mitglied **Rik I.L. Eggen**
- KVA Linthgebiet, Baukommission, Experte **Hans Wasmer**
- Leitungsausschuss für Technologiefolgeabschätzung des Schweiz. Wissenschaftsrates, Mitglied **Peter Baccini**
- LHG Landeshydrologie und -geologie, Gruppe «Isotope und Umwelt», Mitglied **Jürg Beer**
- LHG Landeshydrologie und -geologie, Gruppe für operationelle Hydrologie, Mitglieder **Joan S. Davis, Eduard Hoehn**
- LHG Landeshydrologie und Geologie, Gruppe für operationelle Hydrologie: Arbeitsgruppe Feststoffbeobachtung, Mitglied **Michael Sturm**
- Max-Planck-Institut für Limnologie, Plön, Deutschland, Wissenschaftlicher Beirat, Mitglied **James V. Ward**
- Nachhaltige land- und forstwirtschaftliche Produktion im schweizerischen Mittelland am Beispiel des Wassereinzugsgebiets Greifensee (Greifensee-Projekt), Mitglied des Projektausschusses **Stephan Müller**
- NADUF Nationales Programm für die analytische Daueruntersuchung von Fließgewässern, Mitglieder **Adrian Ammann, Joan S. Davis, Laura Sigg, Jürg Zobrist**
- Nationale Arbeitsgruppe Wegleitung Grundwasserschutz, Mitglied **Jürg Zobrist**
- Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft, Sektion «Analytische Chemie», Vorstandsmitglied **Walter Giger**
- OECD: Direction de l'environnement. Division de l'Hygiène et de la Sécurité de l'Environnement, Experte für aquatische Ökotoxikologie **Herbert Güttinger**
- OECD: Working group «Molecular technologies for safe drinking water», Members **Thomas Egli, Wolfgang Köster**
- OECD-Experte, «Endocrine Disrupters», Consultation on Testing of Endocrine Disrupters in Fish, Schweizer Delegierter **Karl Fent**
- Österreichische Akademie der Wissenschaften, Kuratorium Limnologie, Mitglied **James V. Ward**
- Otto-Jaag-Gewässerschutzpreis, Mitglied der Jury **James V. Ward**
- ÖWAV, Fachgruppe Abfallwirtschaft, Ausschuss «Deponien im Festgestein», Mitglied **Eduard Hoehn**
- PAGES PEP III, Swiss representative **André F. Lotter**
- Projektrat des Umweltforschungsprogramms «Baden-Württemberg Projekträgerchaft Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung» (BWPLUS), Stuttgart, Deutschland, Mitglied **Karl Fent**
- PUSCH Stiftung Praktischer Umweltschutz Schweiz, Stiftungsrat und Fachausschuss, Mitglied **Thomas Lichtensteiger**
- Rheinaubund, Co-Präsident **Jürg Bloesch**
- Russian Academy of Science – Siberian Branch (RAS-SB) and National Science Foundation of Switzerland (SNF): Baikal International Center of Ecological Research (BICER), Delegate **Michael Sturm**
- SANW Schweiz. Akademie für Naturwissenschaften: Ausschuss des GeoForums CH, Mitglied **Michael Sturm**
- SANW Schweiz. Akademie für Naturwissenschaften: Kommission für Ozeanographie und Limnologie, Mitglied **Michael Sturm**
- SANW Schweiz. Akademie für Naturwissenschaften: Permafrost-Koordinationsgruppe, Mitglied **Eduard Hoehn**
- SANW Schweiz. Akademie für Naturwissenschaften: Redaktionskomitee der Zeitschrift «Aquatic Sciences», Chefredaktor **Peter Bossard**, Mitglieder **Heinrich Bühler, Hans Rudolf Bürgi, René Gächter, Tom Gonser, Rudolf Müller, Michael Sturm, Bernhard Wehrli**

- Schweiz. Gruppe für Massenspektrometrie, Vorstandsmitglied
Marc Suter
- Schweiz. Hydrologische Kommission, **Alfred Wüest**
- Schweiz. Kommission für Forschungspartnerschaft mit Entwicklungsländern, Mitglied ad personam **Roland Schertenleib**
- Schweiz. Normenvereinigung, IBN/TK Nr. 107 «Wasserbeschaffenheit», Vorsitz **Jürg Zobrist**, Expertin **Renata Behra**
- Schweiz. Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW, Kommission für Wasserfragen, Mitglied **Markus Boller**
- Schweiz. Vereinigung für Gewässerschutz und Lufthygiene VGL, Geschäftsleitender Ausschuss, Präsident **Ueli Bundi**
- Scientific Advisory Committee of Rhône-Poulenc S.A., Member **Alexander J.B. Zehnder**
- SCOPE project on groundwater contamination, Co-chairman **Alexander J.B. Zehnder**
- Senate Hermann-von-Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, Mitglied **Alexander J.B. Zehnder**
- SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Kommission für Grundsatzfragen, Mitglied **Thomas Lichtensteiger**
- SIGA/ASS Schweiz. Interessengemeinschaft für Abfallverminderung/Aktion Saubere Schweiz, Stiftungsrat, Mitglieder **Ueli Bundi**, **Thomas Lichtensteiger**
- Stadtentwässerung Zürich: Arbeitsgruppe «Optimierung Kläranlagenbetrieb», **Hansruedi Siegrist**
- Stiftung für Kunststoffintegration, Stiftungsrat, Präsident **Hans Wasmer**
- Strukturkommission «Umweltforschung» des Wissenschaftlichen Beirats der GSF München, **René Gächter**
- Technisch-Wissenschaftliche Arbeitsgruppe Seesanie rung Kantone LU und AG, Mitglied **Bernhard Wehrli**
- Technisch-wissenschaftliche Arbeitsgruppe zur Sanierung der Mittellandseen TWA (Baldeggersee, Sempachersee, Hallwilersee), **René Gächter**, **Alfred Wüest**
- UNESCO Internat. Geological Correlation Program, IGCP 374: Paleoclimatology and Paleooceanography from Laminated Sediments, **André F. Lotter**
- Upper Mississippi River Long-Term Research Program, Advisory Board, Member **James V. Ward**
- VSA – Verband Schweiz. Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Vorstandsmitglied **Willi Gujer**
- VSA-Arbeitsgruppe «Genereller Entwässerungsplan GEP-Zustandsbericht Fliessgewässer»; Erarbeitung der Methode, **Andreas Frutiger**
- VSA-Kommission «Abfallwirtschaft», Mitglied **C. Annette Johnson**
- VSA-Kommission «Chemie und Ökologie», Mitglied **Urs Uehlinger**
- VSA-Kommission «Datenstruktur Siedlungsentwässerung», **Daniel Bernasconi**
- VSA-Kommission «Ganzheitlicher Gewässerschutz», Mitglied **Tove Larsen**
- VSA-Kommission «Genereller Entwässerungsplan GEP», Mitglied **Vladimir Krejci**
- VSA-Kommission «Kleinkläranlagen», **Markus Boller**
- VSA-Kommission «Messtechnik in der Siedlungsentwässerung», **Hansruedi Siegrist**
- VSA-Kommission «Optimierung Siedlungsentwässerung», **Hansruedi Siegrist**
- VSA-Kommission «Regenwasserentsorgung», **Markus Boller**
- VSS: Subkommission «Strassenentwässerung», **Markus Boller**
- WasteNet, Swiss Forum for Resource Management, Mitglied **Christian Zurbrugg**
- Wissenschaftlicher Beirat des Forschungszentrums Karlsruhe, Mitglied **Peter Baccini**
- Wissenschaftlicher Beirat des Institutes für Gewässerökologie und

Binnenfischerei (IGB) im Forschungsverbund Berlin e.V., Berlin, Deutschland, Mitglied **Karl Fent**

- Wissenschaftlicher Beirat des Umweltforschungszentrums, Leipzig UFZ, **René P.Schwarzenbach**

Diplomarbeiten, Dissertationen, Habilitationen

Diplomarbeiten

Babtiste, Simone M.J.H.

An evaluation of leaf litter decomposition as a tool for assessing the impact of water abstraction on river integrity (IHE Delft, Niederlande)

Bärlocher, Kathrin und Henzi, Markus

Systemanalyse der PET-Flaschen-Bewirtschaftung (ETHZ)

Brechbühl, Daniel

Kläranlagen bei Regenwetter (ETHZ)

Brombacher, Eva

Construction of reporter vectors and steps towards development of a fish cell reporter gene assay to assess estrogenic compounds (Universität Zürich)

Estermann, Andreas

Modellierung biochemischer Prozesse im Vierwaldstättersee (ETHZ)

Fischer, Patrick

Dynamische Habitatsbenützung von Fischen in einer Flussaue des Brenno, Kt. Tessin (ETHZ)

Frei, Martin

Entwicklung und erster Feldeinsatz einer neuen massenspektrometrischen Methode zur Echtzeitbestimmung der Hauptgaskomponenten in Bodenluft (ETHZ)

Gasser, Thomas

Sauerstoffströme und Abbauleistung in der Kanalisation (ETHZ)

Giezendanner, Jörg

Regionale Entwässerungsplanung Suot Funtauna Merla (ETHZ)

Grüniger, Brigitte und Huber, Philipp

Erweiterung der Kläranlage ARA Wolfhausen (ETHZ)

Hartmann, Christoph und Gähwiler, Samuel

Stoffflussanalyse einer Pilotanlage und Abschätzung des Ressourceneinsatzes (ETHZ)

Holliger, Urs

DOC-Adsorption an Eisenhydroxid (ETHZ)

Huber, Marc

Vergleichende Evaluation der Reaktivität von Eisenmineralien anhand der reduktiven Dehalogenierung von Hexachlorethan (ETHZ)

Jaeger, Christian

Cytochrom P450 1A – Induktionspotential in Sedimenten einer Strassenabwasserreinigungsanlage (ETHZ)

Kaiser, Jochen

Untersuchungen zu den Oberflächen-Abfluss-Modellen der Simulationsprogramme «MOUSE» und «HYSTEM» (ETHZ)

Keller, Barbara

Struktur und Zoobenthosdiversität von zwei Schwemmebenen im Oberlauf des Tagliamento-Flusses im Friaul (Italien) (ETHZ)

Ketterer, Sonja

Die Laufkäferzönosen der Uferbereiche des Tagliamento (Friaul, Italien) (ETHZ)

Kilga, Martin

Strassenbürtige Abfälle (ETHZ)

Kleinert, Peter

Benzin-Wasser-Verteilung von ausgewählten Treibstoff-Additiven und -Inhaltsstoffen (ETHZ)

Kohn, Tamar

Abbau von Schadstoffen in Wasser: der Beitrag des Carbonat-Radikals (ETHZ)

König, Christof

Einflüsse auf den Sauerstoffhaushalt der Glatt (ETHZ)

König, Franziska

Dynamics of multigene expression during catabolic adaption of *Ralstonia eutropha* JMP 134 (pJP4) to the herbicide 2,4 D (ETHZ)

Lambert, Henri

Biodégradation de la choline: Un composé naturel parent des ammoniums quaternaires utilisés comme surfactant (EPFL)

Morel, Dominique

Wasserversorgung der Korporation Pfäffikon (SZ): Einführung eines Umweltmanagementsystems (ETHZ)

Münster, Martina

Nitrifikation anthropogener Nährstoffe (ANS) (Univ. Kaiserslautern, Deutschland/ETHZ)

Neumann, Marc und Ort, Christoph

Einfluss der räumlichen Niederschlagsvariabilität auf die Beurteilung eines Kanalisationssystems (ETHZ)

Oschwald, Lydia

Einfluss von Wasserentnahmen aus Fließgewässern auf die Struktur laubassoziiierter mikrobieller Lebensgemeinschaften (Universität Freiburg i.Br., Deutschland)

Pesaro, Manuel

Charakterisierung eines Promoters involviert in oxidativen Stress aus *Chlamydomonas reinhardtii* (ETHZ)

Pillonel, Laurent

Entwicklung spurenanalytischer Methoden zur Quantifizierung des Biozides Triclosan in natürlichen Gewässern sowie in Sedimenten, Abwasser und Klärschlamm (ETHZ)

Prasch, Andreas

Determination of the speciation of nickel in freshwater with ligand exchange and voltammetric determination (Fachhochschule Isny, Deutschland)

Reilstab, Christian

Einfluss der Nahrungskonzentration auf Wachstum und Mortalität der Kleinfelchenlarven (*Coregonus* sp.) im reoligotrophierten Vierwaldstättersee (ETHZ)

Roos, Maria

Effects of triphenyltin on the predator-prey relationship between larval dragonflies and *Rana temporaria* tadpoles (Universität Zürich)

Schmon, Stefan und Tarnowski, Harald

Modellierung des Wasserverbrauchs in Haushaltungen (ETHZ)

Schneider, Christian

Die Kinetik der Konkurrenz zwischen *E. coli* und *C. heintzii* im Chemostaten (ETHZ)

Schwarz, Martin

Evaluation der Festphasenmikroextraktion (Solid Phase Microextraction, SPME) für umweltrelevante Substanzklassen – pH-Abhängigkeit der SPME von chlorierten Phenolen (ETHZ)

Spengler, Arik

Identification of functional regions of the gpxh promoter involved in the oxidative stress response in *Chlamydomonas reinhardtii* (ETHZ)

Steiner, Oliver

Strömungs- und Transportmodellierung eines kontaminierten Grundwasserträgers in Grenchen, Kanton Solothurn (ETHZ)

Stettler, Cornelia

17 β -estradiol dependent expression of estrogen-responsive luciferase in RTG-2 and PLHC-1 cell lines co-transfected with estrogen receptor (ETHZ)

Suter, Christoph

Ökobilanzierung «grüner» Stromprodukte in liberalisierten Märkten (ETHZ)

Vollenweider, Stefan

Ökologische Bewertung und Zertifizierung von kleinen Wasserkraftanlagen – Grundlagen und Verfahrenskonzept (ETHZ)

Weilenmann, Katrin

Construction of stable single copy *lacZ* fusions in *Escherichia coli* for the identification of the genetically programmed response to catechol (Universität Zürich)

Widmer, Petra

Fischökologische Analysen des revitalisierten Giessens bei Altdorf (ETHZ)

Wiegand, Carlo

Grundlagen für eine Ökozertifizierung von grossen Laufkraftwerken (ETHZ)

Wunnerlich, Philipp

Öko-Effizienz innerhalb der Sarna-Gruppe (ETHZ)

Dissertationen

Balmer, Marianne E.

Light-induced transformation of pesticides in soils – some fundamental studies in laboratory systems. ETHZ No. 13 302, [Zürich]. 1999 [2686]

Bernasconi, Daniel

Rahmenkonzept zur Gestaltung eines Datenmanagementsystems Siedlungsentwässerung. ETHZ Nr. 12 963, [Zürich] 1999. [2629]

Beyerle, Urs

Groundwater dynamics, paleoclimate and noble gases. ETHZ No. 13 078, Zürich 1999. [2662]

Buerge, Ignaz

Influence of pH, organic ligands, and mineral surfaces on the reduction of chromium(VI) by iron(III). ETHZ No. 13 139, Zürich 1999. [2631]

Emmenegger, Lukas

Light-induced redox cycling of iron in lakes. ETHZ No. 13 273, Zürich 1999. [2685]

Hofstetter, Thomas B.

Reduction of polynitroaromatic compounds by reduced iron species – coupling biogeochemical processes with pollutant transformation. ETHZ No. 13 140, Zürich 1999. [2612]

Jancarkova, Ivana

Dynamics of the nitrogen transformation in a shallow stream. ETHZ No. 13 098, Zürich 1999. [2663]

Müller, Daniel Beat

Modellierung, Simulation und Bewertung des regionalen Holzhaus-haltes. Untersuchung zur Wald- und Holzwirtschaft in einer nachhaltigen Regionalentwicklung. ETHZ Nr. 12 990, [Zürich] 1998. [2585]

Nay, Michael

Transformation of hydrocarbons in an artificial leachate pollution plume under defined redox conditions. ETHZ No. 13 201, Zürich 1999. [2632]

Real, Markus Georg

A methodology for evaluating the metabolism in the large scale introduction of renewable energy systems. ETHZ No. 12 937, [Zürich] 1998. [2581]

Redle, Michael

Kies- und Energiehaushalt urbaner Regionen in Abhängigkeit der Siedlungsentwicklung. ETHZ Nr. 13 108, Zürich 1999. [2630]

Riediker, Sonja

Benzene and naphthalenesulfonates in landfill leachates and contaminated groundwaters. ETHZ No. 12 974, Zürich 1999. [2584]

Schweigert, Nina

Modes of action and toxicity of (chloro)catechol/copper combinations. ETHZ No. 13 353, [Zürich] 1999.

Schweizer, Christa R.

Calciumsilikathydrat-Mineralien. Lösungskinetik und ihr Einfluss auf das Auswaschverhalten von Substanzen aus einer Ablagerung mit

Rückständen aus Müllverbrennungsanlagen. ETHZ Nr. 13 074, [Zürich und Dübendorf] 1999. [2611]

Simoni, Stefano

Factors affecting bacterial transport and substrate mass transfer in model aquifers. ETHZ No. 13 232, [Zürich] 1999. [2684]

Stemmler, Konrad

Kinetics and mechanisms of the hydroxyl radical initiated oxidation of oxygenated volatile organic compounds under simulated tropospheric conditions. ETHZ No. 12 918, [Zürich] 1998. [2582]

Wagner, Gerhard

Die kosmogenen Radionuklide ^{10}Be und ^{36}Cl im Summit-GRIP-Eisbohrkern. ETHZ Nr. 12 864, [Zürich] 1998. [2610]

Witschel, Margarete

Biochemical and physiological characterisation of a bacterial isolate able to grow with EDTA and other aminopolycarboxylic acids. ETHZ No. 12 967, Zürich 1999. [2583]

Zika, Ulrike

Factors affecting settlement and post-settlement processes in littoral marine fishes, focusing on *Aidablennius sphyinx*. ETHZ No. 13 241, Zürich 1999.

Zollhöfer, Jens M.

Spring habitats in northern Switzerland: habitat heterogeneity, zoobenthic communities, and colonization dynamics. ETHZ No. 13 209, Zürich 1999. [2633]

Habilitationen

Holm, Patricia

Ökologie (Universität Bern)



Eine Forschungsanstalt
des ETH-Bereichs

Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf
Telefon 01-823 55 11
Telefax 01-823 50 28