

EAWAG Jahresbericht 2002

Report

Author(s):

EAWAG, Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung Abwasserreinigung und Gewässerschutz

Publication date:

2003

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000298851>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

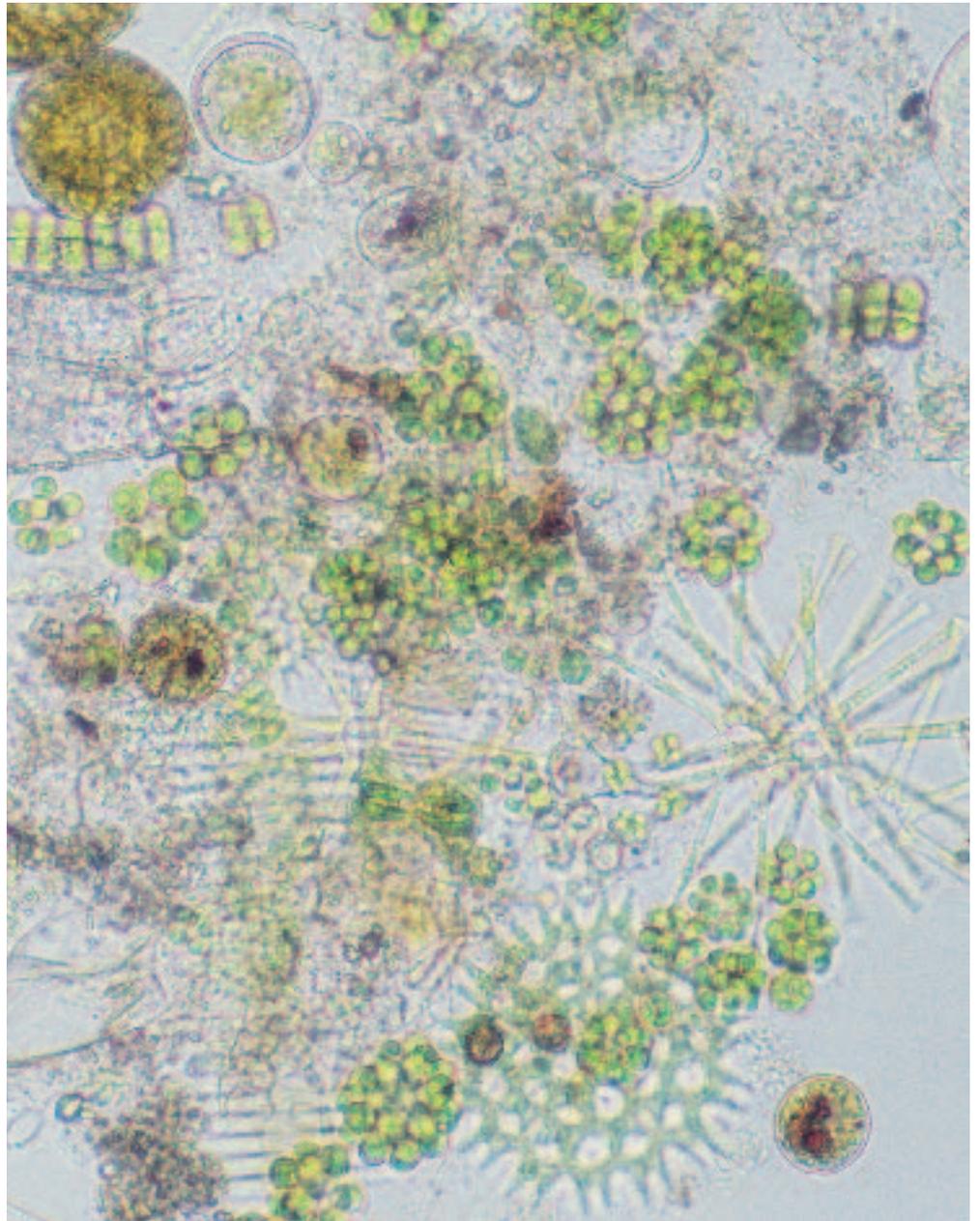
Originally published in:

EAWAG Jahresbericht



EAWAG

Eine Forschungsanstalt
des ETH-Bereichs



Jahresbericht 2002

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



Eine Forschungsanstalt
des ETH-Bereichs

Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf
Telefon 01 823 55 11
Telefax 01 823 50 28

Einleitung	1
James Vernon Ward – eine Nachbetrachtung	3
Portrait 2002 der EAWAG	6
LEITARTIKEL	
Veränderung der Biodiversität und der Ausgewogenheit des Planktons in Schweizer Seen in den letzten Jahrzehnten	10
KURZBEITRÄGE AUS DEN TÄTIGKEITSBEREICHEN DER EAWAG	
Weiterbildung	17
Umweltechnologie	20
Verhalten von Stoffen in der Umwelt	32
Ökosystemforschung	49
Umwelt und Gesellschaft	65
EAWAG - INTERN	
Organigramm	74
Beratende Kommission 2002	76
Umweltschutz an der EAWAG	77
Zusammenarbeit EAWAG–Technische Universität Prag (2001–2002)	79
Lust auf Russland oder Biogeochemie am Polarkreis	80
Aus dem Personal	81
Ressourcen	83
ANHANG	
Kurse und Fachtagungen der EAWAG	86
Lehrveranstaltungen	87
Wissenschaftliche Publikationen	89
Tätigkeit in Kommissionen, Arbeitsgruppen etc.	101
Abgeschlossene Diplomarbeiten, Dissertationen und Habilitationen	105

Impressum

Herausgeberin

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

Redaktion

Rudolf Koblet, Martina Bauchrowitz, Yvonne Uhlig,
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 75

WWW-Adresse

<http://www.eawag.ch>

E-Mail-Adresse

rudolf.koblet@eawag.ch

Legende zum Titelbild

Planktonprobe aus dem Greifensee. (Foto: EAWAG)



Einleitung

Liebe Leserinnen, liebe Leser

Die Frage der Gleichstellung hat uns an der EAWAG in den letzten Jahren immer wieder beschäftigt. Rein theoretisch sind alle mit der Gleichstellung von Mann und Frau im Beruf einverstanden. Bei der Umsetzung im täglichen Leben hapert es aber sehr oft. Dies ist auch an der EAWAG nicht anders. Um mehr Klarheit zu erhalten, wo bei uns genau die Probleme liegen, und ob bei uns die Wahrnehmungen der weiblichen und männlichen Mitarbeitenden auseinander gehen, haben wir eine Beratungsfirma beauftragt, diese Fragen zu untersuchen. Die Produkte der Analyse sollten sein: «Erstens eine Ist-Zustandsanalyse und zweitens die Identifikation von Bereichen, bei denen konkrete Veränderungen nötig sind.» Aus einer Reihe von in- und ausländischen Anbietern haben wir dafür die Firma «EQuality-Agentur Gender Mainstreaming» beauftragt, diese Fragen zu untersuchen. Die Analyse hat zu einigen interessanten Feststellungen geführt.

Die harten Faktoren wie technische Ausrüstung, wissenschaftliches Umfeld oder Unterstützung durch Kollegen und Kolleginnen werden von den Frauen und Männern mit nur kleinen Nuancen gleich beurteilt. Sie sind mit dem Umfeld und der Infrastruktur hier an der EAWAG zufrieden. Gewisse Bedenken wurden geäußert, ob beim heutigen sehr hohen Arbeitsdruck die Erholungszeit noch genügt. Bei den weichen Faktoren lagen die Umfrageergebnisse zwischen Männern und Frauen – zu meiner eigenen Überraschung – teilweise sehr weit auseinander. Die wissenschaftlich tätigen Frauen finden, dass ihr Lohn nicht wirklich ihren Leistungen entspricht und ihre Kenntnisse und Leistungen kaum in die Entscheidungen der EAWAG einbezogen werden. Sie fühlen sich jedoch als Personen respektiert und ziemlich gerecht behandelt. Laborantinnen und administrative Supporterinnen haben den Eindruck, dass die EAWAG ihre beruflichen Ambitionen nicht genügend unterstütze. Die wissenschaftlich tätigen Männer artikulieren weniger Zweifel als ihre Kolleginnen und finden, ihr Lohn entspreche ihren Leistungen. Männer in technischen und administrativen Berufen sehen die Unterstützung für ihre beruflichen Ambitionen weit positiver als ihre Kolleginnen, beim Lohn sind sie jedoch kritischer eingestellt. Die Frauen setzen ein gros-

ses Fragezeichen bezüglich ihrer Vertretung in der Führung. Die Männer teilen die Sicht ihrer Kolleginnen, halten die Situation aber für weniger dramatisch.

Wir an der EAWAG haben uns schon immer für den Grundsatz «gleicher Lohn für gleiche Arbeit» eingesetzt und uns in den letzten 10 Jahren grosse Mühe gegeben, diesen Grundsatz bei der EAWAG auch umzusetzen. Eine kritische Analyse unseres Lohnsystems konnte die Zweifel unserer weiblichen Mitarbeiterinnen denn auch nicht bestätigen. Die viel zu geringe Vertretung der Frauen in leitenden Positionen an der EAWAG ist jedoch augenfällig. Als Fortführung der Umfrage und der Situationsanalyse haben wir allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern die Gelegenheit gegeben, an einem gemeinsamen Workshop konkrete Handlungsbereiche zur Gleichstellung zu erarbeiten. Dabei sind acht Bereiche identifiziert worden, die wir in der kommenden Zeit verbessern möchten: Lohntransparenz, Teilzeitarbeit, Kommunikationsfähigkeit, interne Wertschätzung, Transparenz bei den Karriereöglichkeiten, Frauen in Führungspositionen, eigene Sichtbarkeit nach aussen sowie Arbeitsmotivation. Mit Massnahmen in diesen Bereichen soll die EAWAG beiden Geschlechtern ein noch besseres Arbeitsumfeld bieten.

Im Oktober ist Professor James Ward altershalber von seinen Ämtern als Leiter der Limnologie und Professor für Aquatische Ökologie an der ETH Zürich zurückgetreten. Professor Ward hat die Limnologie an der EAWAG nachhaltig geprägt. Seinen Arbeiten ist zu verdanken, dass sich das Tätigkeitsgebiet der EAWAG in Richtung Fließgewässer und Flusseinzugsgebiete stark erweitert hat. Seine gesamtheitliche Betrachtungsweise von Fließgewässern war für viele andere Fachgebiete und Disziplinen innerhalb der EAWAG befruchtend. Die Direktion der EAWAG hat Professor Ward viel zu verdanken. Einbindung von Wissenschaftlern in administrative Abläufe war nicht seine Sache. Sein Credo war: «Wissenschaftler sollen mit Freude forschen, exzellente Publikationen schreiben und die Studierenden zur Selbständigkeit erziehen.» In unserer Zeit, wo von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern immer mehr Management verlangt wird, war seine strikte Haltung nicht immer einfach, aber sehr heilsam. Mit seiner klaren Linie hat er viel dazu beigetragen, die wissenschaftliche Produktivität der EAWAG noch weiter zu steigern. Eine Nachbetrachtung zum Wirken von Professor James Ward an der EAWAG finden Sie, liebe Leserinnen und Leser, auf den nächsten Seiten.

Auch in diesem Jahr konnten wir immer auf die tatkräftige und wohlwollende Unterstützung des ETH-Rates zählen. Insbesondere sein Präsident, Professor Francis Waldvogel, und sein Delegierter und Vizepräsident, 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 auseinandergesetzt. 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 Kollegen in der Geschäftsleitung danke ich sehr für die gute Zusammenarbeit bei der Wahrnehmung der Direktionsaufgaben. Ihr steter Einsatz half, eine effiziente Leitung der EAWAG aufrecht zu erhalten. Mein Dank richtet sich auch an die Leiterinnen und Leiter der Prozesse. Sie haben wiederum viel für das Funktionieren der EAWAG 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 im vergangenen Jahr bedanken. Ihre Arbeit, ihre Hingabe 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.



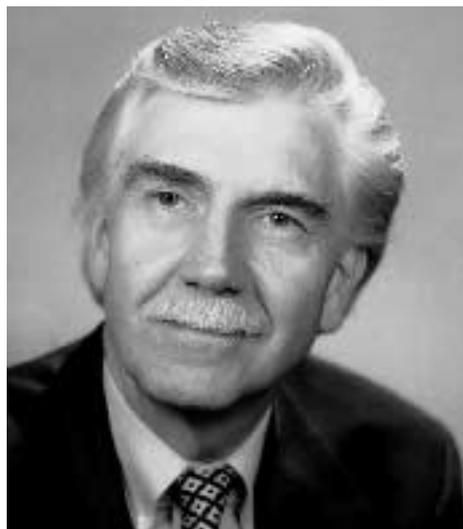
Mai 2003

Alexander J.B. Zehnder

James Vernon Ward – eine Nachbetrachtung

Klement Tockner, Christopher Robinson

James V. Ward war sieben Jahre lang, von 1995 bis 2002, Professor für Aquatische Ökologie an der ETH und Leiter der Abteilung für Limnologie an der EAWAG. Trotz dieser doch kurzen Zeit in der Schweiz hat er als Wissenschaftler und als Persönlichkeit einen nachhaltigen Eindruck hinterlassen. Seine Berufung an die ETH Zürich markierte auch einen Wendepunkt in der Forschungsrichtung der Limnologie an der EAWAG.



Ein Klischee

Stets korrekt gekleidet, sachlich, ja fast scheu im persönlichen Umgang, entsprach James Ward keineswegs dem gängigen Bild eines amerikanischen Wissenschaftlers. Es ist ein beinahe klischeehaftes Bild, das vielen in Erinnerung ist, wobei es nur ansatzweise seine Persönlichkeit widerspiegelt und den wissenschaftlichen Beitrag, den James Ward für die Limnologie im Allgemeinen und die EAWAG im Besonderen geleistet hat, ignoriert. Wir wollen im Folgenden kurz seinen wissenschaftlichen Werdegang skizzieren und seine Leistungen für die Limnologie an der EAWAG kritisch würdigen.

Biografische Anmerkungen

James V. Ward wurde 1940 in Minneapolis, Minnesota, geboren. Nach seinem Bakkalaureat an der Universität von Minnesota 1963 übersiedelte er nach Colorado, wo er 1967 sein Diplomstudium an der Universität Denver beendete und 1973 die Universität Boulder mit dem Doktorat abschloss. Ab 1974 war er Assistenzprofessor, ab 1979 Assoziierter Professor und schliesslich ab 1983 ordentlicher Professor an der staatlichen Universität von Colorado in Fort Collins. 1995 schliesslich folgte er dem Ruf an die ETHZ und die EAWAG. Seit 1. Oktober 2002 ist James Ward im Ruhestand und verbringt seinen Lebensabend in Eugene, Oregon.

Im Duett zur wissenschaftlichen Exzellenz

In die Zeit seiner Doktorarbeit fällt auch der Beginn seiner langjährigen Freundschaft mit Jack A. Stanford, seit mehr als 25 Jahren Leiter der Biologischen Station der Universität Montana am Lake Flathead. Beide arbeiteten in ihren Dissertationen an der Wirbellosenfauna von Fliess-

gewässern. Jack Stanford erforschte die Steinfliegenfauna des Einzugsgebietes des Lake Flathead und James Ward untersuchte die Insektenfauna entlang Flüssen und Bächen der Rocky Mountains. Neben dem Studium der Verteilungsmuster entlang Fliessgewässern konzentrierten sich die Arbeiten auch auf die ökologischen Auswirkungen von Staudämmen. Im Jahr 1979 veranstalteten James Ward und Jack Stanford daher gemeinsam das «First International Symposium on Regulated Rivers». Mit dieser Tagung wurde eine Serie internationaler Symposien zum Themenbereich «Ökologie regulierter Fliessgewässer» eingeleitet. Derzeit sind wir bereits bei der neunten «Regulated River»-Tagung, wobei das Management und die Revitalisierung von Fliessgewässern mehr und mehr an thematischer Bedeutung gewannen.

Das Zusammentreffen so unterschiedlicher Charaktere – Jack Stanford, ein sprühender, wenngleich teils chaotischer Geist, James Ward, der gut organisierte und zielstrebige Akademiker – hat sich für beide Seiten als sehr fruchtbar erwiesen. Das Autorenduett Ward & Stanford wurde zu einem Markenzeichen in der Fliessgewässer- und Grundwasserökologie. Das «Serielle Diskontinuitätskonzept», welches die markanten Einwirkungen von Dämmen auf das Kontinuum von Fliessgewässerorganismen beschreibt, war eine der ersten gemeinsamen Veröffentlichungen (1983), die eine sehr breite Resonanz erhielten. Mit mehr als 250 Zitierungen ist es jener gemeinsame Artikel, welcher den grössten wissenschaftlichen «Impact» erreichte. Dieses Konzept bildet heute einen fixen Bestandteil in der Fliessgewässerökologie. Mit ihrem gemeinsam veröffentlichten Artikel «The Hyporeic Habitat of River Ecosystems» in der Zeitschrift «Nature» konnten sie dann 1988 einen Meilenstein in der Limnologie setzen.

In seine Zeit in Fort Collins fallen auch die Untersuchungen zur Bedeutung der Temperatur für die Ökologie und



Evolution der Fließgewässerorganismen sowie grundlegende Überlegungen zur Bedeutung der ökologischen Vernetzung zwischen Oberflächen- und Grundwasser und zwischen Fluss und Uferzone (die «vierdimensionale Natur» der Gewässer).

James Ward hat die Limnologie der letzten Jahrzehnte mitgeprägt. Etwa 220 internationale Fachartikel, vier Bücher und die zahllosen Vorträge auf internationalen Konferenzen zeugen von einem produktiven wissenschaftlichen Lebensweg. Er war mehr als zehn Jahre lang Herausgeber der Fachzeitschrift «Regulated Rivers», er war Präsident der nordamerikanischen Benthologischen Gesellschaft (NABS), und 2001 erhielt er den von NABS vergebenen «Award of Excellence» als Anerkennung seiner Verdienste für die Fließgewässerökologie. In Würdigung seiner Grundwasserstudien wurden drei für die Wissenschaft neue Kleinkrebsarten, *Cavernocypris wardi*, *Suwallia wardi*, *Stygobromus wardi*, nach ihm benannt. Während seiner Zeit an der EAWAG war er wissenschaftlicher Beirat des Max-Planck-Instituts für Limnologie und des Instituts für Limnologie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Er begleitete drei Habilitationen und 24 Doktorarbeiten.

Zurück zu den Wurzeln

Im Jahre 1995 folgte James Ward, wie bereits erwähnt, dem Ruf an die ETH Zürich. Er war zu dieser Zeit bereits ein Kenner der klassischen und oft schwer zugänglichen europäischen wissenschaftlichen Literatur. Vielleicht war der für viele seiner amerikanischen Kollegen überraschende und fast unverständliche Wechsel ins «alte» Europa auch eine Art Rückkehr zu seinen ethnischen Wurzeln, die in York, England, zu finden sind. Nicht ohne Stolz wusste er zu berichten, dass seine Vorfahren bereits 18 Jahre nach der Landung der «Mayflower» nach

Amerika einwanderten und sich in Sudbury, Massachusetts, ansiedelten. Einer seiner unmittelbaren Vorfahren war Artimus Ward, der erste General im Revolutionskrieg, bevor George Washington das Kommando übernahm. Das Ward-Haus steht noch heute als Museum in seinem ursprünglichen Zustand erhalten in Sudbury – ein Geschenk der Familie an die Harvard-Universität.

Die Zeit an der EAWAG

Ausschlaggebend für seinen Wechsel an die ETHZ und EAWAG waren die optimalen finanziellen und infrastrukturellen Voraussetzungen, die es ermöglichten, einen verstärkt ganzheitlichen Ansatz in der Limnologie zu verfolgen. Seine Berufung als Professor an die ETHZ hat auch eine Wende in der Forschungsrichtung der Limnologie an der EAWAG eingeleitet. Die klassische, wenngleich verdienstvolle Seenlimnologie wurde weitgehend von der Fließgewässerforschung abgelöst. Die Schweiz bot auch beste Voraussetzungen für die Etablierung einer eigenständigen Hochgebirgslimnologie. Trotz der einmaligen geographischen Lage und der exzellenten Langzeitdatenbasis, etwa zur Gletscherentwicklung, gab es zu diesem Zeitpunkt keine etablierte Limnologie hochalpiner Fließgewässer in diesem Land. Die «Val-Roseg-Studie» der Abteilung für Limnologie an der EAWAG kann daher als beispielhafte interdisziplinäre Studie angesehen werden, in der die komplexen Beziehungen einer proglazialen Schwemmebene erforscht wurden. Noch in diesem Jahr wird ein Buch erscheinen, welches die Ergebnisse dieser Studie zusammenfassend darstellt.

Obwohl James Ward eher dem klassischen Typus eines empirischen Wissenschaftlers entsprach, stand er neuen Ideen doch auch aufgeschlossen gegenüber. Neben



Das Val Roseg im Oberengadin: vorne die Schwemmebene der Ova da Roseg, hinten die Berggipfel der Sellagruppe. (Foto: EAWAG)

den Untersuchungen im Val Roseg fielen daher in seine Ära auch die Erforschungen zur Bedeutung der Gewässerfragmentierung für die genetische Vielfalt von Hochgebirgsinsekten (Eintagsfliegen), die begleitenden Studien an der Spöl, um ein nachhaltiges Fließgewässermanagement durch künstliche Hochwasser zu betreiben, oder auch die Untersuchungen der Rolle von Seeausflüssen als «hot spots» der biologischen Vielfalt.

Für James Ward war es vielleicht überraschend, ja fast enttäuschend, wie intensiv die Gewässer in der Schweiz verbaut sind. Sogar die Auen von nationaler Bedeutung stellen in ihrer Ausdehnung und in ihrer Natürlichkeit nur einen schwachen Abglanz ihres ursprünglichen Zustandes dar. Um mitzuhelfen, die wissenschaftlichen Grundlagen für erfolgreiches Revitalisieren zu erarbeiten, wurde der Fiume Tagliamento im Friaul (Italien) als Referenzökosystem ausgesucht. Durch die Kooperation mit dem Geobotanischen Institut der ETHZ und mit internationalen Wissenschaftlern konnte ein wesentlicher Fortschritt zum Verständnis der Ökologie von Flusslandschaften gewonnen werden. Als Referenzökosystem von europäischer Bedeutung zierte der Tagliamento bereits die Titelseiten mehrerer internationaler Fachzeitschriften. Zugleich erhielt der expandierende Forschungszweig der Landschaftsökologie von Flüssen und Bächen mit den Untersuchungen am Tagliamento einen bedeutenden Impuls. Die Tagung «First International Symposium on Riverine Landscapes», veranstaltet am Monte Verità in Ascona 2001, stellte einen wichtigen Schritt in dieser Disziplin dar, der im kommenden Jahr in Umea (Nordschweden) seine Fortsetzung finden wird («Second International Symposium on Riverine Landscapes»).

Es ist zu einem wesentlichen Teil dem Einsatz und dem Bekanntheitsgrad von James Ward zuzuschreiben, dass



Der Tagliamento beim Verlassen des Alpenraums nahe der Stadt Gemona. (Foto: K. Tockner)

die Schweiz heute eine international viel beachtete Fließgewässerlimnologie aufzuweisen hat. Das Val Roseg und der Tagliamento sind bereits zu nationalen und internationalen «trademarks» der Abteilung für Limnologie und somit auch der EAWAG geworden. Wichtig wird es jetzt sein, diese hervorragende Stellung weiter auszubauen, nicht zuletzt weil fast im gesamten europäischen Wissenschaftsraum die Fließgewässerforschung in den letzten Jahren vernachlässigt wurde. Es bietet sich somit die einmalige Möglichkeit, an der EAWAG ein europäisches Zentrum für Fließgewässerökologie zu etablieren.

James V. Ward war über 30 Jahre lang der Wissenschaft innig verpflichtet. Sein frühzeitiger Rückzug ins Pensions- und Privatdasein kam für viele daher fast überraschend. Jetzt kann er sich verdienstvollerweise dem Fliegenfischen, der barocken Kammermusik und dem guten und zumeist europäischen Wein widmen.

Die wichtigsten Publikationen von James V. Ward

Bücher

- Ward J.V., Stanford J.A.* (Eds.) (1979): *The Ecology of Regulated Streams*. Plenum Press, New York.
- Ward J.V.* (1992): *Aquatic Insect Ecology*, Vol 1. John Wiley & Sons, New York.
- Ward J.V., Uehlinger U.* (Eds.) (in press): *Ecology of a Glacial Floodplain*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht NL.

Zeitschriftenartikel und Buchkapitel

- Ward, J.V., Stanford J.A.* (1982): Thermal Responses in the Evolutionary Ecology of Aquatic Insects. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 27, 97–117.
- Ward J.V., Stanford J.A.* (1983): The Serial Discontinuity Concept of Lotic Ecosystems. In: «Dynamics of Lotic Ecosystems», T.D. Fontaine, S.M. Bartell (Eds.). *Ann Arbor Science Publ., Ann Arbor*, pp. 29–42.
- Ward J.V.* (1986): Altitudinal Zonation in a Rocky Mountain Stream. *Arch. Hydrobiolog. Monogr.* 74, 133–199.
- Stanford J.A., Ward J.V.* (1988): The Hyporheic Habitat of River Ecosystems. *Nature* 335, 64–66.
- Ward J.V.* (1989): The Four-Dimensional Nature of Lotic Ecosystems. *J. North Amer. Benthol. Soc.* 8, 2–8.
- Poff N.L., Ward N.V.* (1989): Implications of Streamflow Variability and Predictability for Lotic Community Structure: a Regional Analysis of Streamflow Patterns. *Canad. J. Fish. Aquatic Sci.* 47, 711–718.
- Ward J.V.* (1992): A Mountain River. In: «The Rivers Handbook: Hydrological and Ecological Principles», P. Calow, G.E. Petts (Eds.). Blackwell, Oxford, pp. 493–510.
- Ward J.V.* (1994): The Ecology of Alpine Streams. *Freshwater Biol.* 32, 277–294.
- Ward J.V., Bretschko G., Brunke M., Danielopol D., Gibert J., Gosner T., Hildrew A.G.* (1998): The Boundaries of River Systems: the Metazoan Perspective. *Freshwater Biol.* 40, 531–569.
- Ward J.V., Tockner K., Schiemer F.* (1999): Biodiversity of Floodplain River Ecosystems: Ecotones and Connectivity. *Regulated Rivers: Research and Management* 15, 125–139.
- Ward J.V., Malard F., Tockner K.* (2001): Landscape Ecology: a Framework for Integrating Pattern and Process in River Corridors. *Landscape Ecology* 17, 35–45.



Infotag 2003 «Alpine Gewässer», (Foto: Tom Kawara, Zürich)

Portrait 2002 der EAWAG

Yvonne Uhlig

Neben der Forschung waren die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der EAWAG auch im Jahr 2002 wieder stark in der Lehre engagiert, übernahmen eine Vielzahl von Beratungsmandaten, suchten den Dialog mit der Öffentlichkeit und arbeiteten in vielen Kommissionen und Arbeitsgruppen mit. Ihr Engagement trägt massgeblich zum Bild der EAWAG in der Öffentlichkeit und in der Fachwelt bei. Die unten stehende Zusammenstellung gibt einen selektiven Überblick.

Im Jahr 2002 wurden an der EAWAG 39 Diplomarbeiten und 36 Dissertationen abgeschlossen. Der grösste Teil der Arbeiten wurde an der ETH Zürich eingereicht, doch steigt die Zahl der DiplomandInnen und DoktorandInnen, die von anderen Schweizer Universitäten und Fachhochschulen sowie ausländischen Institutionen an die EAWAG kommen. In referierten Zeitschriften publizierten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter 174 Artikel. Weitere 178 Beiträge erschienen als Bücher, Buchkapitel, Proceedings oder in nicht referierten Zeitschriften. Beate Escher, Kai-Uwe Goss und Urs von Gunten habilitierten an der ETH Zürich. Marco Jaspers erhielt für seine Doktorarbeit den «Otto-Jaag-Preis für Gewässerschutz»,

Nina Schweigert wurde mit dem «ALTEX-Preis 2002» der Stiftung «Fonds für versuchstierfreie Forschung» ausgezeichnet und die Universität Zürich verlieh den «Hydrobiologie-Limnologie-Preis» an Carole Enz.

Projekt Ökostrom abgeschlossen

Bei dem im Jahr 2002 abgeschlossenen Querprojekt «Ökostrom» ist ein Zertifizierungsverfahren für Wasserkraftanlagen entwickelt worden, das eine einheitliche Kennzeichnung der grünen Stromproduktion ermöglicht. Das Projekt ist in enger Zusammenarbeit mit kantonalen Behörden und Bundesstellen, mit Verbänden, Nichtregierungsorganisationen und der Elektrizitätswirtschaft abgewickelt worden. International beteiligte sich die EAWAG an 20 EU- beziehungsweise COST-Projekten, darunter auch am EU-Projekt COMPREHEND, «Community Programme of Research on Environmental Hormones and Endocrine Disruptors», das ebenfalls im Jahr 2002 zum Abschluss kam. Die im Rahmen von COMPREHEND neu entwickelten Nachweisverfahren für Umwelthormone sind eine wichtige Voraussetzung für das kürzlich gestartete Nationale Forschungsprogramm Nr. 50 «Hormonaktive Stoffe – Bedeutung für den Menschen». Insgesamt wurden 22 Projekte vom Nationalfonds unterstützt, 3 davon waren SCOPE-Projekte mit osteuropäischen Staaten.

Papierstreifentest als Patent angemeldet

Im Rahmen des «Modul-Stufen-Konzepts zur Untersuchung von Fliessgewässern» konnte der Teil «Fische» abgeschlossen und zur Vernehmlassung an die Kantone gegeben werden. Zum Nachweis von Arsen im Wasser entwickelte die EAWAG eine neue Methode, die zum Patent angemeldet wurde. Der Papierstreifentest ist billig, zuverlässig, äusserst empfindlich und für die Analytik im Feld besonders geeignet (Abbildung 1). Er funktioniert mit gentechnisch veränderten Bakterien, die bereits bei geringen Arsenkonzentrationen eine Farbreaktion auslösen. Bei insgesamt neun Vernehmlassungen des Bundes wurde die EAWAG um ihre Einschätzung gebeten; zum Beispiel zur «Änderung der Klärschlammvorschriften in der Stoffverordnung» und bei der ersten Ämterkonsultation zum Verordnungspaket des neuen Chemikalienrechtes. Mit vielen kleineren und grösseren Dienstleistungen haben EAWAG-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter dazu beigetragen, Lösungen für praktische Probleme zu finden. Dazu gehören auch der Bericht über die Entwicklung des Roten Sumpfkrebsses im Schübelweiher nach dem Einsatz von Raubfischen, die Mithilfe bei neuen Richtlinien zur Versickerung von Strassenabwässern und die Erarbeitung von Grenzwertvorschlägen für den Pestizideinsatz. Insgesamt waren die Forschenden der EAWAG in rund 220 Kommissionen und Arbeitsgruppen aktiv.

Reformen, MTBE und Totholz

Die Umsetzung der Bologna-Beschlüsse in den Studiengängen der Umweltwissenschaften an der ETH Zürich sowie die Neuorganisation des Departements Umweltwissenschaften betreffen auch die EAWAG. In der Lehre engagierte EAWAG-Angehörige haben ihre Ideen für die Neugestaltung der Studiengänge und der Departementsstruktur eingebracht. Rund um das Thema Wasser hielten VertreterInnen der EAWAG zahlreiche Vorträge und führten über 100 Lehrveranstaltungen durch. Eine der insgesamt 27 Fachtagungen, die von der EAWAG organisiert wurden, war der eintägige Workshop zum Thema «Reformen in der Siedlungswasserwirtschaft». Dabei wurde den mehr als 100 Teilnehmenden im Juni ein ungewöhnliches Format präsentiert: Statt einzelner Vorträge nahmen zwanzig Experten an drei Podiumsdiskussionen teil. Hierdurch konnten die kritischen Punkte schnell herausgearbeitet und dem Publikum optimale Beteiligungsmöglichkeiten geboten werden. In einem weiteren Workshop diskutierten internationale Experten aus Wissenschaft, Verwaltung und Wirtschaft im Dezember über aktuelle Probleme rund um den Benzinzusatzstoff MTBE (Methyl-*tert*-butylether). Ebenfalls im Dezember fand ein Symposium statt, das die immense ökologische Bedeutung von Totholz und Schwemmgut

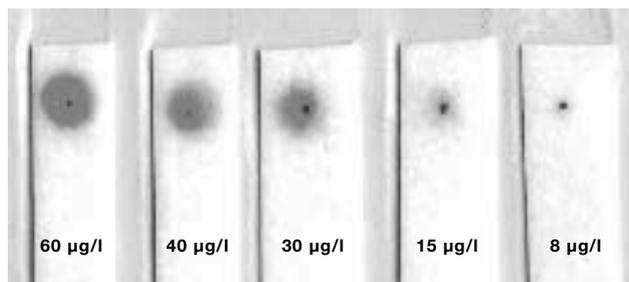


Abbildung 1: Die Blaufärbung beim Papierstreifentest lässt auf die Arsenkonzentration der untersuchten Trinkwasserprobe schliessen. Der von der WHO empfohlene Grenzwert für Arsen im Trinkwasser liegt bei 10 µg/l, in Bangladesch beträgt die gesetzlich zulässige Höchstkonzentration 50 µg/l. Im Schwarz-Weiss-Bild lässt sich dies nur unbefriedigend darstellen. (Foto: Jan Roelof van der Meer)

für Fliessgewässer beleuchtete und gemeinsam von der EAWAG und der Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie durchgeführt wurde (Abbildung 2). Alle drei Veranstaltungen stiessen auch bei den Medien auf grosses Interesse.

10 Jahre PEAK

Die praxisorientierten PEAK-Veranstaltungen wurden 2002 im zehnten Jahr durchgeführt. Sie erfreuten sich nach wie vor grosser Beliebtheit bei Fachkreisen aus Verwaltung, Privatwirtschaft, Industrie, NGO und Wissenschaft. Verschiedene Kurse wie «Fische in Schweizer Gewässern» oder «Chemische Problemstoffe» mussten angesichts der grossen Nachfrage wiederholt werden.



Totholzablagerung in einer Aue des Tagliamento. (Foto: K. Tockner)



Abbildung 3: Alfred Wüest (EAWAG) spricht im Rahmen des Infotages der EAWAG zum Thema «Alpine Wasserkraftwerke und ihre «Fernwirkung» auf talwärts liegende Gewässer». (Foto: Tom Kawara, Zürich)

Anlässlich des UNO-Jahrs der Berge widmete die EAWAG ihren Infotag dem Thema «Alpine Gewässer – Fragile Vielfalt in Bedrängnis» (Abbildungen 3 und 4). Einen beachtlichen Beitrag leistet die EAWAG in der Lehrlingsausbildung: Angeboten werden 22 Lehrstellen im Laboratorium sowie im kaufmännischen und Infor-



Abbildung 4: Bernhard Wehrli (EAWAG) beim Fazit zum Infotag vom 29. Oktober 2002. (Foto: Tom Kawara, Zürich)



Abbildung 5: Die Bürgerin Gerda Baumgartner und der EAWAG-Wissenschaftler Michael Berg stellen ihre Erfahrungen vor, die sie im Rahmen des Dialogprojektes «Runder Tisch zum Thema Wasser» gemacht haben. (Foto: Tom Kawara, Zürich)

matikbereich; sechs Lehrlinge schlossen im Jahr 2002 ihre Ausbildung ab.

Neubau, RUMBA und Gender

Das Planungsverfahren für das neue EAWAG-Gebäude kam im Jahr 2002 einen entscheidenden Schritt weiter. Mit dem Neubau, der im Jahr 2006 bezugsfertig sein soll, werden die Labor- und Bürokapazitäten der EAWAG erweitert. Daneben wird das neue Gebäude aber auch einen grosszügigen Empfangsbereich für die EAWAG mit Raum für Ausstellungen rund ums Thema Wasser beherbergen und bisher getrennte Infrastrukturen von EAWAG und EMPA wie Bibliothek und Cafeteria zusammenführen. Die Nachbarinstitutionen EAWAG und EMPA begutachteten sechs Entwürfe und einigten sich auf den Vorschlag «Vision» des Architektenteams Bob Gysin. Die EAWAG ist seit langem bestrebt, ihren Betrieb ressourcenschonend zu gestalten. Die Einführung des Ressourcen- und Umweltmanagementsystems der Bundesverwaltung (RUMBA) ist zum Anlass genommen worden, laufende Anstrengungen kritisch zu prüfen. Zur Förderung der Gleichstellung hat die EAWAG eine Gender-Analyse durchgeführt, die Resultate in einem Workshop vertieft und ein Bündel von Massnahmen definiert, um erkannte Defizite zu vermindern.

Runder Tisch und Besuche

Ende 2002 wurde das Projekt «Runder Tisch zum Thema Wasser» mit einem Bericht und einer Podiumsdiskussion mit Staatssekretär Charles Kleiber, der Thalwiler Gemein-



Abb. 6: Staatssekretär Charles Kleiber und Alexander Zehnder an der Podiumsdiskussion zur Frage «Ist der Dialog zwischen Gesellschaft und Wissenschaft nötig?» anlässlich des Abschluss des Projektes «Runder Tisch zum Thema Wasser». (Foto: Tom Kawara, Zürich)

depräsidentin Christine Burgener, dem Vertreter der BürgerInnen Alfred Jucker und Alexander Zehnder abgeschlossen (Abbildungen 5 und 6). Als Novum wurden die am Runden Tisch beteiligten Bürgerinnen und Bürger in den Planungsprozess der EAWAG einbezogen. Die dort mit Nachdruck geforderte Verstärkung der Kommunikation zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit wurde als wichtiges Element in den Zielkatalog der Mehrjahresplanung aufgenommen. 50 Gruppen besuchten die beiden Standorte der EAWAG in Dübendorf und Kastanienbaum (Abbildung 7). Darunter waren zwölf Schulklassen aus den verschiedenen Regionen der Schweiz. Das im Wintersemester durchgeführte EAWAG-Seminar zum



Abbildung 7: Ueli Bundi (EAWAG) stellt der Kommission für öffentliche Bauten des Nationalrates die neue Versuchshalle der EAWAG vor. (Foto: Yvonne Uhlig)

Thema Trinkwasser stiess auch bei Externen auf grosses Interesse.

Stoffe in den Gewässern

Schwerpunkt der Medienberichterstattung im Jahr 2002 war die Belastung der Gewässer durch Mikroverunreinigungen wie zum Beispiel Antibiotika, hormonaktive Stoffe und Arsen. Die Sendung «10 vor 10» des Schweizer Fernsehens berichtete über das Vorkommen des Welses in der Schweiz. Um Fische und den Rückgang der Populationen ging es auch im Bericht «Alles im Fluss» der Sendung «Netz Natur». Anlässlich des Weltwassertages 2002 berichtete der Nachrichtensender CNN über die solare Wasserdesinfektionsmethode SODIS, welche die WHO als Option zur Trinkwasser-Entkeimung empfiehlt. Als Einstieg in das UNO-Jahr des Süsswassers 2003 widmete das Magazin «Facts» dem Thema «Wasser tut Not» einen umfassenden Bericht.



Greifensee, (Foto: EAWAG)

LEITARTIKEL

Veränderung der Biodiversität und der Ausgewogenheit des Planktons in Schweizer Seen in den letzten Jahrzehnten

Hans Rudolf Bürgi, Peter Bossard

Analog zur drastischen Reaktion der terrestrischen Lebensgemeinschaften auf übermässige Düngung in der produktionsorientierten Landwirtschaft (Umwandlung der blumenreichen Magerwiesen in eintönige Fettwiesen) wiesen auch stark gedüngte Seen eine Verarmung der Planktonarten und eine Entwicklung zu einseitig zusammengesetzten Lebensgemeinschaften auf. Mit der Bekämpfung der Düngerbelastung lässt sich diese Entwicklung umkehren, allerdings dauert es seine Zeit, bis die Düngerdepots im Boden, Wasser und Sediment abgebaut sind. Die Natur hat ein langes Gedächtnis, das noch lange die Mastformen begünstigt, bevor sich wieder die

ursprünglichen Arten etablieren können. Die Erfassung der Biodiversität erlaubt Aussagen über den Erfolg dieser Sanierung.

Einleitung, Grundlagen zum Konzept der Biodiversität

Die zahlreichen roten Listen, die für viele Organismengruppen erstellt wurden, zeugen vom erheblichen Verlust an biologischer Vielfalt in der Natur. Im Rahmen des Erdgipfels von 1992 in Rio de Janeiro hat die Schweiz neben 173 weiteren Staaten die Biodiversitätskonvention (Box 1) unterzeichnet. Das am 28. September 1994 ratifizierte Übereinkommen ist am 19. Februar 1995 für die Schweiz in Kraft getreten. Um dieser Verpflichtung nachzukommen, muss die Biodiversität langfristig überwacht werden.

Gemäss einer OECD-Studie von 1998 sind hierzulande in den letzten 100 Jahren rund 90 Prozent der wertvollsten und artenreichsten Lebensräume verschwunden. Der Artenschwund ist bei den wenigsten Pflanzen und Tieren auf gezieltes Ausrotten durch den Menschen zurückzuführen, vielmehr liegen die Ursachen des Rückganges in

**Box 1: Die Biodiversitätskonvention
(Vertrag von Rio, 1994)**

Die Ziele dieses Vertrags sind die Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt und die nachhaltige Nutzung ihrer Bestandteile und die ausgewogene und gerechte Nutzung der genetischen Ressourcen. Die Vertragsstaaten werden darin aufgefordert, Strategien und Programme zur Erhaltung der biologischen Vielfalt zu entwickeln und Schutzgebiete zu bezeichnen. Beeinträchtigte Ökosysteme und ihre Arten sollen sich regenerieren können.

der quantitativen Bedrohung und Zerstückelung der Lebensräume, der Störungsbelastung und der Beeinträchtigung der Nahrungsgrundlagen.

Der Begriff «Biodiversität» wurde aus dem englischsprachigen Ausdruck «biological diversity» entlehnt und umfasst sowohl den Artenreichtum wie auch die genetische Vielfalt in einem Ökosystem oder in der gesamten Biosphäre unseres Planeten. Lebensgemeinschaften kann man mit der Anzahl von Arten und mit deren relativen Häufigkeiten beschreiben. Man kann zudem auch die Standorte, wo Individuen und Arten wohnen, berücksichtigen.

Eine hohe Biodiversität (Box 2) basiert auf einer Vielfalt von Lebensräumen in intakten Ökosystemen. Die Vielfalt an Arten und Lebensräumen bildet die Grundlage für Nahrung und Rohstoffe. Biodiversität wird in Wirklichkeit stark durch menschliche Einflüsse geprägt und ist auch von Natur aus im Wandel. Dabei stehen die fortlaufenden schnellen Veränderungen durch evolutive Prozesse im Vordergrund. Interaktionen zwischen den Organismen und ihrer Umwelt hinterlassen Spuren in der genetischen Struktur der Populationen. So kann zum Beispiel die künstliche Erbrütung von Speisefischen einerseits dazu dienen, die Arten in bedrohten Ökosystemen zu erhalten, sie reduziert aber andererseits die genetische Vielfalt, weil durch das Einfangen und Streifen der Laichfische nur eine beschränkte Zahl von Elterntieren zur Reproduktion gelangt.

Ökosysteme entwickeln sich sukzessive von Pionierstadien zu reifen Stadien. Innerhalb dieser Entwicklung nehmen die Artendiversität und auch die biochemische Diversität zu (z.B. Zunahme der Vielfalt an Pflanzenpigmenten bei Algen). Die letzte und endgültige Phase dieser Abfolge von Lebensgemeinschaften (Sukzession) ist die Klimaxgesellschaft, sie erhält sich selbst und steht mit den natürlichen Standortfaktoren im Gleichgewicht. Margalef postulierte, dass die Diversität in den frühen oder mittleren Stadien der Sukzession einen

Box 2: Die Berechnung der Biodiversität

Die einfachste Erfassung ist die Auflistung der vorhandenen Taxa (Sorten, Arten, Gattungen etc.) einer Lebensgemeinschaft (Artenvielfalt). Wenn wir zusätzlich auch die relative Häufigkeit der verschiedenen Arten in einem Ökosystem miteinfassen, so erhalten gut vertretene Arten ein grösseres Gewicht als schwach vertretene Arten (Heterogenität, Diversität). Wenn in einem Ökosystem alle Arten ungefähr gleiche Individuenzahlen aufweisen, ist die Diversität (nach oben offenes Mass für die Heterogenität) am grössten. Wenn jedoch eine einzige individuenstarke Art über die andern, nur schwach vertretenen Arten dominiert, strebt die Diversität gegen null, auch wenn im Ökosystem gleich viele Arten vertreten sind. Diese gewichtete Verteilung kann man auch als relatives Mass der Ausgewogenheit (Evenness, Skala von 0 bis 1) ausdrücken: Wenn alle Arten ähnlich stark vertreten sind, liegt der Evenness-Index nahe bei 1.

Mathematische Beschreibung: Wir berechneten Diversitäts- und Evenness-Indices auf der Basis von Individuendichten (H_n, E_n) bzw. Biomasseanteilen (H_b, E_b) gemäss den folgenden Gleichungen analog zu Shannon (1948). Der Diversitätsindex (H) berücksichtigt Ausgewogenheit (E) und Artenreichtum. Wenn jede Art gleich häufig vorkommt, ist H_{max} erreicht, der Evenness-Index wird dann 1.

$$H_n = -\sum_{i=1}^n ((Ind_i / Ind_{total}) * 2 \log(Ind_i / Ind_{total}))$$

$$H_b = -\sum_{i=1}^n ((Biom_i / Biom_{total}) * 2 \log(Biom_i / Biom_{total}))$$

und

$$E_n = (H_n - H_{nmin}) / (H_{nmax} - H_{nmin})$$

$$E_b = (H_b - H_{bmin}) / (H_{bmax} - H_{bmin})$$

Ind_i / Ind_{total} Individuenzahl der i-ten Art in Relation zur Gesamtzahl aller Individuen der Probe.

$Biom_i / Biom_{total}$ Biomasse der i-ten Art in Relation zur Gesamtbioasse der Probe.

$H_{nmin}, (H_{bmin})$ theoretisch errechnete minimale Diversität, wenn von allen vorhandenen Arten die grösste absolut dominiert, und die andern jeweils mit nur einem Exemplar vorhanden sind.

$H_{nmax}, (H_{bmax})$ theoretisch mögliche maximale Diversität, wenn alle vorhandenen Arten exakt gleich häufig (bzw. mit gleicher Teilbiomasse) vorhanden sind.

Höhepunkt erreicht und dann in der Klimaxgesellschaft zurückgeht.

Eine mehr oder weniger regelmässige pulsartige Störung kann die Sukzession in einem Ökosystem an irgendeinem Punkt der Entwicklung anhalten. Ökosysteme mit fluktu-

ierenden Wasserstandsschwankungen sind gute Beispiele dafür. So werden Ästuare (Küsten, Flussmündungen) durch die Erosion aufgrund der Wellentätigkeit in einem Pionierstadium gehalten. In unseren Seen wird die jährliche Abfolge der Planktonarten durch die sich wiederholenden Mischungsprozesse (Winter-Zirkulationen) immer wieder neu gestartet. Ein Stabilisieren der Wasserstände (durch Regulierungen) oder die Verhinderung der natürlichen Nährstoffverknappung im Sommer durch permanente Nährstoffzufuhr reduziert die Zahl der ökologischen Nischen und damit die potenzielle Artenvielfalt. Bei sehr extrem wachstumsbegrenzenden Nährstoffverhältnissen (ultraoligotrophe Seen) können nur Spezialisten überleben. Das Nahrungsnetz ist dann ausgedünnt, die Artenzahl gering. Natürlicherweise dominierten in der Erdgeschichte nährstoffarme Seen und Ozeane. Die Vielzahl der Arten hat sich daher an solche mehr oder weniger nährstoffarme (oligotrophe bis mesotrophe) Verhältnisse adaptiert. Von nährstoffreichen (eutrophen) Bedingungen, die natürlicherweise eher in Kleingewässern auftraten, profitieren insbesondere schnellwüchsige Algen. Diese können durch Massenerfaltungen ihre sparsam lebenden Konkurrenten verdrängen. In der Folge sinkt sowohl die Zahl der gleichzeitig im System lebenden Arten wie auch die Ausgewogenheit der Besiedelung: Anstelle von vielen Arten mit jeweils wenigen Exemplaren kommen wenige Arten in sehr vielen Exemplaren vor. Wie auch bei gedüngten terrestrischen Ökosystemen überwiegen dann einzelne Arten. Diese Entwicklung kann mit Diversitäts- und Evenness-Indices erfasst werden (Box 2).

Da der Diversitätsindex zwei Merkmale (Ausgewogenheit = Evenness und Artenvielfalt) in einer Zahl vereinigt, ist nicht ersichtlich, ob Veränderungen durch Schwankungen der Artenvielfalt oder der Ausgewogenheit zustande kommen. Es ist deshalb wichtig, dazu den Diversitäts-

index in seine Bestandteile aufzuschlüsseln (wie dies in Abbildung 1 dargestellt ist). Da die Artenlisten oft den Stand der Formenkenntnis und letztlich auch den Fleiss des Bearbeiters wiedergeben, wirken sich personelle und methodische Änderungen in der Planktonanalyse nicht selten in sprunghaften Abweichungen der Bestimmungsergebnisse aus. Zum individuellen Fehler kommen dann noch systematische Fehler hinzu. Da die Zuordnung der sehr zarten Planktonformen zu einzelnen Taxa nicht unproblematisch ist, braucht es Spezialisten. In der Erfassung des Planktons gibt es nur selten sehr lange Datenreihen, welche vom gleichen Team mit gleich bleibender Methodik erfasst wurden. Eine der wenigen Ausnahmen wird in diesem Bericht dargestellt: Seit 1972 laufen die biologischen Analysen mit Spezialoptik (invertierten Mikroskopen) unter gleich bleibender Leitung. Die seit über 30 Jahren erhobenen Datenserien sind nicht durch Systemwechsel verfälscht und daher aussagekräftig. Die Berechnung der Diversität darf ausserdem nur gleichartige Organismengruppen umfassen. Rein rechnerisch wäre z.B. eine Wiese mit 50 Grasarten gleich divers wie eine Wiese mit nur 49 Grasarten und einer weidenden Kuh. Aber es ist jedermann klar, dass die Gesamtwirkung dieser einen Kuh (= zusätzliche Art) auf das Ökosystem «Wiese» viel grösser ist als die Wirkung einer weiteren Grasart. In dieser Arbeit werden ausschliesslich Planktonalgen verglichen. Analoge Betrachtungen sind aber auch beim Zooplankton und bei andern Organismengruppen möglich.

Langjährige Entwicklung der Diversität im Greifensee und im Vierwaldstättersee

Die beiden ausgewählten Seen wurden von der EAWAG als Modellseen seit den frühen 1960er bzw. 1970er Jah-

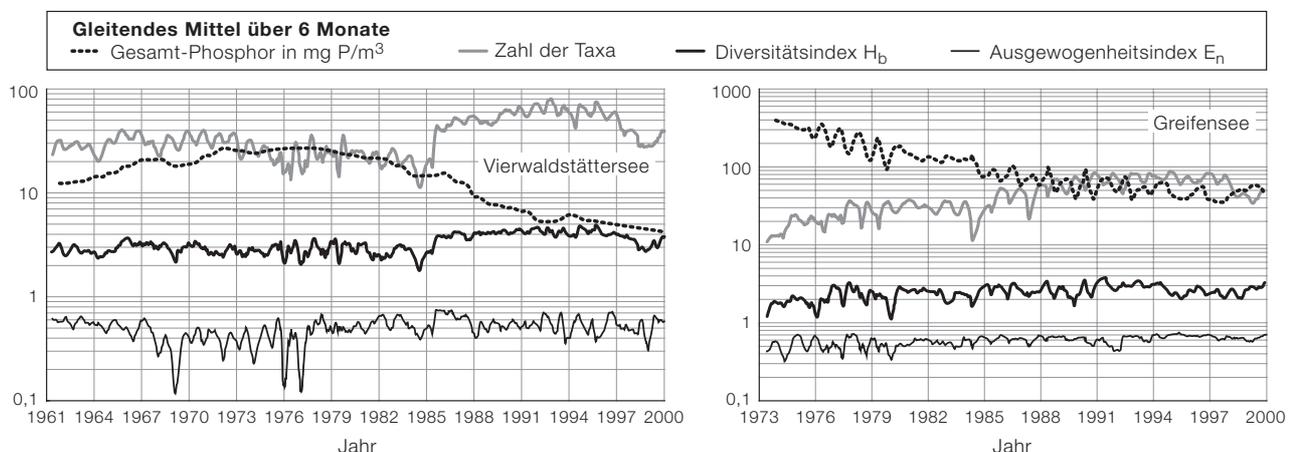


Abbildung 1: Veränderungen der Phosphorgehalte im Oberflächenwasser, Zahl der Taxa, der Diversität und Ausgewogenheit des pflanzlichen Planktons im oligotrophen bis mesotrophen Vierwaldstättersee und im hypertrophen bis eutrophen Greifensee seit 1961 bzw. 1973. Die Artenvielfalt und die Diversität entwickeln sich gegenläufig zur P-Konzentration. Die Ausschläge der Indices für Ausgewogenheit (Evenness) gegen 0 zeigen oft Massenerfaltungen einzelner Algen an. Sie sind in Zeiten mit viel Phosphor häufiger.

ren limnologisch intensiv untersucht. Der schwach gedüngte (oligotrophe bis mesotrophe) Vierwaldstättersee stellte dabei das untere Ende der Trophieskala dar, während der Greifensee als Kontrapunkt den hypertrophen (übermässig gedüngten) See verkörperte, der sich unter dem Einfluss der Sanierungsmassnahmen mit der Zeit zu einem moderat eutrophen (gut gedüngten) See zurückentwickelte. Obwohl sich die beiden Seen zunächst in Richtung mesotropher Mischtypus bewegten, waren die Algengemeinschaften (Biozoenosen) stark verschieden. Der Greifensee war von seiner langen hypertrophen Phase durch eine grosse Zahl von Blaualgen (Cyanobakterien) und Grünalgen geprägt, während im ehemals oligotrophen Vierwaldstättersee auch unter mesotrophen Bedingungen immer noch die Kieselalgen und Chrysoflagellaten (Goldalgen) dominierten.

Abbildung 1 zeigt, dass die anhaltende Phosphorentlastung des Greifensees vom hypertrophen See mit rund 600 mg P/m^3 Gesamtphosphor im Jahre 1972 auf rund 10% dieses Wertes zum Jahrtausendwechsel insbesondere die Artenzahl (Taxa) in den Einzelproben erhöht hat und damit auch für die Verbesserung des Diversitätsindex massgebend war. Sehr deutlich sind auch die Einbrüche der Indices insbesondere bis Ende der 1970er Jahre. Dies wird durch die gleichzeitig tiefe Artenzahl und den tiefen Evenness-Index illustriert. Diese Störungen weisen auf Wasserblüten hin, in denen einzelne Arten das Bild prägten. Obwohl der Ausgewogenheitsindex im Mittel nur schwach auf die Verminderung der Phosphorbelastung (Trophie) reagiert, ist das Ausbleiben dieser nach unten gerichteten Ausschläge in den letzten zehn Jahren ein gutes Zeichen.

Auch im Vierwaldstättersee weisen der Diversitäts- und der Ausgewogenheitsindex während der stärkeren Phosphorbelastung von 1968 bis 1978 deutliche Ausschläge nach unten auf (Abbildung 1). Oftmals war eine einzelne Art (das Cyanobakterium *Planktothrix rubescens*, im Volksmund als «Burgunderblutalge» bezeichnet) für Massenerntfaltungen verantwortlich. Da sich diese Art während der stabilen thermischen Schichtung des Seewassers (Stagnationsphase von April bis Oktober) in rund 7–12 m Tiefe einschichtet, waren die rötlichen Vegetationsfärbungen an der Wasseroberfläche allerdings kaum wahrzunehmen.

Nach der rasanten Phosphorentlastung in der ersten Hälfte der 1980er Jahre stiegen Artenvielfalt und die Indices von Diversität bzw. Ausgewogenheit in den Einzelproben sprunghaft an. Nun stellt sich die Frage, ob plötzlich so viel mehr Arten im Plankton neu vertreten waren, oder ob andere Ursachen wirksam wurden. Die Detailanalyse zeigt, dass nur ganz wenige neue Taxa erstmals gefunden wurden, so ist beispielsweise die sel-

tene Kieselalge *Stephanocostis* im Vierwaldstättersee neu aufgetreten. Der Katalog der Arten, welche im Jahresverlauf auftraten, blieb hingegen ungefähr gleich lang. Die einzelnen Taxa blieben aber im Durchschnitt länger auffindbar, während sie früher nur in einer bis wenigen Monatsproben gefunden wurden. Unter starker Phosphorlimitierung wird die zeitliche Dynamik stark verlangsamt.

Beide Seen zeigen eine Zunahme der Artenzahl in den Monatsproben mit abnehmendem Gesamtphosphorgehalt. Dabei ist allerdings schwierig zu erklären, weshalb im Vierwaldstättersee (Abbildung 2b) bei 30 mg P/m^3 die Zahl der Arten in den einzelnen Planktonproben deutlich tiefer liegt als im Greifensee bei der gleichen Nährstoffkonzentration (Abbildung 2a). Allerdings ist zu berücksichtigen, dass im Greifensee diese Limite von 30 mg P/m^3 erst im Spätsommer erreicht wird, wenn im Epilimnion die Nährstoffe durch das Algenwachstum aufgezehrt sind, während im Vierwaldstättersee die entsprechenden Nährstoffe dem Epilimnion mit der Vollzirkulation im Frühjahr erst zugeführt werden. Man vergleicht damit bei 30 mg P/m^3 zwei ungleiche Jahreszeiten mit total unterschiedlichen Wachstumsbedingungen.

Eutrophe Seen weisen auch während kurzzeitigen Nährstoffmangelsituationen die Merkmale gedüngter Seen und Kleingewässer auf und beherbergen weiterhin die typische Nährstoff liebende Algenflora mit zahlreichen Grünalgenarten. Im Greifensee verbleiben viele Vertreter dieser vielfältigen Grünalgenflora im Wasser, auch wenn sie im Spätsommer nur suboptimal weiter existieren können. Im Vierwaldstättersee waren die Nährstoffbedingun-

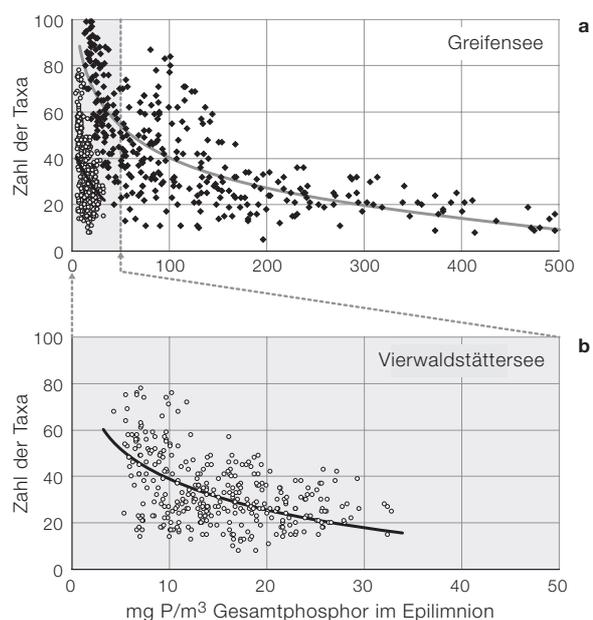


Abbildung 2: Zahl der Taxa in Monatsproben versus Gesamtphosphorkonzentration im Epilimnion des Greifensees (a) und des Vierwaldstättersees (b, mit 10fach gedehnter Phosphorskala).

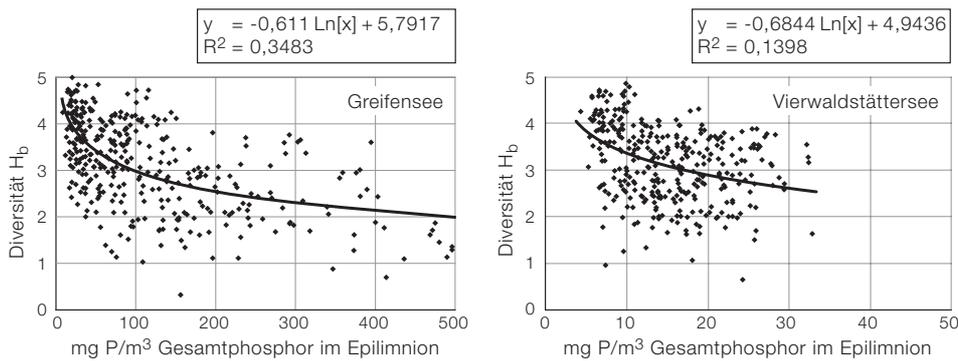


Abbildung 3: Diversität (H_b) in Abhängigkeit der Gesamtphosphorkonzentration im Epilimnion des Vierwaldstättersees und des Greifensees.

gen nie so vorteilhaft für Grünalgen, dass sich diese in breiter Front etablieren konnten. Damit fehlt dem oligotrophen Vierwaldstättersee weitgehend ein Algenstamm, der potenziell einen grossen Artenreichtum einbringen kann. Der Artenkatalog dieses grossen Alpenrandsees entspricht in weiten Zügen immer noch der oligotrophen Phase der 1950er Jahre. Der See erinnert sich damit an die früheren Zustände, selbst dann, wenn fremde Arten via Zuflüsse, als Mitbringsel im Gefieder von Wasservögeln oder im Bilgenwasser von Wanderbooten stetig in den See gelangen. Damit eine neue Art sich durchsetzen kann, muss sie am neuen Ort günstige Wachstumsbedingungen antreffen. Speziell in nährstofflimitierten Gewässern sind aber die freien Nährstoffvorräte äusserst klein, weil die bereits vorherrschenden Formen die verfügbaren Ressourcen in ihren Zellen aufgenommen haben. Ein Neuankömmling verhungert. Im eutrophen Greifensee hingegen entsprach das Seewasser einem guten Kulturmedium: Viele Algen aus unserer Algensammlung wurden mit gutem Erfolg mit einem Nährmedium versorgt, das in seiner Zusammensetzung dem eutrophen Greifenseewasser entsprach. Eine neue Art hatte es also leichter, sich unter diesen Bedingungen zu etablieren. Nur, allzu hohe Nährstoffkonzentrationen durfte es auch nicht haben; während der hypertrophen Phase dominierten nämlich einzelne Arten die Planktongesellschaft total und eliminierten wenig konkurrenzstarke Arten.

jeder ökologischen Nische langfristig nur eine Art überleben. Eine ökologische Nische entspricht einer spezifischen Rolle oder Funktion eines Organismus im Ökosystem. Ist eine Rolle mehrfach besetzt, führt dies zum Konkurrenzkampf. Die Konkurrenz kann indirekt (Kampf um die gemeinsamen, limitierten Ressourcen) oder direkt (über Behinderung des Konkurrenten, Interferenz) erfol-

Die Diversität ist zwar bei geringen Phosphorgehalten nicht zwangsläufig hoch, denn neben den Nährstoffen beeinflussen auch andere Umweltfaktoren die Vielfalt. So sorgen während der Winterphase tiefe Wassertemperaturen und schlechte Lichtbedingungen und im früh-sommerlichen Klarwasserstadium die Gefrässigkeit der überhand nehmenden Kleinkrebse für eine geringere Ausgewogenheit der Algengemeinschaft, weil solche Lebensbedingungen eine einseitige Besiedelung durch einzelne spezialisierte Arten begünstigen. Mit zunehmender Nährstoffbelastung nimmt die Diversität jedoch eindeutig ab (Abbildung 3). Hier ist die Dominanz einzelner Arten für das Verdrängen anderer Typen verantwortlich. Nach dem Konkurrenzausschlussprinzip kann in

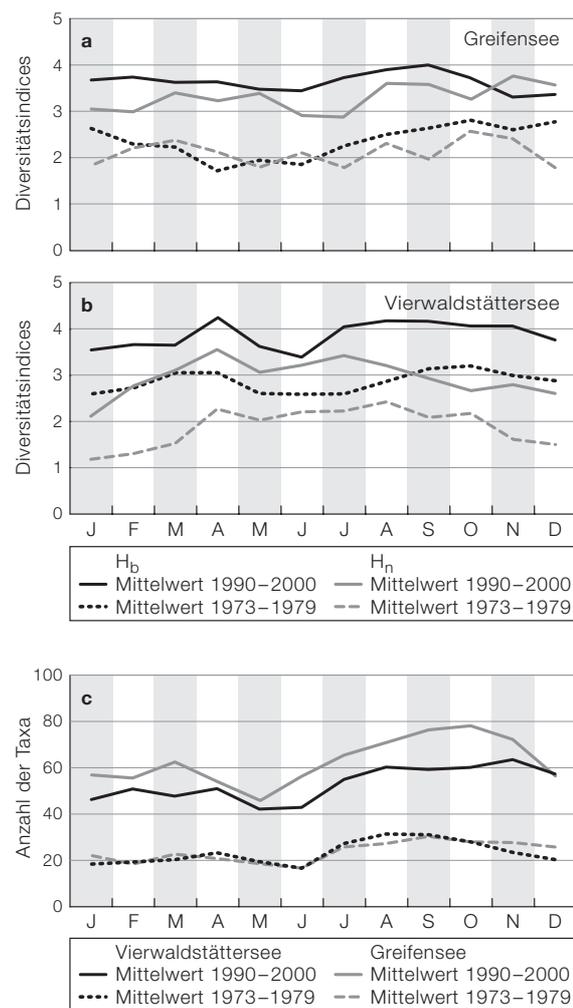


Abbildung 4: Die jahreszeitliche Abfolge der Phytoplanktondiversitätsindizes und der Artenvielfalt in Vierwaldstättersee und Greifensee. Mittel aus 1973–1979 und 1990–2000.

gen. Unter oligotrophen Bedingungen verstärkt sich die indirekte zwischenartliche Konkurrenz. Die Arten beschränken sich auf einen Bereich mit Bedingungen, wo sie in irgendeiner Weise einen Vorteil gegenüber ihren Konkurrenten haben. Die Arten besetzen dann nur einen kleinen Teil der Fundamentalnische (die realisierte Nische). Vergleiche mit der Volkswirtschaft sind durchaus erlaubt, auch dort führt die starke Konkurrenz zu einer Spezialisierung und «Nischenproduktion». Unter eutrophen Bedingungen nimmt die direkte Wirkung der Konkurrenten zu. Dominante Arten können die physikalischen Bedingungen und die chemische Zusammensetzung des Wassers zu ihren Gunsten verändern und damit andere Arten ausschliessen. Die Zahl der gleichzeitig vorhandenen Konkurrenten nimmt ab, die zeitliche Dynamik zu.

Die jahreszeitliche Abfolge der Diversität

Ein Vergleich der beiden Diversitätsindices H_n , H_b (bezogen auf Individuen bzw. Biomasse, Abbildung 4a und 4b) weist auf einen signifikanten Unterschied hin: Der individuenbezogene Index H_n liegt ganzjährig im Schnitt einen Indexpunkt unter dem biomassebezogenen Diversitätsindex H_b . Dies ist damit zu erklären, dass die schnellwüchsigen Algen sehr klein sind. Kleine Algen benötigen nur rund 4–8 Stunden, um ihre Anzahl zu verdoppeln, während grosse Algen dazu 1 bis 3 Tage benötigen. Innerhalb kurzer Zeit können so einzelne Arten die Lebensgemeinschaft numerisch völlig dominieren (was sich in einem geringen Diversitätsindex H_n bemerkbar macht). Die vielen kleinen Zellen bringen aber dennoch wenig Gewicht auf die Waage. Auf die Biomasse bezogen kann die starke Vermehrung der kleinen Zellen sogar zu einer besseren Ausgewogenheit führen, wenn die vielen kleinen Zellen etwa gleiche Gewichtsanteile wie die grossen Algen erreichen.

Die beiden Seen zeigen eine Asymmetrie im Jahresverlauf. Im Winter ist die Artenvielfalt deutlich geringer als in der Zeit mit temperiertem Wasser. Im Mai/Juni (Greifensee) bzw. Juni/Juli (Vierwaldstättersee) bricht sie kurzfristig ein (Abbildung 4c). Zwei Ursachen sind für diese Asymmetrien verantwortlich: Während der Zirkulation

verschwinden einerseits viele Arten, weil sie unter den widrigen Licht- und Temperaturbedingungen nicht leben können. Vom März bis Mai kommen nun weitere Arten hinzu. Die Produktionsbedingungen sind sehr vorteilhaft für kleine, bewegliche Algen. Diese vermehren sich nun sprunghaft und bilden eine grosse Biomasse. Im Mai/Juni erscheinen andererseits filtrierende Zooplankter in grosser Zahl, welche ebendiese kleinen Algen bevorzugt fressen und so die Vielfalt erneut reduzieren. Das Wasser wird dann fast leer filtriert und klar (sog. «Klarwasserstadium» mit grosser Sichttiefe). Nun hungern die algenfressenden Zooplanktonarten; sie sterben wegen Futtermangel oder legen ein Dauerstadium am Seegrund als «Sommerschlaf» ein. Ab dieser Jahreszeit teilen sich dann viele unterschiedlich spezialisierte Algentypen die knapper werdenden Ressourcen (hohe Diversität), bis im November die Herbstzirkulation beginnt.

Das klassische Schulbeispiel von Gause (1934) für Ausschluss durch Konkurrenz von nahe verwandten Wimpertieren zeigt, dass in einer Futterlösung zunächst beide Arten wachsen, dass dann aber eine Art langfristig die andere verdrängt. Dieser Verdrängungsprozess setzt entsprechend viele Vermehrungsschritte voraus. Die fittesten Arten erreichen nur unter eutrophen Verhältnissen derart hohe Zelldichten, dass sie die Konkurrenten über Interferenz oder indirekte Konkurrenz verdrängen (Abbildung 5a). Unter oligotrophen Verhältnissen wachsen alle Arten viel langsamer. Die einzelnen Arten erreichen innerhalb der verfügbaren Zeit zu wenig hohe Zelldichten, um die andern aktiv zu eliminieren (Abbildung 5b). Auf diese Weise kann eine grössere Zahl von Arten, wenn auch nur suboptimal, weiter koexistieren, als dies unter eutrophen Verhältnissen der Fall wäre, wo sie einander viel eher ausschliessen würden. Das Vorkommen der Arten stimmt somit weitgehend mit den Dimensionen der sich überlappenden Fundamentalnischen überein. Selbst wenn unter oligotrophen Verhältnissen die Summe der Arten innerhalb eines Jahres nicht grösser ist als unter eutrophen Verhältnissen, so kommen doch zu jedem einzelnen Zeitpunkt (d.h. in jeder monatlichen Einzelprobe) mehr Arten gleichzeitig vor als unter eutrophen Verhältnissen. Hutchinson (1961) hat die Tatsache, dass in einer so homogenen Umgebung, wie es Seewasser darstellt, stets

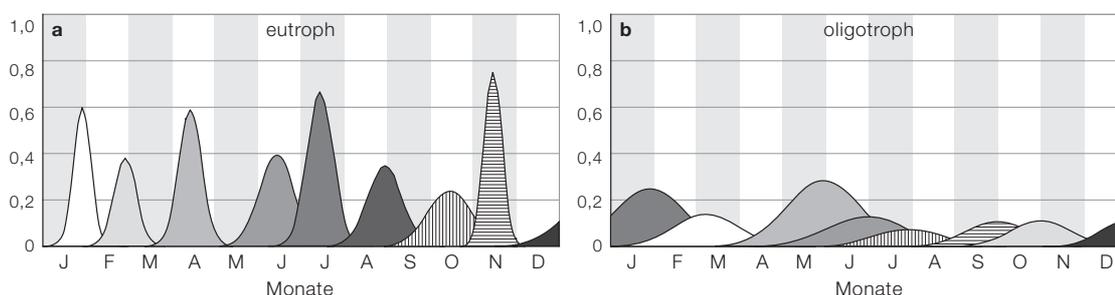


Abbildung 5:
Jahreszyklische
Abfolge von Arten
in eutrophen Seen
bzw. oligotrophen
Seen (theoretisches
Schema).

eine Vielzahl von Arten existiert, das «Paradox des Planktons» genannt. Es ist nur dadurch zu erklären, dass die vielen Arten in dem für sie fast unendlich grossen See einzelne Bezirke finden, wo sie auch unter schlechten Bedingungen noch suboptimal weiter leben können und nicht aktiv eliminiert werden. Auch die regulierende Wirkung durch spezifische Räuber-Beute-Beziehungen erhöht die Zahl der Nischen und verhindert das Überhandnehmen einzelner Arten, sofern deren Wachstumsrate durch Nährstoffmangel eingeschränkt ist. Da die Algenfresser eine um Tage längere Generationszeit haben als die Algen selbst, kommt es in eutrophen und mesotrophen Seen zu deutlich phasenverschobenen Entwicklungskurven, bei denen das Zooplankton dem Phytoplankton hinterherhinkt.

Schlussfolgerungen

Die Erfassung der Biodiversität des Planktons zeigt, dass die Umsetzung der Verträge von Rio für kleine, artenreiche und kurzlebige Pflanzengruppen (wie z.B. die Algenflora) eine ganz andere Art von Monitoring verlangt als beispielsweise bei terrestrischer Vegetation. Eine Einzelprobe oder wenige Monatsproben geben nur einen unvollständigen Eindruck der Diversität wieder. Dynamische Prozesse (wie saisonale Abfolge und Räuber-Beute-Beziehungen) verändern die Biodiversität im Jahresverlauf, selbst bei gleich bleibender Wasserqualität, sehr kurzfristig. Ein flächendeckendes Monitoring ist aus personellen und technischen Gründen nicht möglich. Selbst in den grossen, homogenen Lebensräumen der Seen sind der biologischen Analyse enge Grenzen gesetzt. Veränderungen der Nährstoffbelastung überlagern die biologischen Rhythmen langfristig und geben zusätzliche Impulse zur Biodiversität. Die hier vorgestellten langjährigen Analysen zeigen exemplarisch die Abhängigkeit der Diversität von der Trophie und der Jahreszeit auf.

Obwohl die meisten Phytoplanktonarten als reine Monokulturen bei höheren Nährstoffkonzentrationen besser wachsen, führt eine starke Zunahme der Trophie zu einer Abnahme der Biodiversität in limnischen Ökosystemen. Dies ist eine Folge des Konkurrenzausschlussprinzips, welches nur spielt, wenn gute Wachstumsbedingungen die Dominanz der bestangepassten Arten zulassen. Diese Situation trifft für eutrophe und hypertrophe Seen zu. In schwach gedüngten Seen hingegen reichen die stark limitierten Nährstoffe nicht aus, dass sich eine Art gegenüber allen andern durchsetzt.

Da das Pelagial (Freiwasserraum ausserhalb der Uferzone) der Seen im Gegensatz zu terrestrischen Systemen keine dauerhafte räumliche Besetzung einer Nische zulässt und für alle Neuankömmlinge offen ist, fehlt auch

oft der direkte Bezug zur Umgebung. Eine mitten im See gefundene Art kann eingeschwemmt oder unter ganz anderen Bedingungen gewachsen sein. In jeder Einzelprobe finden sich deshalb viele Vertreter aus andern ökologischen Nischen, die zwar dem gerade herrschenden Regime unterlegen sind, aber dennoch nicht vollständig eliminiert werden. Sie bleiben als Impfmengen (Inokulum) im Plankton vorhanden und warten auf für sie günstigere Zeiten.

Verdankung

An der Datenerhebung waren viele Personen beteiligt. Speziell erwähnen möchten wir: Regula Illi, Esther Keller, Sieglinde Gaebel, Pia Weber (biologische Analyse) und Richard Illi, Bruno Ribí, Daniel Steiner, Beatrix Egli (Probenahme). Ohne das gute Teamwork wäre eine solche langjährige Erhebung nicht möglich gewesen. Für die Datenauswertung entwickelte Heinrich Bühler in verdankenswerter Weise viele spezielle Computerprogramme und stellte die Chemiedaten zur Verfügung. Vielen herzlichen Dank an alle Kolleginnen und Kollegen, welche in irgendeiner Weise die lückenlose Langzeituntersuchung ermöglichten.

Gause G.F. (1934): Experimentelle Untersuchungen über den Kampf ums Dasein zwischen *Paramecium caudatum*, *P. aurelia* und *Stylomidria mytilus*. *Ž.* 13, 1–17 (Orig. russisch).

Hutchinson G.E. (1961): The Paradox of Plankton. *Amer. Nat.* 95, 137–147.

Shannon C.E. (1948): A Mathematical Theory of Communication. *Bell Syst. Techn. J.* 27, 379–423.



KURZBEITRÄGE AUS DEN TÄTIGKEITS- BEREICHEN DER EAWAG

Weiterbildung

10 Jahre Weiterbildung für die Praxis PEAK

Herbert Güttinger, Heidi Gruber

Vom 13. bis 17. September 1993 fand in Kastanienbaum der erste **Praxisorientierte EAWAG-Kurs** «Die Bedeutung von Gewässermorphologie und -typus für Wasserorganismen» mit 11 Teilnehmerinnen und Teilnehmern statt. Seither wurden 86 Kurse an insgesamt 328 Tagen durchgeführt. 1450 Männer und 350 Frauen (ca. 20%) haben das Angebot genutzt. Sie arbeiten in öffentlichen Verwaltungen, Beratungs- und Ingenieurbüros, Nichtregierungsorganisationen, in der Industrie und Wissenschaft. Trotz dem enorm gewachsenen und unübersichtlichen Weiterbildungsangebot scheint das Interesse an PEAK nach wie vor ungebrochen zu sein und der direkte Kontakt und

Dialog zwischen Forschenden und Fachleuten aus der Praxis werden beiderseits geschätzt.

PEAK als Vehikel für Wissenstransfer und Dialog

Neuste wissenschaftliche Erkenntnisse, neuste Konzepte und neuste Techniken werden praxisorientiert aufbereitet und in Kursform Fachleuten aus der Praxis zugänglich gemacht. Das jährliche PEAK-Programm widerspiegelt die jeweils aktuelle EAWAG-Forschung. Es erschliesst den Kursbesuchern durch die starke internationale Verflechtung der EAWAG auch die weltweite Entwicklung. Neben der Weiterbildung dienen die Kurse der Förderung des Dialogs zwischen Forschung und Praxis und auch zwischen den Teilnehmenden untereinander. Zielpublikum sind Fachleute und Verantwortliche der Wasserwirtschaft und des Gewässerschutzes. Die «Kundendatei» der EAWAG umfasst ca. 10 000 Adressaten aus der Schweiz und zunehmend auch aus Deutschland, Frankreich und Österreich. Die einzelnen Kurse richten sich jeweils nur an wenige hundert Spezialisten. PEAK offeriert in Basiskursen (B) Überblicke, in Vertiefungskursen (V) interdisziplinäre Ausleuchtungen und in Anwendungskursen (A) praktisch anwendbares Wissen und Können. In enger Zusammenarbeit mit der EPFL und weiteren Partner-

institutionen organisiert die EAWAG zudem eine Ökotoxikologiekurs-Serie in einem Dreijahresrhythmus. Die Kurs-sprachen sind Deutsch und Französisch.

Das Kursprogramm wird jeweils im Frühjahr aufgrund der Bedürfnisse der Ansprechgruppen (Hinweise aus den Fragebogen zur Kursevaluation und aus persönlichen Kontakten) und der Möglichkeiten der EAWAG zusammengestellt (Tabelle 1). Aus Kapazitätsgründen und weil der Schweizer Markt zu klein ist, können leider nicht alle Wünsche der Praxis erfüllt werden. Themen aus der Siedlungswasserwirtschaft und der Wasseraufbereitung interessieren viele. Weitere Themen, wie z.B. chemische oder biotechnische Analytik von Umweltschadstoffen und -wirkungen, sprechen hingegen nur wenige Spezialisten an. Überraschend viel Interesse weckten die Taxonomie-Kurse. Diese wurden im Rahmen von PEAK von externen Lehrkräften für die interne Schulung EAWAG-Angehöriger organisiert, aber auch für externe Fachleute ausgeschrieben. Sie mussten aufgrund der grossen Nachfrage wiederholt werden.

Erfahrungen

Die Kursteilnehmerinnen und -teilnehmer werden jeweils gebeten, anhand eines Fragebogens eine Beurteilung der Veranstaltungen abzugeben. Die Antworten helfen nicht nur, die Kursqualität zu verbessern (Abbildung 1), sondern sind gleichzeitig auch motivierende Rückmeldungen

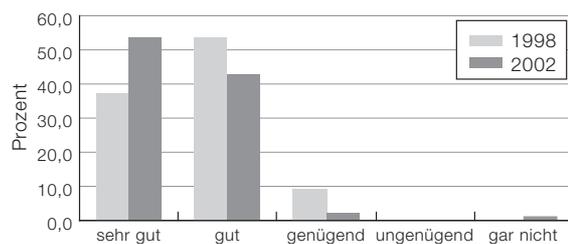


Abbildung 1: Zufriedenheit der Kursteilnehmerinnen 1998 und 2002. Antworten auf die Frage: Hat der Kurs Ihre Erwartungen erfüllt?

an die Kursleitungen und die Referierenden (Tabelle 2). Sie zeigen sehr gut, wie die Veranstaltungen angekommen sind und welche Botschaften haften blieben.

Aus den Beurteilungen kann geschlossen werden, dass die Kursteilnehmerinnen und -teilnehmer mehrheitlich zufrieden sind. Viele von ihnen besuchen immer wieder PEAK-Veranstaltungen und die Kunden (Ämter, Firmen und Organisationen) bleiben PEAK treu. Die Erfüllung der Erwartungen der Teilnehmenden konnte dank verschiedener Hinweise und Erfahrungen deutlich verbessert werden (Abbildung 1). Wichtig dabei war eine präzisere und konsistente Ausschreibung der Veranstaltungen (Titel, Kursziele und Inhalte). Das richtige Zielpublikum muss angesprochen und es dürfen keine falschen Erwartungen geweckt werden.

Kurs	Titel	Kursleitung	Teiln.	davon ♂	davon ♀
coetox I/02 6.–8. März	Ökotoxikologie-Kurs, Hauptmodul I: Beeinträchtigung von natürlichen Systemen	Kristin Becker (EPFL), Renata Behra, Herbert Güttinger, Joseph Tarradellas (EPFL)	20	14	6
Anwendungskurs A18/02 12. und 13. März	Einführung in die betriebliche Energie- und Stoffflussanalyse mit SIMBOX	Hans-Peter Bader, Ruth Scheidegger	15	13	2
Vertiefungskurs V23/02 12. und 13. Juni	Charakterisierung hydrologischer und biogeo- chemischer Prozesse für das Grundwasser- management	Eduard Hoehn, Jürg Zobrist	34	30	4
coetox Bd/02 26. und 27. Juni	Ökotoxikologie-Kurs, Basismodul Bd	Kristin Becker (EPFL), Renata Behra, Herbert Güttinger, Joseph Tarradellas (EPFL)	8	5	3
Anwendungskurs A20/02 2. und 3. September	Analytische Grundlagen der Ökotoxikologie	Laura Sigg, Marc Suter	abgesagt		
Basic Course B7/02 24–26 September	System Identification and Modeling with AQUASIM	Karim C. Abbaspour, Peter Reichert, Oskar Wanner	19	15	4
Applied Course A17/02 7–11 October	Modeling of Water Flow and Solute Transport in Variably Saturated Media	Karim C. Abbaspour	abgesagt (nur 2001 durchgeführt)		
Basiskurs B9/02 28.–30. Oktober	Fische in Schweizer Gewässern	Rudolf Müller, Armin Peter	25	19	6
Basic Course B10/02 5 and 6 November	Water Treatment at Household Level	Martin Wegelin, Karl Wehrle (SKAT)	14	10	4
Vertiefungskurs V24/02 3.–4. Dezember	Chemische Problemstoffe	Walter Giger, Urs von Gunten, Hans-Peter Kohler	29	21	8
Vertiefungskurs V24/02 5. Dezember	MTBE-Workshop	Walter Giger, Urs von Gunten, Hans-Peter Kohler	74	58	16

Frage	Antworten
Was hat Ihnen besonders gut gefallen?	Praxisnahe und sehr kompetente Führung. Kontakt mit Leuten, welche die gleichen analytischen Probleme haben. Möglichkeiten zur Diskussion. Gute Organisation. Fokusgruppe, aber kürzer wäre besser. Der erfrischende Vortragsstil von Markus Boller. Die Abwechslung zwischen Theorieblöcken und Übungen. Das Teilnehmerfeld mit Forschern, Vollzug und privaten Büros ergab spannenden Mix. Sehr gut organisiert (Einhalten des Zeitplanes). Sehr gutes (lebendes) Anschauungsmaterial. Gute Atmosphäre.
Welches sind für Sie die wichtigsten Erkenntnisse aus diesem Kurs?	Die neusten Trends der verschiedenen Analysemethoden. Mit Fleiss kommt auch ein Ingenieur zur Ökologie. Dass unbedingt ein interdisziplinärer Austausch wichtig ist bei betreffenden Planungen. Vorgehensweise bei Modellbildung. Abbau von Hemmungen. Einschätzungen der Modellqualität. Bei vielen Stoffen ist das Wissen über ihre Auswirkungen erschreckend tief.
Zu welchen Themen besteht ein Weiterbildungsbedarf, den die EAWAG abdecken sollte?	Taxonomie. Toxische Stoffe in unseren Gewässern: Quellen/Transportwege/Verhalten/Metabolismus/Wirkungen. Statistische Auswertung von Daten. Integrated Water Management. Thema Versickerung. Renaturierungsmöglichkeiten in der Praxis. Bau von Klein-«Fisch»-Aufstiegshilfen, Umgehungsgerinnen.
Was halten Sie vom PEAK-Programm generell?	Vermittlung des Wissens der einzelnen Forscher via PEAK-Kurs ist hervorragend. Stolzer Preis pro TeilnehmerIn für eine Kursgrösse von 23 Teilnehmern. Generell gut, aus meiner Sicht manchmal etwas wenig praxisnah. Gut. O.k.

Tabelle 2: Ausgewählte Fragen und Antworten aus den Kursevaluationen.

Die Zufriedenheit hängt auch von den gestellten Ansprüchen und von den Vorkenntnissen der Teilnehmenden ab. Um dies zu prüfen, werden sie gefragt, welcher Anteil des Stoffes für sie neu ist. Erste Analysen der Antworten zeigen, dass ein Neuigkeitsgehalt zwischen 20 und 60% zwar die Regel ist, dass aber auch Personen mit grossen Vorkenntnissen und Neulinge mit den Kursen durchaus zufrieden sind (Abbildung 2).

Aufwand und Nutzen

Der finanzielle Aufwand und der Ertrag sind für jeden Kurs individuell zu berechnen. Sie hängen von der Komplexität und der Neuheit der Materie sowie der Anzahl zahlender Teilnehmerinnen und Teilnehmer ab. Mit Kursgebühren zwischen SFr. 200.– und SFr. 300.– pro Kurstag können die zusätzlichen Aufwendungen (Drucksachen, Kursunterlagen, Mahlzeiten, externe Referenten, Mehrwertsteuer) beglichen werden, für die Saläre und Infrastrukturkosten der EAWAG bleibt aber wenig übrig. Eine exemplarische Vollkostenrechnung zeigte, dass bei Ver-

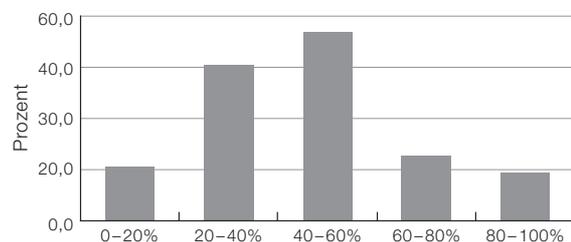
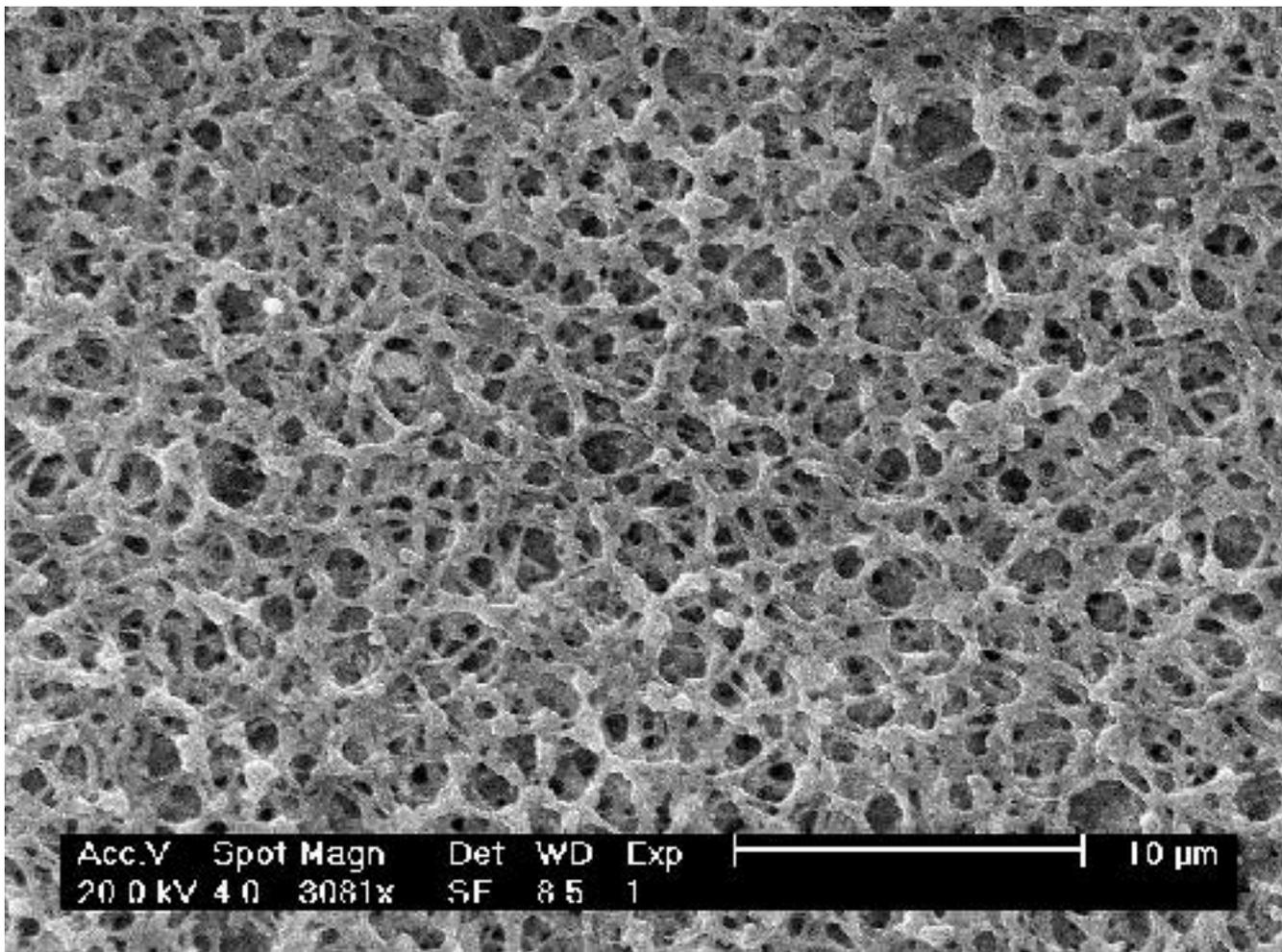


Abbildung 2: Neuigkeitsgrad des Kursstoffes. Antworten auf die Frage: Welcher Anteil des Kursstoffes war für Sie neu?

rechnung sämtlicher Kosten pro Teilnehmer und Tag bis zu SFr. 1000.– berechnet werden müssten. Ein Betrag, der weder verlangt werden kann noch muss. Einerseits ist es eine Pflicht der EAWAG, Weiterbildung anzubieten, und andererseits darf der Nutzen dieser Aktivitäten nicht unterschätzt werden. PEAK bieten die Möglichkeit, neuste Erkenntnisse und Erfahrungen aus der Wissenschaft und der Praxis auszutauschen.



Abbildung 3: Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Ökotoxikologie-Kurs vom 11.–13. März 2003. (Foto: Herbert Güttinger)



Umwelttechnologie

Membranverfahren in der Abwasserreinigung – Vergleich mit konventionellem Verfahren anhand der Nitrifikantenpopulation

Reto Manser

Der vergleichende Betrieb einer Pilotanlage mit konventionellem Belebtschlammverfahren und Membranverfahren zeigte während der ersten acht Monate Betrieb deutliche Unterschiede in den Schlammeigenschaften. Der Schlamm der Membrananlage besteht im Vergleich zum konventionellen Schlamm aus kleineren Strukturen und lässt sich dementsprechend kaum sedimentieren. Die qualitative Beobachtung der Nitrifikanten mit Gensonden ergab bisher keine signifikanten Verschiebungen zwischen den beiden Verfahren.

Belebtschlammverfahren mit getauchten Membranen zur Abtrennung der Biomasse vom gereinigten Abwasser (auch Membranbioreaktoren, abgekürzt MBR, genannt) sind eine viel versprechende Alternative zum konventionellen Verfahren mit Nachklärbecken (Abbildung).

Vollständiger Rückhalt der Biomasse, die damit einhergehende hohe Ablaufqualität und deutlich reduzierter Platzbedarf sprechen für das neue Verfahren.

Allerdings weisen MBR im Vergleich zum konventionellen Verfahren einige Unterschiede auf. Hinsichtlich der Biomasse sind zwei Merkmale wichtig:

Die Membran (charakteristische Porendurchmesser 0,01–0,4 µm) hält sämtliche Bakterien (Durchmesser ca. 1 µm) zurück, d.h., die Selektion von Flocken bildenden Organismen bezüglich Auswaschung, wie sie in der Nachklärung stattfindet, ist nicht zwingend. Somit könnten sich auch kleinere Strukturen oder theoretisch sogar Einzelzellen im System anreichern.

In Membranbioreaktoren können deutlich höhere Schlammalter gefahren werden. Durch die höheren Schlammaufenthaltszeiten könnten sich theoretisch langsam wachsende Bakterien ansiedeln, die bei den üblichen Schlammaltern von 10–15 Tagen ausgewaschen würden. Dies könnte im Hinblick auf den Abbau von Mikroverunreinigungen interessant sein.

Diese Arbeit versucht nun, die Auswirkungen der unterschiedlichen Umweltbedingungen im konventionellen und

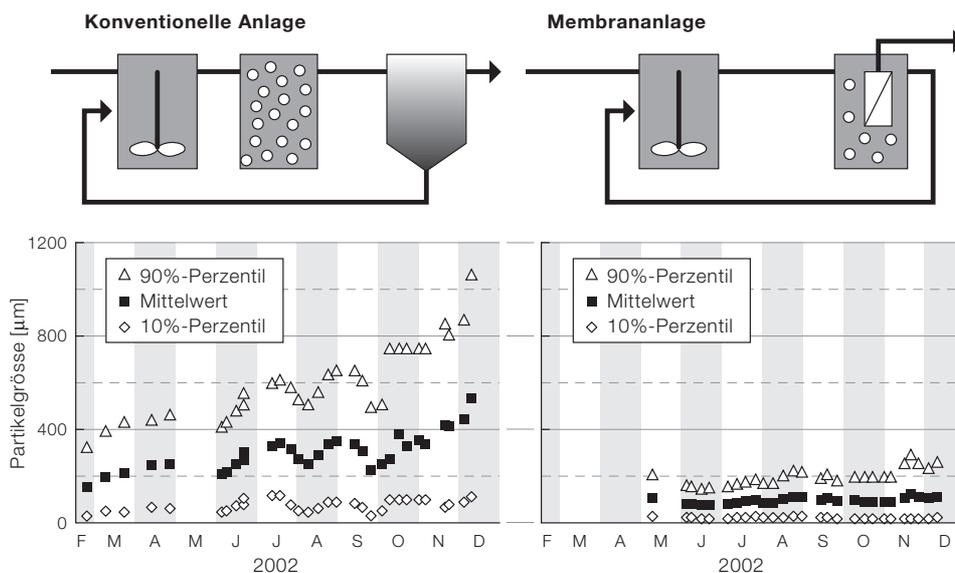


Abbildung: Verfahrensschemata und Partikelgrößenverteilungen der beiden Verfahren.

im Membranbelebungsverfahren aufzuzeigen und wichtige Grundlagen im Hinblick auf die Dimensionierung eines MBR zu erarbeiten. Um das System überschaubar zu halten, wurde die Gruppe der Nitrifikanten als wichtige Vertreter des Belebtschlammes ausgewählt.

In der ersten Phase werden beide Anlagentypen mit einem Schlammalter von 20 Tagen gefahren, um die oben genannten Effekte voneinander zu entkoppeln. Anschließend soll das Schlammalter sukzessive erhöht werden.

Die routinemässige Messung des Schlammvolumenindex SVI (Mass für die Absetzbarkeit des Schlammes) und der Partikelgrößenverteilung der Schlämme lässt deutliche Unterschiede zwischen den beiden Verfahren erkennen. Während beim konventionellen Verfahren die gute Absetzbarkeit korreliert mit grossen Flockenstrukturen, geht die schlechte Absetzbarkeit des Membranschlammes einher mit ausgeprägt kleineren Strukturen (Abbildung).

Im qualitativen Vergleich der Nitrifikantenpopulationen konnten keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. Bei den Ammonium oxidierenden Bakterien (Prefix Nitroso-) sind während der ganzen Betriebszeit drei Untergruppen der Gattung Nitrosomonas vertreten, nämlich *Nitrosomonas oligotropha*, *communis* und *europaea*, wobei Letzte in geringer Anzahl. Die Nitrit oxidierenden Bakterien (Prefix Nitro-) sind der Gattung Nitrospira zuzuordnen. Vertreter der früher für die Nitritoxidation verantwortlich vermuteten Gattung der Nitrobacter wurden auch in diesen Anlagen bisher nicht gefunden.

Das Membranverfahren beeinflusst die Eigenschaften des Belebtschlammes bezüglich Absetzeigenschaften und Flockenstruktur. Die laufenden Batchversuche sollen

zeigen, welche Folgen daraus für die Leistung und den Betrieb entstehen.

Die unterschiedlichen Schlammeigenschaften scheinen keinen direkten Einfluss auf die qualitative Zusammensetzung der Nitrifikantenpopulation zu haben. Die Entwicklung einer quantitativen Methode zur Auswertung der mikroskopischen Bilder wird einen detaillierteren Vergleich ermöglichen.

Behandlung von Urin mit Elektrodialyse

Wouter Pronk, Kai Udert, Nadine Bramaz, Beate Escher, Markus Boller

Im Querprojekt NOVAQUATIS werden die separate Sammlung und Behandlung von Urin untersucht mit dem Ziel, die darin enthaltenen Nährstoffe einer späteren Nutzung zuzuführen. Ein mögliches Behandlungsverfahren ist die Elektrodialyse. Mit ihr können alle wesentlichen Nährstoffe gleichzeitig extrahiert und aufkonzentriert werden.

Urin ist bezüglich seiner Nährstoffzusammensetzung gut als landwirtschaftlicher Dünger geeignet. In der heutigen Praxis wird das Abwasser aus Siedlungen in Kläranlagen behandelt, wobei die Schmutzstoffe biologisch zerstört oder im Klärschlamm angereichert werden. Allerdings werden unerwünschte Mikroverunreinigungen (Pharmazeutika, hormonaktive Stoffe) in den Kläranlagen nur zum Teil entfernt (vgl. Beitrag Molnar et al. S. 35). Solche Stoffe können in aquatischen Ökosystemen nachgewiesen werden und es besteht der Verdacht, dass sie negative Auswirkungen auf Wasserorganismen haben könnten. Im EAWAG-Querprojekt NOVAQUATIS werden

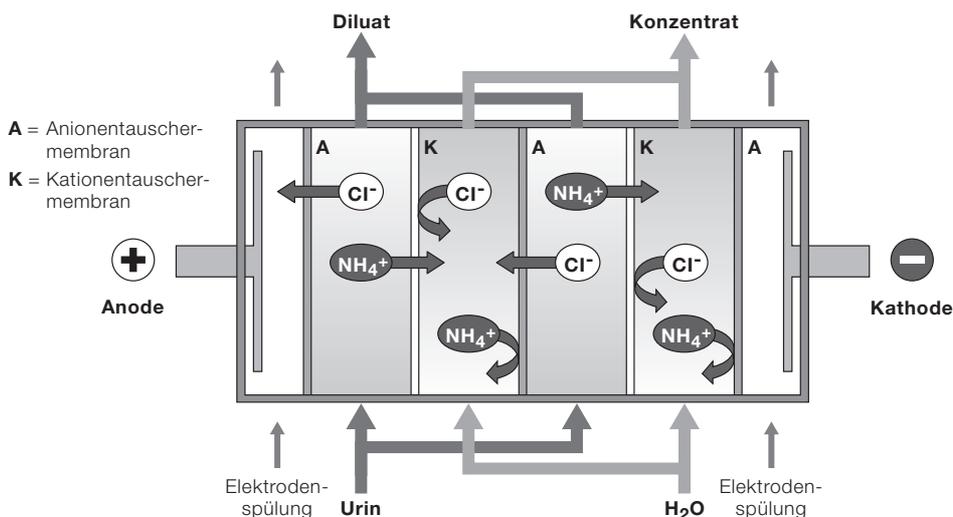


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Ionemigration in Membranzellen einer Elektrodialyse-Anlage (Erklärungen im Text).

deshalb unter anderem Trennungsmethoden untersucht, die es ermöglichen, die wertvollen Nährstoffe aus dem Urin zurückzugewinnen und gleichzeitig organische Mikroverunreinigungen weitgehend abzutrennen.

Eines der untersuchten Verfahren zur Aufbereitung von Urin ist die Membrantechnologie der Elektrodialyse. Das Prinzip der Elektrodialyse ist in Abbildung 1 dargestellt. Kationen- und anionenselektive Membranen sind so zwischen einem Elektrodenpaar arrangiert, dass alle gelösten Salze aus einem Kompartiment (Diluat) in ein anderes (Konzentrat) transportiert werden. Ungeladene organische Stoffe, die einen grösseren Durchmesser als die Membranporen haben, werden zurückgehalten. Die Versuche wurden mit synthetisch hergestelltem Urin und mit gelagertem Urin aus den NoMix-WCs der EAWAG-Gebäude in Dübendorf durchgeführt. Um das Schicksal von Mikroverunreinigungen zu verfolgen, wurde dem Urin der hormonaktive Wirkstoff Ethinylestradiol zugegeben. Die Analyse erfolgte mit Hilfe eines biologischen Testsystems, das selektiv alle östrogenartig wirkenden Substanzen detektiert. Es basiert auf gentechnisch veränderten Hefezellen, die einen humanen Östrogenrezeptor enthalten.

In Abbildung 2 sind die Resultate eines Versuches dargestellt. Die wichtigsten Nährstoffe (aber auch andere Ionen) werden fast vollständig ins Produkt-Kompartiment transportiert und um einen Faktor 2 bis 3 aufkonzentriert. Ethinylestradiol wird nahezu vollständig von den Membranen zurückgehalten: Im Produkt (Konzentrat) wurde weniger als 0,5% des Ethinylestradiols nachgewiesen. Die Analyseresultate deuten darauf hin, dass ein Teil des Ethinylestradiols an der Membranoberfläche adsorbiert wird.

Weitere Untersuchungen zur Anwendung der Elektrodialyse sind geplant, um das Verhalten unterschiedlicher Mikroverunreinigungen zu verfolgen und die Prozessbedingungen zu optimieren.

Nitrifikationskapazität der Abwasserreinigungsanlage Arosa

Christian Abegglen (ETH Zürich, Institut für Hydrodynamik und Wasserbau); Max Maurer

Die Abwasserreinigungsanlagen (ARA) von Wintersportorten sind sehr starken saisonalen Schwankungen ausgesetzt, trotzdem wird eine durchgehend gute Reinigungsleistung gefordert. In Arosa können die Grenzwerte nicht eingehalten werden. Für eine Entschärfung der Problematik sind bauliche oder verfahrenstechnische Massnahmen nötig.

Die in Arosa ganzjährig wohnhaften 2500 Personen bilden während der Sommer- und Wintersaison nur einen Bruchteil aller Leute im Dorf. Dies führt im Zulauf der Kläranlage zu einem ausgeprägten Jahresgang. Abbildung 1 zeigt am Beispiel der Stickstofffracht im Zulauf der Anlage ganz deutlich diese saisonale Dynamik.

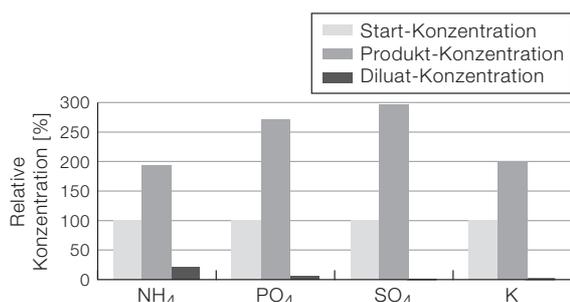


Abbildung 2: Konzentrationen der wichtigsten Urinkomponenten im Konzentrat sowie im Diluat während eines Elektrodialyse-Versuches mit gelagertem Urin (alle Konzentrationen relativ zur Anfangskonzentration).

Ganz speziell ist die Situation vor Weihnachten, wo innert weniger Tage die Belastung um das Sieben- bis Achtfache ansteigt.

Nach einem Fischsterben im Stausee unterhalb der Kläranlage im Jahre 1998 wurde für die Kläranlage eine ganzjährige Elimination des fischtoxischen Ammoniums gefordert. Bei dieser so genannten Nitrifikation wird Ammonium (NH_4^+) zusammen mit Sauerstoff (O_2) zu Nitrat (NO_3^-) umgewandelt, das für Fische unproblematisch ist:



Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, läuft dieser Prozess nur vom Frühling bis Herbst ab. Im Winter bricht die Nitrifikation zusammen und überschreitet den Grenzwert von 2 mg N/l massiv. Aufgrund dieser Betriebsprobleme im Winter wurden die Stickstoffelimination und insbesondere die Nitrifikation der Kläranlage Arosa im Rahmen einer Diplomarbeit im Wintersemester 2001/2002 untersucht.

Nach der Überprüfung der vorhandenen Messdaten und der Erhebung von fehlenden Daten in zwei Messkampagnen versuchten wir, mit Hilfe eines mathematischen Modells das Verhalten der Anlage während der kritischen Phase von Mitte Dezember bis Ende Februar zu simulieren. Dabei gelang es gut, die gemessenen Werte nachzuvollziehen. Ausserdem konnten wir auch zeigen, dass sich das Verhalten der Anlage recht gut mit der in diesen Modellen gespeicherten Erfahrung erklären lässt. Anders ausgedrückt: Die ARA Arosa ist kein Sonderfall.

Basierend auf diesem erarbeiteten Simulationsmodell konnten wir nun in einer zweiten Phase verschiedene Varianten zur Entschärfung der Stickstoffprobleme der Anlage untersuchen. Dabei haben wir im Zusammenhang mit dem Projekt NOVAQUATIS auch Varianten betrachtet,

die die Belastung im Zulauf mit Hilfe der Urinseparation verringern oder verzögern. Zusammenfassend kann man sagen, dass verschiedene Massnahmen nötig sind, um eine stabile Nitrifikation zu erreichen.

Es hat sich gezeigt, dass die ARA Arosa für die Belastungen der Wintersaison zu klein ist und entsprechend die Kapazitäten erhöht werden müssen. Als Massnahmen stehen ein Ausbau oder eine Verbesserung des Schlammrückhaltes in den Becken zur Wahl.

Allerdings wurde deutlich, dass auch ein komfortabler Ausbau nicht verhindern kann, dass zu Beginn der Wintersaison die Ablaufwerte nicht eingehalten werden können. Der enorme Anstieg der Belastung überfordert die Flexibilität der für den Abbau verantwortlichen Mikroorganismen und erst nach einer gewissen Adaptationsphase können dann die benötigten Umsätze erreicht werden. Abhilfe kann hier eine separate Sammlung von Urin bringen. Da Urin nur rund 0,5% der Abwassermenge ausmacht, aber 80% des im Abwasser vorhandenen Ammoniums enthält, kann mit relativ geringen Volumina die Kläranlage signifikant entlastet werden. Durch eine temporäre Speicherung von Urin würde es gelingen, die enorme Zunahme der Belastung zu Beginn der Wintersaison zu dämpfen und damit die Ablaufwerte zu verbessern.

Dank

Die Untersuchungen der beiden Diplomanden, Christian Abegglen und Simon Haag, wurden von allen beteiligten Parteien – Kläranlagenpersonal (R. Mathyer), Bauamt Arosa (R. Hagmann), Amt für Umweltschutz Kanton Graubünden (G. Deplazes und M. Holzer) und Institut für Hydrodynamik und Wasserwirtschaft der ETH Zürich – vorbildlich unterstützt, wofür wir uns an dieser Stelle nochmals herzlich bedanken möchten.

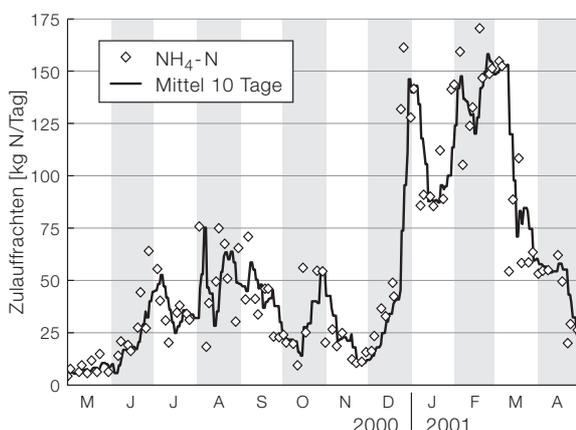


Abbildung 1: Zulauf fracht von Ammonium (Messwerte und Mittelwert über 10 Tage) als ein Mass für die Anzahl Leute in Arosa. Im Dezember steigt die Fracht rasant an.

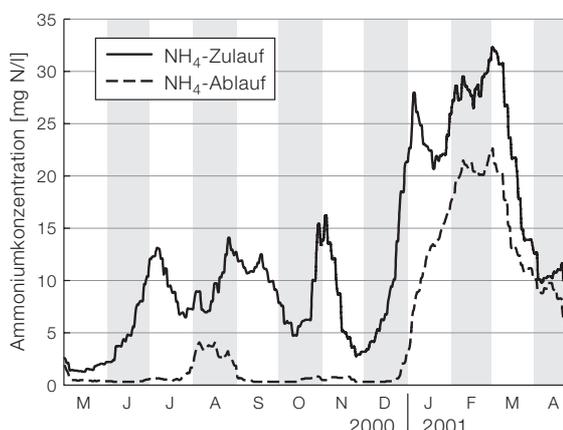


Abbildung 2: Verlauf der Ammoniumkonzentration im Zu- und Ablauf der ARA Arosa. Ende Dezember bricht die Nitrifikation zusammen und die geforderten Ablaufwerte können nicht eingehalten werden.

Schaumbildung auf Kläranlagen

Thomas Hug

Die Bildung von stabilem Schaum, verursacht durch bestimmte Bakterien, ist ein verbreitetes Problem in Kläranlagen auf der ganzen Welt. Dieser Schaum verlangt mehr Unterhaltsarbeiten, kann die Betriebsstabilität gefährden und die Gewässer verunreinigen. Dieses Projekt soll das Verständnis der Prozesse verbessern, die zum massenhaften Wachstum von schaumbildenden Bakterien in Kläranlagen führen. Ein mathematisches Modell soll die Mechanismen zu erklären versuchen und die Entwicklung von Bekämpfungsstrategien unterstützen.

Der Schaum wird gebildet, indem sich hydrophobe fadenförmige Bakterien um vorhandene Gasblasen anlagern und diese stabilisieren, so dass sie an der Oberfläche nicht platzen. Dadurch bildet sich ein klebriger, äusserst zäher Schaum, der eine sehr hohe Konzentration von Mikroorganismen aufweist (Abbildung 1). Die Gasblasen werden entweder durch die Belüftung eingetragen oder durch biologische Prozesse freigesetzt.

Belebtschlamm besteht aus einer Vielzahl unterschiedlicher Mikroorganismen. Auch bei gleich bleibender Reinigungsleistung verändert sich die Zusammensetzung der Population je nach Umwelt- und Betriebsbedingungen. Solche Veränderungen werden für Anlagenbetreiber meist erst problematisch, wenn sich Bakterien stark vermehren, die Störungen verursachen können, zum Beispiel die Schaumbildung.

Da Bakterien in Belebtschlammflocken meist auch unter dem Mikroskop nicht sichtbar oder nicht eindeutig identifizierbar sind, werden in diesem Projekt so genannte Gensonden (Fluoreszenz-*in-situ*-Hybridisierung) angewendet. Damit können Mikroorganismen aufgrund ihres genetischen Codes spezifisch angefärbt und unter dem Mikroskop sichtbar gemacht werden, dies auch im Innern von dichten Flocken.

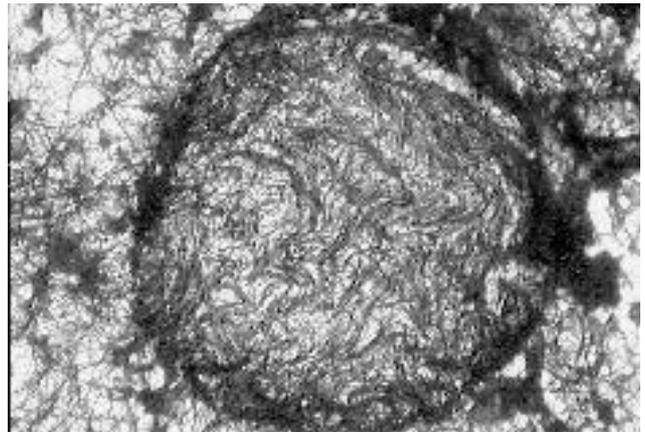


Abbildung 1: Unter dem Mikroskop wird sichtbar, dass hydrophobe fadenförmige Bakterien ein stabiles Netz um die Luftblasen bilden und so den Schaum stabilisieren. Für dieses Bild wurden die Bakterien mit Gram-Färbung sichtbar gemacht. Der Durchmesser der abgebildeten Blase beträgt ca. 0,4 mm. (Bild: Thomas Hug)

Welche Bedingungen zum massenhaften Wachstum solcher Bakterien führen, ist noch nicht geklärt. Es scheint aber, dass man durch den Ausbau der Kläranlagen, um eine weiter gehende Reinigung zu ermöglichen, Bedingungen geschaffen hat, welche schaumbildende Bakterien fördern. Bekannt ist, dass die zwei Gruppen, welche hauptsächlich für die Schaumbildung verantwortlich gemacht werden (*Microthrix parvicella* und die Gruppe der nocardioformen Actinomyceten), Fette und Öle im Abwasser benötigen. Ist diese Voraussetzung erfüllt, bildet sich meist je nach Bedingungen im Belebungsbecken die eine oder andere Population aus. In der Kläranlage, auf welcher die meisten Untersuchungen dieses Projektes stattfinden, zeigt sich besonders klar ein jahreszeitlicher Wechsel zwischen diesen beiden Organismen (Abbildung 2).

In einer Versuchskläranlage wird mit dem gleichen Abwasser, aber unter kontrollierten Umweltbedingungen das Wachstum dieser Bakterien untersucht. Messungen in verschiedenen Kläranlagen, welche vom Schaum-

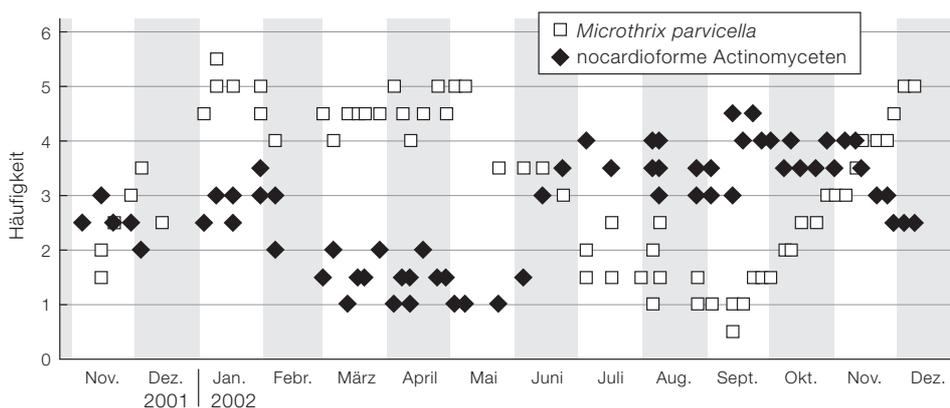


Abbildung 2: Belebtschlamm in Kläranlagen besteht aus einer grossen Anzahl verschiedener Bakterien. Je nach Umwelt- und Betriebsbedingungen verändert sich die Zusammensetzung. Im Bild ist die jahreszeitliche Veränderung der Häufigkeit von zwei Schaum verursachenden Bakterien dargestellt. Die Bakterien wurden mit Gensonden angefärbt und qualitativ in Häufigkeitsklassen eingeteilt.

problem betroffen sind, sollen zeigen, ob die Resultate der Versuchsanlage allgemein gültig sind.

Die Resultate sollen es schliesslich ermöglichen, ein mathematisches Modell zu erstellen, welches das Wachstum dieser Organismen in Kläranlagen erklärt. Ein solches Modell wird helfen, Strategien zur Bekämpfung oder Vermeidung von Schaum zu entwickeln.

Etablierte Filtrationstechnologie sucht neue Anwendung – was haben Fruchtsaft und Klärschlamm gemeinsam?

Marc Böhler, Hansruedi Siegrist

Die Schweiz hat aufgrund einer ökologischen Risiko-bewertung beschlossen, ab 2005 den Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Verwertung zu vollziehen, was einer Verbrennung allen Klärschlammes gleichkommt. In Zusammenarbeit mit der Firma Bucher-Guyer und der ARA Glarnerland wurden grosstechnische Versuche zur maschinellen Entwässerung von Faulschlamm mittels einer Fruchtpresse durchgeführt, was einen wichtigen Teilverfahrensschritt zur Entsorgung darstellt. Mit dem Anliegen, die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu fördern, unterstützt die Kommission für Technologie und Innovation (KTI) die Versuche.

Die Abwasserreinigung wird heute im Wesentlichen durch das Belebungsverfahren vollzogen. Für eine Entsorgung der anfallenden Klärschlämme werden mit dem Ziel der Mengenreduktion aufwändige Verfahren zur Verringerung des Wassergehaltes betrieben. Ein wichtiger Schritt ist die maschinelle Entwässerung, die die Effizienz und die Kosten der Weiterbehandlung sowie der Entsorgung beeinflusst. Soll die Entsorgung durch die Verbrennung in einer Kehrlichtverbrennungsanlage (KVA) erfolgen, muss der entwässerte Schlamm einen Trockensubstanzgehalt (TS) von mindestens 30–35% aufweisen. In der Schweiz fallen rund 200 000 t TS/Jahr an.

Übliche maschinelle Entwässerungsaggregate wie Bandfilterpressen, Zentrifugen und Kammerfilterpressen erreichen TS-Gehalte von 20–*45% (*inkl. Zuschlagstoffe). Die Firma Bucher-Guyer AG hat ein System für die Entsaftung von Früchten entwickelt und in Laborversuchen zur Entwässerung von Klärschlamm mit der Fruchtpresse gezeigt, dass mit diesem System eine effiziente Verringerung des Wassergehaltes bis zu einem TS von 38–40% möglich ist. Die Presse besteht aus einem Zylinder (2,5 m³), einem beweglichen Kolben und im Inneren aus 130 flexiblen Drainageelementen (Abbildung).

Es handelt sich um ein Batchsystem, welches diskontinuierlich mit Pressgut befüllt wird. In der Fruchtpresse ist das Entwässerungsprinzip umgesetzt, welches man selbst anwendet, wenn man ein Tuch auswringt. Nach jedem Wringen entfaltet man das Tuch, um die «Drainagefähigkeit» des Tuches wieder zu verbessern, und wringt es erneut aus. Dabei variiert man Druck und Dauer je nach Gefühl. Umgesetzt auf die Presse bedeutet dies, dass zwischen jedem Teil-Füllvorgang ein überwiegender Teil des freien Wassers bereits durch das Aufbringen von Druck (am Ende bis zu 10 bar) abgeschieden wird. Hierzu dienen die länglichen Drainageelemente, die das Schlammwasser schnell abführen. Ist eine festgelegte Füllmenge erreicht, wird weiterhin sequenziell das Wasser abgepresst. Während des gesamten Batchbetriebes (Füllen und Pressen) rotiert der Presszylinder und lockert daher zwischen jedem Zyklus den entstandenen Filterkuchen erneut auf. Hieraus resultiert, wie bereits oben angedeutet, dass sich bei jedem neuem Zyklus ein neuer Filterkuchen mit neuen Drainagekanälen ausbildet.

Die Untersuchungen zeigen, dass mit diesem System unter Praxisbedingungen einer ARA TS-Gehalte von 32–37% bei einer Leistung von 3,6–5 m³ Dünnschlamm pro Stunde erreicht werden können. Bei Langzeitpressversuchen konnte der Faulschlamm bis auf 43,5% TS entwässert werden.

Neben der allgemeinen Einsatzfähigkeit des Systems auf einer ARA wurden die Einflussgrößen wie u.a. der

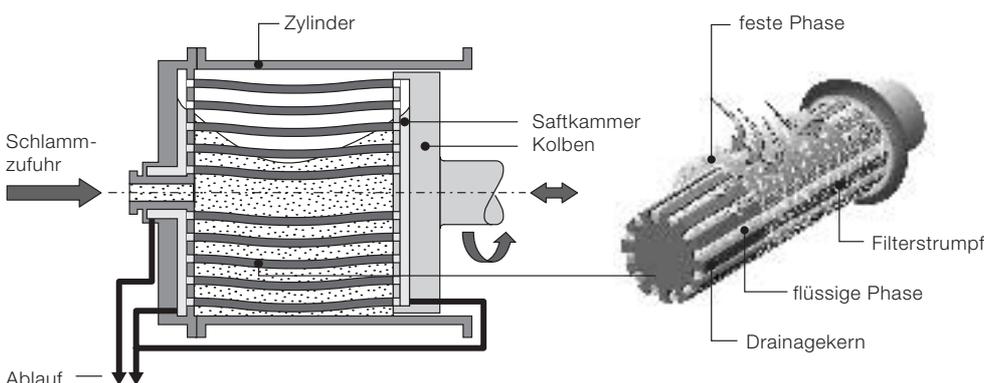


Abbildung: Prinzip der Presse und Detail eines Drainageelementes. Die verwendete Presse HP2500 beinhaltet 130 dieser Filter-/Drainagekomponenten. Durch Aufziehen des Zylindermantels ist ein leichtes Entleeren der Presse möglich.

Glühverlust, der Flockungsmittelinsatz und die Partikelgrößenverteilung betrachtet, welche das Pressergebnis beeinflussen.

Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung, welche einen direkten Vergleich mit der Zentrifuge vornimmt, beinhaltet Investitions-, Wartungs- und Betriebskosten (Personal, Konditionierung Schlamm) sowie Kosten für die Entsorgung (Transport und KVA-Annahmegebühren). Da die verwendete Presse zurzeit rund 50% des Schlammdurchsatzes der Zentrifuge erreicht, wurde für den Vergleich ein grösseres Aggregat angesetzt. Es zeigt sich, dass, wenn durchschnittlich 4% mehr TS gegenüber der Zentrifuge erreicht werden, die Rückzahlperiode nach 5,2 Jahren im Fall der Entsorgungskosten der ARA Glarnerland (220 SFr./t Nassgewicht) erreicht werden kann. Zur Steigerung des Durchsatzes und damit der Wirtschaftlichkeit wird ein effizienteres Filtergewebe ermittelt und ein neuer Drainagekern entwickelt.

Die Untersuchungen zeigen, dass man mit einer etablierten Verfahrenstechnik neue Anwendungen erschliessen und als interessante Alternative gegenüber herkömmlichen Systemen für die maschinelle Entwässerung anbieten kann.

Tracermethoden zur Quantifizierung der hydraulischen Interaktion zwischen Abwasserkanalisation und Grundwasserleiter

Jörg Rieckermann, Oliver Kracht, Willi Gujer

Ein genaues Verständnis des hydraulischen Austauschs zwischen undichten Abwasserkanälen und Grundwasserleitern ist für den nachhaltigen Betrieb von Kanalisation und Kläranlage wesentlich. Die Exfiltration von Abwasser aus der Kanalisation stellt eine permanente Belastung der Umwelt dar, wohingegen die Infiltration von Grundwasser die Leistung der Abwassersysteme beeinträchtigt. Neue Tracermethoden zur zuverlässigen Quantifizierung dieser Austauschprozesse werden erforscht.

In vielen Städten wird der Grundwasserspiegel durch schadhafte Abwasserkanalisationen beeinflusst. Treten Undichtigkeiten im Bereich des Grundwassers auf, infiltriert sauberes Grundwasser in die Kanalisation und senkt die Reinigungsleistung der Kläranlage. Liegen beschädigte Kanalrohre über dem Grundwasserspiegel, versickert Abwasser und kann zur Kontamination von Boden und Aquifer führen.

Die traditionellen Methoden zur Infiltrationsbestimmung sind in der Regel noch mit grossen Unsicherheiten be-

haftet. Erfahrungen in der quantitativen Messung der Exfiltration bestehen kaum. Derzeitige Annahmen über den Fremdwasseranteil an der den Kläranlagen zufließenden Abwassermenge betragen allgemein mehrere Zehnerprozent. Angaben über durchschnittliche Abwasserverluste schwanken im Bereich von 0 bis 24% des produzierten Abwassers [1]. Die Quantifizierung dieser Ex- und Infiltrationsprozesse könnte geeignete Kennzahlen zur Bewertung von Kanalisationsnetzen liefern und zur Optimierung der Sanierungs- und Betriebsstrategien genutzt werden.

Zur Exfiltrationsmessung wird das Abwasser mit einem geeigneten Tracer markiert und der Verlust des Markierungsstoffes gemessen. Wesentliches Merkmal der Methode ist, dass der Tracer sowohl zu Beginn als auch am Ende der Untersuchungsstrecke zudosiert wird (Abbildung). Die Tracermasse des Indikatorsignals wird von der Exfiltration verringert, weil mit dem versickernden Abwasser auch Markierungsstoff verloren geht. Im Gegensatz dazu wird das Referenzsignal nicht von dieser Exfiltration beeinflusst. Über einen Vergleich der beiden Signale wird eine quantitative Bestimmung der Exfiltration möglich.

Ziel ist es, die günstigste Kombination von Tracerstoff, verfügbarer Messtechnik und Methoden der Datenanalyse zu finden, um in der Praxis ein möglichst optimales Experiment durchführen zu können. Unsere bisherigen Erfahrungen beruhen auf dem Einsatz von Natriumchlorid als Salztracer sowie fluoreszierenden Farbstoffen. Weiterhin werden ionenselektive Sonden für Lithium und Bromid getestet, die speziell für den Einsatz im Abwasser vorgesehen sind. Die Auswertung von Feldexperimenten lässt darauf schliessen, dass die Detektionsgrenze für Abwasserverluste zurzeit bei ca. 10% liegt, was für die praktische Anwendung zu hoch scheint. Eine Verbesserung der Genauigkeit wird angestrebt.

Die Bestimmung der Infiltration schliesst den Einsatz künstlicher Tracersubstanzen aus, da dieses die homogene Markierung ganzer Grundwasserleiter erfordern

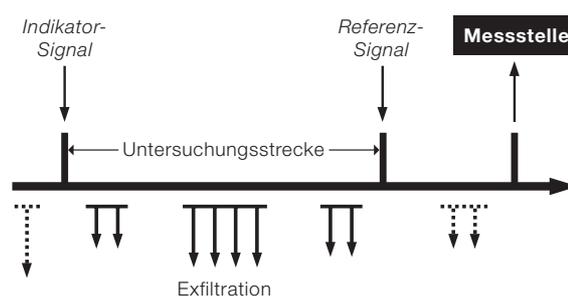


Abbildung: Schematischer Aufbau des Experimentes zur Exfiltrationsmessung.

würde. Vielmehr werden spezifische physikalisch-chemische Eigenschaften des lokalen Trink-, Grund- und Abwassers als natürliche Mischungs- oder Verdünnungstracer genutzt.

Dafür bieten sich besonders Substanzen im Abwasser an, deren Hintergrundkonzentration im Grundwasser vernachlässigbar gering ist. Unter bestimmten Voraussetzungen lässt sich dann der Fremdwasseranteil direkt aus einer kombinierten Betrachtung der Schmutzstoff- und Abflussganglinie identifizieren. Durch Einsatz moderner Inline-Messtechniken kann die Datenanalyse auf der Grundlage von Messreihen mit hoher zeitlicher Auflösung erfolgen.

Ein anderer Ansatz verfolgt die Nutzung von Unterschieden in der Sauerstoff- und Wasserstoffisotopenzusammensetzung des lokalen Trink- und Grundwassers. Diese Anwendung beschränkt sich zwar auf Einzugsgebiete, in denen sich die Trinkwasserversorgung auf ein von den lokalen Grundwasservorkommen hydrologisch verschiedenes Einzugsgebiet stützt. Sie ermöglicht uns aber grundsätzliche Erkenntnisse zu den möglichen Mengenverhältnissen grossräumiger Infiltrationen.

Literatur

[1] Stein D. (1999): Instandhaltung von Kanalisationen, Ernst & Sohn, Berlin.

Stochastisch-probabilistische Modellierung im Gewässerschutz bei Regenwetter

Vladimir Krejci, Simon Kreikenbaum, Luca Rossi, Rolf Fankhauser

Die Simulation der Niederschlags-Abfluss-Prozesse in der Siedlungsentwässerung basiert im Allgemeinen auf deterministischen Modellen. Da diese Modelle Unsicherheiten nur unzulänglich berücksichtigen, wird im EAWAG-BUWAL-Projekt «STORM: Konzeptuelle Grundlagen der Regenwasserbehandlung» ein stochastisch-probabilistischer Ansatz verfolgt, dessen Besonderheiten hier vorgestellt werden.

Stochastisch-probabilistische Modelle beinhalten eine Beschreibung der Unsicherheiten z.B. in der Ursache-Wirkungs-Beziehung. Aufgrund der Berücksichtigung von Unsicherheiten eignen sich stochastisch-probabilistische Modelle besser, um komplexe Systeme wie die Siedlungsentwässerung bei Regenwetter nachzubilden, als deterministische Modelle.

Die Unterschiede zwischen den beiden erwähnten Typen von Modellen werden an folgendem Beispiel deutlich: Der

Grenzwert für eine Abwassereinleitung aus der Kanalisation bei Regenwetter in ein Gewässer kann z.B. mit einer «kritischen Dosis» (Konzentration mal Einwirkdauer) und der Auftretensperiodizität definiert werden (z.B. maximal 0,2 kritische NH_3 -Zustände im Gewässer pro Jahr). Auf die Frage, ob diese Bedingung erfüllt ist, liefert ein deterministisches Modell als Antwort «ja» oder «nein». Aufgrund der nicht berücksichtigten Unsicherheiten ist allerdings unklar, ob diese «scharfe» Antwort auch in Realität gültig ist. Das stochastisch-probabilistische Modell hingegen liefert als Antwort eine Wahrscheinlichkeit, mit der die Einleitbedingung eingehalten wird. Dies bietet die Möglichkeit einer breiteren Interpretation für die Massnahmenplanung.

Zur Unterstützung der Planung von Massnahmen zur Regenwasserbehandlung wurde ein Prototyp eines stochastisch-probabilistischen Simulationstools entwickelt. Modelliert werden die Niederschlags-Abfluss-Prozesse dreier Einzugsgebiete (ein natürliches, ein Misch- und ein Trennsystem-Einzugsgebiet), deren Abflüsse mit einfachen hydrologischen Modellen wie Linearspeicher- und Schwellwertmethode berechnet werden. Die Inputparameter des Programms sind Mittelwerte und Verteilungsfunktionen von ca. 45 Variablen und Parametern. Das Testen des Modells hat gezeigt, dass für Berücksichtigung der Unsicherheiten in den Inputdaten und in den Modellen ca. 1000 Iterationen mit Hilfe der Monte-Carlo-Routine optimal sind. Die Berechnungszeit für diese Anzahl der Iterationen liegt im Bereich von einigen Minuten.

Die Abbildungen zeigen die Resultate aus einer Fallstudie. Aus Abbildung 1 sind die Wahrscheinlichkeiten abzulesen, mit denen die Einleitbedingungen erfüllt werden. Jeder einzelne Punkt der Kurven in Abbildung 1 entspricht der Frequenz, mit der in einer Iteration der Monte-Carlo-Simulation kritische Ereignisse auftreten (System-Performance). Diese Ereignisse sind definiert als Überschreiten des Grenzabflusses für Geschiebetrieb (untere Kurve) oder der toxischen NH_3 -Dosis für Forellen (obere Kurve). Als Einleitbedingungen dienen maximal

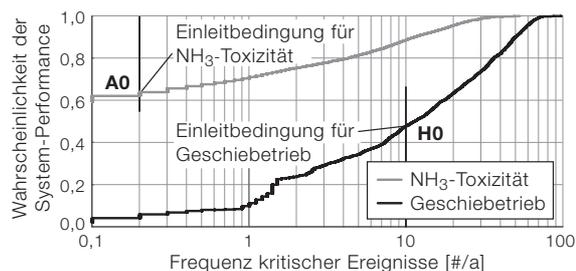


Abbildung 1: Die Wahrscheinlichkeit, mit der (im Ist-Zustand dieses Beispiels) die Einleitbedingungen erfüllt werden, liegt bei $P = 0,48$ für Geschiebetrieb (H0) und $P = 0,62$ für Ammoniaktoxizität (A0) (weitere Erklärungen im Text).

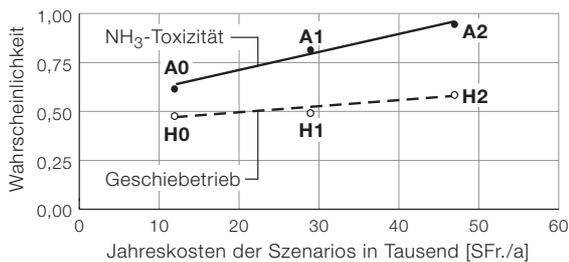


Abbildung 2: Kostenwirksamkeit von Massnahmen (Ist-Zustand: A0/H0, Variante 1: A1/H1, Variante 2: A2/H2). Die Varianten entsprechen einer Vergrößerung des Regenüberlaufbeckens. (Weitere Erklärungen im Text)

10 Geschiebetriebereignisse pro Jahr und maximal 0,2 NH_3 -toxische Zustände pro Jahr. Es ergibt sich, dass für NH_3 62% der 1000 Iterationen die Einleitbedingungen erfüllen und für Geschiebetrieb 48%. Die Wahrscheinlichkeit, mit der die NH_3 -Bedingung erfüllt ist, beträgt folglich 0,62 und für die Geschiebetriebsbedingung 0,48.

In Abbildung 2 sind für drei Varianten von Massnahmen (Ist-Zustand und zwei Varianten eines vergrösserten Regenüberlaufbeckens) die jährlichen Kosten gegen die Wahrscheinlichkeiten zur Erfüllung der Einleitbedingungen aufgetragen. Die gestrichelte Linie ist eine Trendlinie der Kostenwirksamkeit der Massnahmen in Bezug auf Geschiebetrieb und die durchgezogene in Bezug auf NH_3 -Toxizität. Je steiler die Kurve, desto wirksamer die Massnahme. Eine Vergrößerung des Regenüberlaufbeckens wirkt sich also stärker auf die Einhaltung der Einleitbedingung für Geschiebetrieb aus als auf jene für NH_3 -Toxizität.

Literatur

Kreikenbaum S., Krejci V., Rauch W., Rossi L. (2002): Probabilistic Modeling as a New Planning Approach to Stormwater Management. Conference Proceedings CD-ROM 9ICUD, 08.–13.09.2002, Portland, OR.

Mitbehandlung von Fäkalschlamm und Abwasser in Teichsystemen – das Beispiel Alcorta in Argentinien

Agnès Montangero, Martin Strauss

Die gemeinsame Behandlung von Abwasser und Fäkalschlamm in Teichanlagen stellt eine viel versprechende Option für Städte in Entwicklungsländern dar. Fäkalschlamm muss vor der Mitbehandlung vorbehandelt werden, um eine Überlastung des Teichsystems mit Feststoffen zu verhindern. Die maximale Fäkalschlammmenge, welche mit dem Abwasser in einer Teichanlage behandelt werden kann, wird aufgrund der Parameter Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB_5) und NH_3 bestimmt.

In den Städten der Entwicklungsländer werden menschliche Fäkalien in der Regel nicht über Schwemmkanalisationen weggeschwemmt, sondern in Grubenlatrinen oder in Faulkammern gespeichert. Die Fäkalienmasse («Fäkalschlamm»), welche sich in diesen Gruben ansammelt, muss regelmässig durch Saugfahrzeuge abgepumpt und abtransportiert werden. Der Grossteil des eingesammelten Fäkalschlammes wird unbehandelt in die städtische Umwelt entsorgt, zum Beispiel in Drainagekanäle, in Flüsse, ins Meer, oder unbehandelt in der Landwirtschaft verwendet. Dies führt zu dramatischen Gesundheitsbeeinträchtigungen sowie Gewässerverschmutzung.

In Alcorta, einer Stadt von 4000 Einwohnern in Argentinien, ist die Hälfte der Häuser an eine Kanalisation angeschlossen, während die andere Hälfte mit Faulkammern ausgestattet ist. 1987 wurde eine Abwasserbehandlungsanlage in Betrieb genommen, welche aus einer Serie von zwei Teichen besteht. Darin wurden sowohl das Abwasser wie auch der eingesammelte Fäkalschlamm behandelt. Eine von der Universität Rosario durchgeführte Studie zeigte, dass die grosse Feststofffracht, welche auf die Fäkalschlammmanlieferung zurückzuführen war, die Leistungsfähigkeit der Anlage um die Hälfte reduzierte. Als Massnahme wurden 1998 zwei Absetzteiche für die Vorbehandlung des Fäkalschlammes gebaut (Abbildung). Die zwei Fäkalschlammteiche werden alternierend betrieben (6-Monate-Zyklus). Der Abfluss der Fäkalschlammteiche wird zusammen mit dem Abwasser in der ursprünglichen Teichanlage behandelt.

Im Rahmen eines gemeinsamen Projektes der Universität Rosario in Argentinien und der EAWAG werden technische Empfehlungen für Auslegung und Betrieb solcher Mitbehandlungsanlagen sowie für die Verwertung der Behandlungsprodukte entwickelt.

Der Fäkalschlamm muss vor der Mitbehandlung in der Teichanlage vorbehandelt werden z.B. in Absetzteichen, um eine Überlastung der nachgeschalteten Teichanlage mit Feststoffen zu verhindern. In den Absetzteichen in Alcorta werden 93% der Feststofffracht und 75% des BSB_5 zurückgehalten. Die Dimensionierung der Teiche basiert auf der organischen Beladung. Sie soll höchstens 500 g BSB_5 pro Tag und m^3 Teichvolumen betragen.

Der Abfluss der Fäkalschlammvorbehandlung weist ähnliche Konzentrationen auf wie das rohe Abwasser. Die nachgeschaltete Teichanlage, in welcher Abwasser und abgesetzter Fäkalschlamm behandelt werden, kann nach den Regeln der Abwasserteichbehandlung dimensioniert werden. Im temperierten Klima sollte die organische Beladung einen Wert von 100 kg BSB_5 pro Tag und Hektare Teichfläche nicht überschreiten. Ausserdem muss gewährleistet werden, dass die NH_3 -Konzentration im

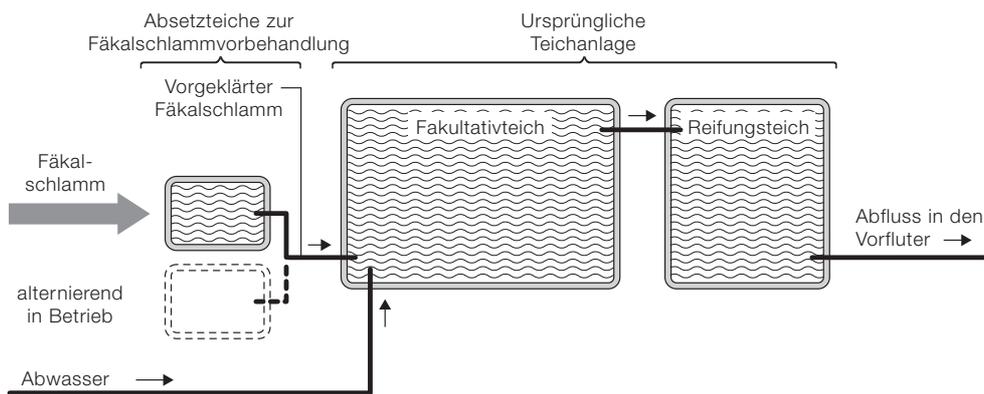


Abbildung: Schematischer Grundriss der Teichanlage zur Mitbehandlung von Abwasser und Fäkalschlamm in Alcorta, Provinz Santa Fe, Argentinien. Der Fäkalschlamm wird per Lastauto angeführt.

Zufluss zur Teichanlage kleiner als 20 mg/l ist. Eine höhere Konzentration wirkt sich toxisch auf Algen aus. Algen, welche als Sauerstofflieferant dienen, könnten sich demnach im Teichsystem nicht entwickeln. Die Leistung der Anlage im Bezug auf Abbau von organischen Substanzen sowie Elimination der Bakterien wäre dadurch vermindert.

Die Feststoffe, die sich im Fäkalschlammteich abgesetzt haben, werden im Teich sechs Monate lang gelagert. In dieser Periode wird der Fäkalschlamm in den zweiten Teich angeliefert. Während der Lagerung trocknen die Feststoffe und pathogene Mikroorganismen werden abgetötet. Die Gehalte an organischem Material, Stickstoff und Phosphor entsprechen den Werten von Kompost. Die Grenzwerte der argentinischen Regelung zum Management von Klärschlamm (mikrobiologische Charakteristiken und Schwermetalle) werden eingehalten. Die akkumulierten Feststoffe können somit als Bodenverbesserer in der Land- oder Forstwirtschaft verwertet werden. Interviews haben gezeigt, dass Baumschulen und Stadtgärtnereien potenzielle Abnehmer sind.

Quartierkompostierung in Indiens Grossstädten – eine Möglichkeit zur verbesserten Abfallbewirtschaftung?

Silke Drescher, Christian Zurbrügg

Im Gegensatz zu Europa ist in Entwicklungsländern der organische Anteil im Haushaltsabfall mit bis zu 85% sehr hoch. Daher kann die Kompostierung einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung des Abfallmanagements in Entwicklungsländern leisten.

Die Gruppe «Solid Waste Management» des Prozesses «Wasser und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern» (SANDEC) untersuchte gemeinsam mit lokalen Experten 17 dezentrale Kompostierungsanlagen in sechs indischen

Grossstädten. Ziel war es, Annahmen über Vor- und Nachteile der dezentralen Kompostierung an Fallbeispielen zu überprüfen und Handlungsmöglichkeiten abzuleiten. Unter dezentraler Kompostierung sind Anlagen zu verstehen, die organische Abfälle nahe am Ort der Entstehung kompostieren und auch wiederverwerten.

Die untragbare Abfallsituation in vielen indischen Städten und die Untätigkeit der Behörden führten dazu, dass sich betroffene Bürger in eigener Initiative eine Abfallsammlung für ihr Wohngebiet aufbauten und finanzierten. Dabei ist die Kompostierung eher ein «Nebenprodukt» des eigentlichen Abfallmanagements, bei dem die Abfallsammlung im Mittelpunkt steht.

Es ist auffallend, dass die Anzahl der angeschlossenen Haushalte auf unter 1000 Einheiten begrenzt ist und die meisten dieser Kompostieranlagen eine Kapazität von 300 kg Abfall/Tag nicht übersteigen. Dabei scheint weniger die Technik als die aufwändige Mobilisierung der Haushalte und das Management des Systems der limitierende Faktor zu sein.

Eine weitere Organisationsform mit kommunaler Relevanz sind Kleinunternehmen, die sich auf die Kompostierung von Marktabfällen spezialisiert haben und somit nicht



Abbildung: Boxenkompostierung der Kalyan Nagar Residence Association in Bangalore, Indien. (Foto: Silke Drescher)

direkt mit den Haushalten in Kontakt kommen. Diese Anlagen haben Kapazitäten von ca. 5 t Abfall/Tag. Sowohl die Bürgerinitiativen als auch die Privatunternehmen klagen über eine fehlende Unterstützung und Koordination durch die städtischen Behörden, wobei die Studie auch interne Schwachstellen identifizieren konnte:

- Eine verbesserte Transparenz der Prozessabläufe und Finanzflüsse,
- eine kontrollierte Prozessführung zur Vermeidung von negativen Umwelteinflüssen und
- angepasste Absatzstrategien

sind die entscheidenden Faktoren für einen langfristigen Erfolg der dezentralen Kompostierung.

Die dezentrale Kompostierung verbessert nachweislich die Umweltbedingungen in den Wohnquartieren, da die Systeme eine regelmässige Einsammlung der Abfälle gewährleisten und der Abfallstrom bereits an der Quelle der Entstehung um bis zu 50% reduziert wird. Das geringere Müllaufkommen lässt öffentliche Sammelstellen nicht mehr überquellen und erleichtert den städtischen Entsorgern die Sekundäreinsammlung und Deponierung. Eine dezentrale Verwertung des Abfalls setzt auch personelle und finanzielle Kapazitäten frei, die anderweitig genutzt werden können. Die Vorteile solcher Initiativen sollten

von den verantwortlichen Behörden erkannt und aktiv ideell sowie finanziell unterstützt werden:

- Die städtischen Behörden spielen eine Schlüsselrolle bei der Bereitstellung von geeigneten Flächen für die dezentrale Kompostierung.
- Nichtregierungsorganisationen sollten in die Strategie eingebunden werden, da sie als Bindeglied zwischen der Behörde, den Bürgern und unterprivilegierten Gruppen der Gesellschaft, wie Abfallsammlern, fungieren.
- Der regelmässige Abtransport der Restabfälle aus den Quartieren ist für die Motivation der Bürger essenziell. Das Engagement der Bürger kann nur erhalten werden, wenn auch die Stadt ihren Teil der Aufgabe übernimmt.

Anhand der Ergebnisse erarbeitete das Team einen zielgruppenorientierten Bericht, der städtischen Entscheidungsträgern aufzeigen soll, wie die dezentrale Kompostierung in eine Gesamtstrategie für ein verbessertes Abfallmanagementsystem integriert werden kann. Zudem dienen die Ergebnisse als Grundlage für den Aufbau eines indischen Kompost-Netzwerkes.

Entsorgungskonzept für Sideng (China)

Antoine Morel, Dionys Forster, Christian Zurbrügg

Im Rahmen eines vom Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung der ETH Zürich durchgeführten Rehabilitierungsprojektes in einem Dorf im Südwesten von China wurde der Prozess SANDEC angefragt, ein umweltfreundliches Entsorgungskonzept für das gesamte Dorf Sideng zu entwickeln. Eine Feldstudie diente der Analyse der bestehenden Situation im Bereich der Siedlungshygiene. Dabei wurde festgestellt, dass ein dezentraler Entsorgungsansatz sowohl technisch als auch institutionell realisierbar ist.

Sideng ist ein kleines Dorf in der Provinz Yunnan im Südwesten von China mit ausgeprägtem landwirtschaftlichem Charakter (Abbildung 1). Die meisten der 2000 Einwohner leben in sehr bescheidenen Verhältnissen.

Die Feldstudie machte deutlich, dass beträchtliche Probleme im Bereich der Siedlungshygiene bestehen. Lediglich die Hälfte der Haushalte verfügen über private sanitäre Einrichtungen (Latrinen), die übrigen Einwohner besuchen eine der 15 öffentlichen Toiletten im Dorf. Private sowie öffentliche Einrichtungen sind zum grössten Teil in sehr schlechtem Zustand. Dies lässt sich auf mangelnde Unterhaltsarbeiten aufgrund unklarer Zuständigkeiten sowie inadäquate technische Ausführung von

Advanced Locality Management – ein viel versprechender Ansatz in Mumbai (Bombay)

In Mumbai unterstützt die Verwaltung Bürgerinitiativen im Rahmen des Programms «Advanced Locality Management (ALM)». ALMs sind Quartierinitiativen (ca. 250 Haushalte), die sich für eine Verbesserung der Lebensbedingungen in ihrem Umfeld einsetzen. Abfallmanagement ist dabei ein zentraler Aspekt. In 284 von 670 ALMs werden organische Abfälle kompostiert. Der Kompost wird im Quartier verwendet. Wie sich das viel versprechende Programm weiterentwickelt, ist ungewiss, da es bisher nur von einzelnen politischen Entscheidungsträgern gefördert wird. Die Potenziale sind allerdings enorm:

Anhand einer groben Abschätzung vermeiden die 284 ALMs durch die Kompostierung etwa 6200 t Abfall/Jahr durch Kompostierung. Dies entspricht dem täglichen Abfallaufkommen von Mumbai bzw. 1000 Lastfahrzeugen oder einem Volumen von ca. 10 000 m³, das nicht in die Deponie eingebracht werden muss.

Geht man von Transport- und Deponiekosten von 36 SFr./t aus, ergeben sich durch diese dezentralen Anlagen Einsparungen von knapp 224 000 SFr./Jahr. Für indische Verhältnisse ein beträchtliches Budget, das für andere Aufgaben zur Verfügung stehen könnte.



Abbildung 1: Sideng liegt auf einem Hochplateau in der Provinz Yunnan. (Foto: Antoine Morel)

Latrinensystemen zurückführen (Abbildung 2). Starke Geruchsemissionen wurden auch in sehr sauberen Latrinen festgestellt.

Es wird vermutet, dass der Flüssigteil des anfallenden Fäkalschlammes zum grössten Teil aus den Gruben in den Boden versickert, was wahrscheinlich zur Verschmutzung des oftmals bis zur Oberfläche reichenden Grundwassers führt. Problematisch ist dies insbesondere, weil Grundwasser für zwei Drittel der Dorfbevölkerung die einzige Trinkwasserquelle darstellt. Weiter wird Grauwasser (häusliches Abwasser, welches nicht mit Fäkalien verschmutzt ist) in den meist unbefestigten Innenhöfen entsorgt und versickert dort in den Untergrund und ins Grundwasser. Ein kleiner Teil des Grauwassers gelangt zusammen mit dem Regenwasser in ein offenes Drainage-Netz. Dieses führt das gesammelte Wasser im Idealfall direkt in den nahe gelegenen Fluss. Jedoch werden diese Kanäle oft zur Entsorgung von häuslichen Abfällen missbraucht, was zu Verstopfungen und lokalen Überschwemmungen führt.



Abbildung 2: Private und öffentliche Toiletten sind meist in einem miserablen Zustand. (Foto: Antoine Morel)

Die Wiederverwendung von Fäkalien als Dünger in der Landwirtschaft hat eine sehr lange Tradition in China. Zwischen 300 und 600 Tonnen frische Fäkalschlämme werden in Sideng jährlich auf die umliegenden Felder ausgebracht. Nebst der positiven Düngewirkung birgt das Ausbringen von frischen, unbehandelten Schlämmen ein erhebliches Übertragungsrisiko von infektiösen Krankheiten. Insbesondere im Sommer scheinen viele Menschen an Durchfallerkrankungen zu leiden.

Ausführliche Diskussionen mit den lokalen Behörden und den Haushalten haben gezeigt, dass eine allgemeine Unzufriedenheit mit dem heutigen sanitären System herrscht und ein grosses Interesse besteht, ein neues Konzept einzuführen, welches

- eine stufenweise Implementierung ermöglicht,
- von den Haushalten finanziell tragbar ist und
- eine gesundheitlich unbedenkliche Wiederverwendung von menschlichen Exkrementen in der Landwirtschaft ermöglicht.

Gespräche mit allen beteiligten Parteien haben gezeigt, dass ein dezentraler Entsorgungsansatz gewählt werden kann, welcher die Bedürfnisse der einzelnen Haushalte berücksichtigt. Den Haushalten sollen verschiedene technische Optionen angeboten werden. Mögliche Technologien wurden identifiziert (Trockenlatrinen mit Urinseparierung, Biogas-Technologie etc.). Inwiefern diese an die lokalen Gegebenheiten (physikalische und institutionelle) angepasst werden müssen, soll anhand von Pilotanlagen evaluiert werden. Die weitere Planung des Entsorgungskonzepts wird an lokale Partner weitergeleitet, welche im Bereich der dezentralen Siedlungsentwässerung im chinesischen Kontext schon bemerkenswerte Erfolge erzielten. SANDEC bleibt in beratender Funktion im Projekt involviert.



Schadstoffe im Strassenabwasser. (Foto: Bruno Gerber, HTA Burgdorf)

Verhalten von Stoffen in der Umwelt

Einfluss von Licht und Liganden auf die Bildung von Cu(I) in natürlichen Gewässern

Diane Bürge-Weirich, Barbara Sulzberger

Kupfer ist ein essenzielles Spurenelement, wirkt aber in höheren Konzentrationen toxisch. Für die Bildung von biologisch verfügbarem Kupfer spielt die Reduktion von Cu(II) zu Cu(I) eine entscheidende Rolle. Aufgrund der schwierigen analytischen Erfassung von Cu(I) ist bis jetzt wenig über Cu(I) in natürlichen Gewässern bekannt. In diesem Beitrag beschreiben wir unsere Untersuchungen über Licht und Liganden auf die Bildung von Cu(I) in Oberflächengewässern.

In der von der Sonne belichteten Zone von Oberflächengewässern kommt Kupfer in den Oxidationsstufen Cu(II) und Cu(I) vor, wobei die stationären Konzentrationen von Cu(I) im Allgemeinen zehnmal tiefer sind als jene von Cu(II). Bis vor kurzem beschränkte sich die aquatische Kupferchemie hauptsächlich auf die Spezierung von Cu(II). Die biologische Verfügbarkeit von Kupfer kann

aber ohne Berücksichtigung von Cu(I) nicht erklärt werden.

In natürlichen Gewässern entsteht Cu(I) hauptsächlich durch lichtinduzierte Reduktion von Cu(II), wobei der genaue Mechanismus noch unbekannt ist. Extrem schnelle Oxidationsreaktionen verhindern hohe Konzentrationen an Cu(I), sofern Cu(I) nicht durch Chlorid oder organische Liganden mit Sulfidgruppen (z.B. Thiole) stabilisiert wird.

Der analytische Nachweis von Cu(I) unter natürlichen Bedingungen ist extrem schwierig, da sich Cu(I)-Stationärkonzentrationen ($[Cu(I)]_{ss}$) im subnanomolaren Bereich bewegen. Ein erster Teil dieses Projektes (Teil des EU-Projektes COMET) bestand darin, eine analytische Methode zur Bestimmung von $[Cu(I)]_{ss}$ unter natürlichen Bedingungen zu entwickeln. Mit Hilfe von Bathocuproin kann Cu(I) selektiv gebunden werden [1]. Unsere neue Methode besteht darin, dass dieser Cu(I)-Bathocuproin-Komplex auf hydrophoben Polymersäulen angereichert wird. Mit Hilfe von Methanol wird Cu(I) sodann aus der Säule eluiert und anschliessend mit Graphitrohr-Atomabsorptionsspektrometrie gemessen. Die Nachweisgrenze dieser Methode liegt unterhalb von 1 nM.

Im zweiten Teil des Projektes ging es darum zu untersuchen, wie Liganden (Chlorid und natürliche organische

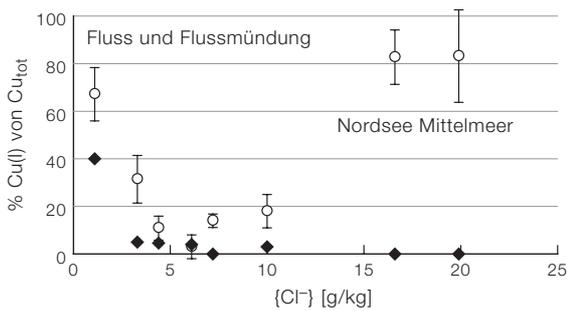


Abbildung 1: Einfluss der Chloridkonzentration auf den Anteil von Cu(I) von total gelöstem Kupfer im Stationärzustand (○ Bestrahlung, ◆ Dunkelexperiment).

Liganden) die Stationärkonzentration von Cu(I) beeinflussen [2]. Wasserproben mit unterschiedlichem Chloridgehalt wurden in der Schelde (Fluss durch Belgien und die Niederlande mit einer weiten Flussmündung in die Nordsee), in der Nordsee und im Mittelmeer gewonnen. Die Schelde ist eutroph (DOC-Gehalt bis 7 mg/l) und zählt zu den am meisten verschmutzten Gewässern von Europa (Kupferkonzentrationen bis 30 nM). Wir haben diese Wasserproben im Laboratorium mit simuliertem Sonnenlicht bestrahlt. Abbildung 1 zeigt, dass der Cu(I)-Anteil mit zunehmender Chloridkonzentration ansteigt. Chlorid hemmt die Oxidation von Cu(I), indem es einen stabilen Cu(I)-Komplex bildet. In Dunkelexperimenten dagegen waren die Cu(I)-Konzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze, ausser im Fluss (mit tiefen Chloridkonzentrationen). Dies ist vermutlich auf die Gegenwart von organischen Liganden mit Sulfidgruppen (Thiole), die Cu(II) in Dunkelreaktionen reduzieren können, zurückzuführen.

Den Einfluss von organischen Cu(II)-Liganden auf die Stationärkonzentration von Cu(I) haben wir eingehend untersucht, u.a. mit Hilfe einer elektrochemischen Methode, mit welcher wir das Verhältnis von ungebundenem zu totalem Kupfer ($[Cu(II)_{frei}]/[Cu_{tot}]$) bestimmt haben. Dieses Verhältnis ist ein Mass für die Stärke der Bindung von Cu(II) mit organischen Liganden: Tiefe Werte bedeuten eine höhere Bindungsstärke und umgekehrt. In der

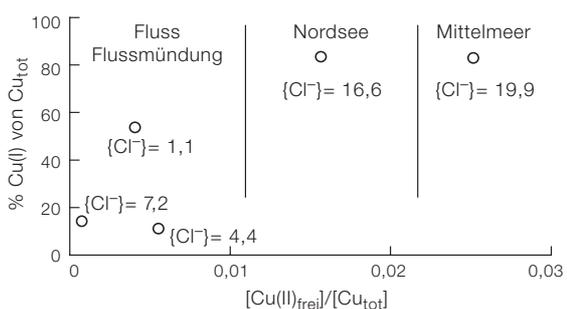


Abbildung 2: Einfluss von organischen Cu(II)-Liganden auf den Anteil von Cu(I) von total gelöstem Kupfer im Stationärzustand.

Schelde und in deren Mündung wurden stärkere Liganden gefunden als in der Nordsee und im Mittelmeer. Interessant ist, dass in Gegenwart von schwächeren Liganden ($[Cu(II)_{frei}]/[Cu_{tot}] > 0,01$) die Stationärkonzentrationen von Cu(I) wesentlich höher sind als in Gegenwart von stärkeren Liganden (Abbildung 2). Dieses Phänomen kann folgendermassen erklärt werden: Starke Cu(II)-Liganden verringern die Stationärkonzentrationen von Cu(I), indem sie die Rückoxidation von Cu(I) beschleunigen. Ein weiterer Grund ist der, dass in lichtinduzierten Redoxreaktionen von schwachen Cu(II)-Komplexen stabile organische Radikale entstehen, die Cu(I) stabilisieren.

Literatur

- [1] Moffett J.W., Zika R.G., Petasne R.G. (1985): Evaluation of Bathocuproine for the Spectrophotometric Determination of Copper(I) in Copper Redox Studies with Applications in Studies of Natural Waters, Anal. Chim. Acta 175, 171–179.
- [2] Buerge-Weirich D., Sulzberger B. (2003): Effects of Ligands on the Light-Induced Redox Cycling of Copper in Estuarine and Marine Waters. Prepr. Ext. Abstr. ACS Natl. Meet. 53, 1, Am. Chem. Soc., Div. Environ. Chem.

Induction des phytochélatines dans l'algue d'eau douce, *Scenedesmus vacuolatus*, en fonction de la spéciation du cadmium

Séverine Le Faucheur, Renata Behra, Laura Sigg

Les phytochélatines sont des ligands intracellulaires de métaux traces produits par les plantes, les champignons et les algues en réponse à une augmentation de la concentration en métaux dans leur environnement. Notre étude porte plus particulièrement sur leurs productions dans les algues d'eau douce dans le but d'évaluer si les phytochélatines peuvent être utilisées comme bioindicateurs de la disponibilité et de la toxicité des métaux en eau douce.

Certains métaux traces (Cu, Zn, Fe, ...) sont essentiels à la vie, mais à très fortes concentrations ils peuvent devenir toxiques au même titre que des métaux non-essentiels comme le cadmium ou le plomb. Pour réduire la toxicité de ces métaux traces, les algues possèdent plusieurs mécanismes. L'un d'entre eux est de contrôler la spéciation intracellulaire en produisant des ligands complexant l'excès de métaux accumulés. Les phytochélatines (PC_n) font partie de ces ligands. Ce sont de petits polypeptides dont la séquence d'acides aminés ($(\gamma\text{GluCys})_n\text{Gly}$ ($n = 2$ à 11)) est synthétisée à partir de la glutathione, principal thiol (molécules à groupement sulfhydryle) intracellulaire. Les algues sont aussi connues pour avoir une croissance optimale dépendante de leurs espèces et des concentrations en ion libre des métaux

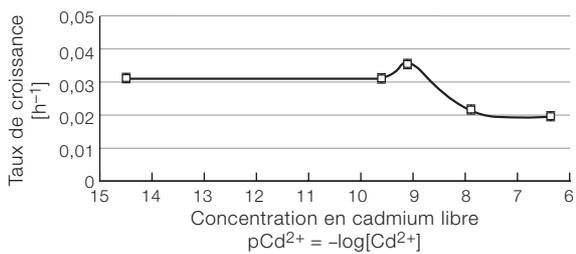


Figure 1: Taux de croissance de *Sc. vacuolatus* calculé à partir de comptages microscopiques en fonction de la concentration en cadmium libre dans le milieu (exprimée en pCd²⁺).

contenus dans leur environnement. Une de nos questions est alors de savoir quelle est la capacité des phytochélatines à protéger les algues des effets toxiques des métaux. Dans ce but, l'algue verte unicellulaire *Scenedesmus vacuolatus* a été cultivée en présence de différentes concentrations en cadmium libre, métal le plus inducteur de phytochélatines dans les plantes. Le taux de croissance de *Sc. vacuolatus*, la concentration en phytochélatines, la concentration en cadmium libre dans le milieu de culture ainsi que la concentration en cadmium intracellulaire sont suivis afin d'établir une corrélation entre ces différents facteurs.

En observant le taux de croissance de l'algue en fonction de l'augmentation de la concentration en cadmium libre dans le milieu ($-\log[\text{Cd}^{2+}] = \text{pCd}^{2+} = 14,51 \text{ à } 6,39$), une courbe d'inhibition de croissance typique des métaux non-essentiels est obtenue (Figure 1). Une première phase est observée durant laquelle l'algue garde un taux de croissance optimale, puis une seconde phase où celui-ci décline jusqu'à 40%. Ces deux phases sont accompagnées d'un changement dans le contenu intracellulaire en thiol (Figure 2). En effet, bien que la concentration totale en glutathione reste constante, une production de PC_n est induite à partir de pCd²⁺ 9,51 avec la synthèse de trois formes de phytochélatines, PC₂, PC₃ et PC₄ avec PC₂ comme espèce dominante (2,9 amol/cellule) (amol = 10⁻¹⁸ mol). A pCd²⁺ 7,06, où le taux de croissance est au minimum, c'est PC₃ qui devient la phytochélatine prédominante (42 amol/cellule). La gam-

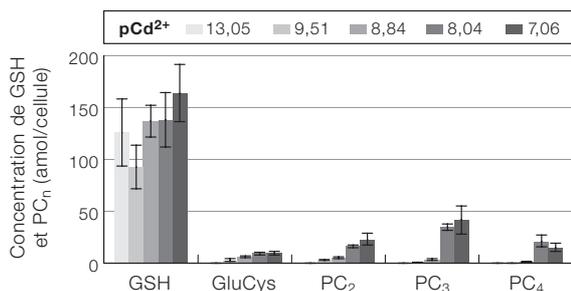


Figure 2: Induction de la glutathione (GSH), de la gamma-glutamylcystéine (γGluCys) et des phytochélatines (PC_n) à différentes concentrations en cadmium libre dans le milieu (exprimée en pCd²⁺).

ma-glutamylcystéine, précurseur de la glutathione, est aussi formée à partir de pCd²⁺ 9,51.

Ces observations suggèrent que les phytochélatines ne sont pas suffisantes pour détoxifier complètement le cadmium accumulé. Des expériences préliminaires menées sur le cadmium intracellulaire accumulé à différentes concentrations en Cd²⁺ dans le milieu montrent, qu'effectivement le métal accumulé serait en concentration largement supérieur aux capacités de liaison des phytochélatines. Elles ne seraient donc pas capables de contrôler suffisamment la concentration en ion libre intracellulaire et d'éviter leur cytotoxicité. Des études plus approfondies nous permettront de confirmer ces résultats.

Methandiffusionsproben und ionenselektive Elektroden zur Untersuchung der Sediment-Wasser-Grenzschicht

Michael Üschner*, Beat Müller, Kornelia Zepp-Falz

Die grössten chemischen Gradienten in einem See treten an physikalisch-chemischen Übergängen wie der Sediment-Wasser-Grenzschicht auf, die eine Dicke von wenigen Millimetern bis zu etwa einem Zentimeter hat. Über dieser Schicht bilden sich chemische und physikalische Gradienten aus, deren Verlauf eine Aussage über die Produktivität des Sees, den Abbau von organischem Material und damit seinen ökologischen Zustand erlaubt. Mit ionenselektiven Elektroden können Parameter wie Nitrat, Ammonium, pH und Sauerstoff in Tiefenprofilen mit etwa 1 mm Auflösung bestimmt werden. Da bei dem Abbau von organischem Material auch Methan entsteht, muss dieses Gas mit vergleichbarer Tiefenaufklärung gemessen werden. Dafür wurde eine Gasdiffusionssonde gebaut und getestet.

Zur Methanmessung im Seesediment stehen derzeit die Methoden der Porenwasserextraktion und der *In-situ*-Porenwassersammler («peepers») zur Verfügung. Porenwasser wird durch Zentrifugation aus Sediment extrahiert, die «peepers» sind Diffusionskammern mit deionisiertem Wasser. Sie werden über einen Zeitraum von etwa zehn Tagen im Sediment inkubiert, wobei sich ein Diffusionsgleichgewicht zwischen dem Porenwasser des Sediments und dem deionisierten Wasser in den Kammern einstellt. Bei beiden Methoden wird der Methan Gehalt des Probenwassers anschliessend gaschromatographisch untersucht. Der Nachteil beider Methoden ist die lange Zeitspanne von der Beprobung bis zur Messung der Methankonzentration. Im Gegensatz dazu waren wir an einer Methode interessiert, die zeitgleich mit den

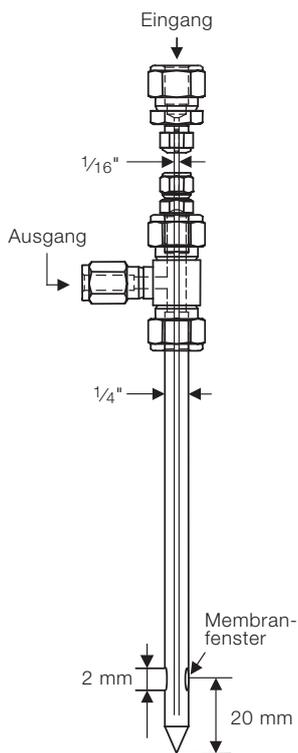


Abbildung 1: Schema des Aufbaus einer Diffusionssonde zur Messung von Methan im Sediment.

Elektrodenmessungen die Entnahme von Gasproben ermöglicht, und orientierten uns an einer Technik, die von Rothfuss et al. (1994) zur Methanbestimmung in überfluteten Reisfeldböden benutzt wurde. Der Aufbau unserer Diffusionssonde ist in Abbildung 1 gezeigt. Ihre Funktion basiert auf der Diffusion von Methan aus dem Sedimentporenwasser durch eine Silikonmembran in den Gasraum der Sonde. Nach einer definierten Expositionszeit ist die in der Sonde gesammelte Menge an Methan proportional zur Konzentration im Sediment. Eingesetzt als «generelle» Gasdiffusionsprobe kann sie auch zum «Sammeln» von Gasen, wie z.B. Wasserstoff, benutzt werden. Bei ersten Tests am Rotsee wurden mit diesen Sonden Methanprofile aufgenommen. Die Messungen wurden parallel zu Elektrodenmessungen von Ammonium, pH und Sulfid durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen eine Vergleichbarkeit

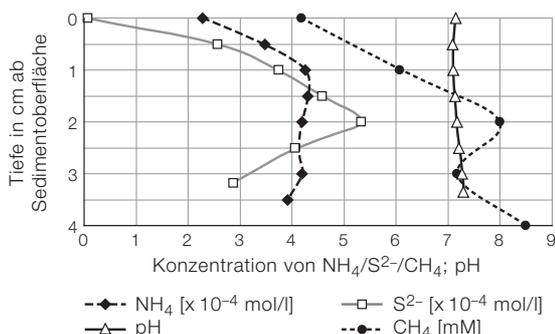


Abbildung 2: Konzentrationsprofile von Ammonium, Methan, Sulfid und pH im Sediment des Rotsees. Probenahme am 22.10.2002 aus 14 m Tiefe.

der Daten und führten zu einer chemischen Charakterisierung der obersten 4 cm des Sediments (Abbildung 2). Die Profile von Sulfid und Methan zeigen denselben Verlauf. Sie haben ein Maximum in einer Tiefe von 2 cm. Dieses Maximum entspricht einer hohen bakteriellen Aktivität, hier müssen die höchsten Dichten mikrobieller Populationen angesiedelt sein. Ausgehend von beiden Maxima findet eine Diffusion nach oben und unten statt. Zwischen 0 und 1 cm Sedimenttiefe werden Methan und Sulfid durch Oxidation gezehrt. Unterhalb von 3 cm wird das Sulfid als Eisensulfid gefällt. Die Frage der Konzentration mikrobieller Gemeinschaften in den entsprechenden Tiefen wird zurzeit mit Hilfe der Gensonden-Technik (FISH), bei der Sedimentdünnschnitte analysiert werden, bearbeitet. Ausserdem sollen weitere Tests zeigen, ob die Diffusionssonde auch für *In-situ*-Messungen im See, bei denen die Sonde mit einer speziellen Halterung auf den Seegrund abgelassen wird, geeignet ist.

* Michael Üschner ist Diplomand an der Fachhochschule Weihenstephan, Abteilung Triesdorf. Studiengang: Umweltsicherung. Er erstellt seine Diplomarbeit bei Kornelia Zepp, EAWAG, Kastanienbaum.

Literatur

Rothfuss F., Conrad R. (1994): Development of a Gas Diffusion Probe for the Determination of Methane Concentrations and Diffusion Characteristics in Flooded Paddy Soil. *FEMS Microbiol. Ecol.* 14, 307-318.

Auftreten und Verhalten von Makrolid-Antibiotika in Abwasser und Fließgewässern im Glatttal – Einfluss der Abwasserumleitung ins Limmattal

Eva Molnar, Christa S. McArdeall, Alfredo C. Alder, Walter Giger

In der Humanmedizin eingesetzte Antibiotika gelangen über menschliche Ausscheidungen ins Abwasser, in das durch unsachgemässe Entsorgung auch zusätzliche, nicht vernachlässigbare Anteile von Arzneimitteln eingetragen werden. In den kommunalen Kläranlagen werden die Antibiotika nicht vollständig entfernt, und folglich finden Restgehalte ihren Weg in die Oberflächengewässer. Bedenken über die Umweltrelevanz der Antibiotika gründen auf der Befürchtung, dass eine chronische Antibiotika-Exposition zur Entstehung und Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen von potenziell pathogenen Mikroorganismen führen könnte.

Um das Umweltgefährdungspotenzial bzw. die Umweltexposition dieser bioaktiven Verbindungen abzuschätzen, wurden spezifische und quantitative Methoden für die Bestimmung von Makrolid-Antibiotika in Abwasser und Flusswasser entwickelt. Die Analysen erfolgten mittels Festphasenanreicherung, gefolgt von Flüssigkeitschromatographie mit direkt gekoppelter Massenspektrometrie [1].

Im Einzugsgebiet der Glatt wurden Antibiotika einerseits im Ablauf verschiedener Kläranlagen quantifiziert, andererseits wurden Restgehalte und Eliminationen in der Glatt untersucht. Zwischen dem Greifensee-Ausfluss bei Fällanden und der Mündung in den Rhein bei Rheinsfelden wird die Glatt auf ihrer 36 km langen Fließstrecke durch die Abläufe mehrerer Kläranlagen belastet. Bis zu Beginn des Jahres 2001 enthielt die Glatt im unteren Teil ungefähr 15 bis 20% gereinigtes Abwasser. Wochensammelproben wurden an drei Probenahmestellen entlang der Glatt entnommen: bei Fällanden (1,2 km Fließdistanz), bei Rümlang (13,2 km) und kurz vor der Mündung in den Rhein bei Rheinsfelden (35,2 km).

Anfang 2001 variierten die Frachten des in der Schweiz am häufigsten verwendeten Makrolid-Antibiotikums Clarithromycin in den Kläranlagenausläufen zwischen 1,6 und 15 Gramm pro Tag. In der Glatt betrug die entsprechenden Werte bei Rümlang und Rheinsfelden durchschnittlich 26 bzw. 36 g/Tag. Diese Clarithromycin-Frachten waren wesentlich grösser als die in früheren EAWAG-Studien bereits gemessenen maximalen Stoffflüsse der Fluorochinolon-Antibiotika Ciprofloxacin und Norfloxacin (ungefähr 10 g/Tag, [2]). Aufgrund des Vergleiches der Gesamtfrachten von Clarithromycin aus den Kläranlagen und in der Glatt kann eine Elimination von 20% in die Glatt abgeschätzt werden, wobei nicht zwischen Sorptions- und Abbauprozessen unterschieden werden kann.

In einer weiteren Studie wurden die Auswirkungen der Reduktion des Abwassereintrages auf die Clarithromycin-Gehalte in der Glatt untersucht [1]. Ab Frühjahr 2001 wurde das Abwasser von Zürich-Nord in gestuft zunehmender Masse in die Kläranlage Zürich-Werdhölzli im Limmattal umgeleitet. Dadurch wurde der Eintrag von gereinigtem Abwasser in die Glatt stark reduziert. Das Abwasser aus der Kläranlage Zürich-Glatt machte vorher einen Anteil von 40% des totalen in die Glatt eingeleiteten Abwassers aus.

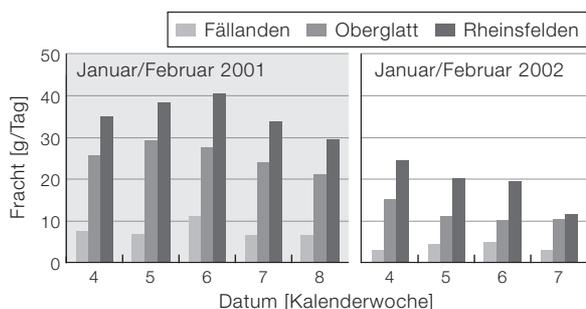


Abbildung: Aus Wochensammelproben ermittelte Clarithromycin-Tagesfrachten an drei Probenahmestellen in der Glatt vor und nach der Schliessung der Kläranlage Zürich-Glatt (Winter 2001 und 2002). Das gereinigte Abwasser von Zürich-Nord wird jetzt anstatt in die Glatt in die Limmat eingeleitet.

Clarithromycin wurde in der Glatt im Konzentrationsbereich von 5–65 ng/l gefunden. Zwischen Winter 2001 und Winter 2002 gingen die durchschnittlichen Tagesfrachten in Rümlang um 14 g/Tag zurück (von 26 auf 12 g/Tag, siehe Abbildung). In Rheinsfelden wurde eine um 17 g/Tag reduzierte Fracht gemessen (von 36 auf 19 g/Tag). Diese Reduktion der Clarithromycin-Frachten kann auf den reduzierten Abwassereintrag in die Glatt aufgrund der Schliessung der Kläranlage Zürich-Glatt zurückgeführt werden. Im Winter 2001 waren noch 15 g/Tag Clarithromycin aus dieser Kläranlage in die Glatt eingeleitet worden. Die Anfang 2002 beobachtete Frachtreduktion von ungefähr 50% ab Oberglatt entspricht diesem Eintrag. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen deutlich die Auswirkung der Reduktion des Abwassereintrages auf die Schadstoffgehalte im Vorfluter.

Literatur

- [1] McArdell C.S., Molnar E., Suter M.J.-F., Giger W.: Occurrence and Fate of Macrolide Antibiotics in Wastewater Treatment Plants and in the Glatt River Watershed, Switzerland (zur Publikation eingereichtes Manuskript).
- [2] Golet E.M. (2002): Environmental Exposure Assessments of Fluoroquinolone Antibacterial Agents in Sewage, River Water and Soil. Diss. ETHZ No. 14 690, Zurich.

Oxidation von Arzneimittelrückständen bei der Trinkwasseraufbereitung mit Ozon

Marc M. Huber, Silvio Canonica, Gun-Young Park, Urs von Gunten

Das Auftreten von Arzneimittelrückständen in Oberflächengewässern stellt eine Gefahr für die Qualität des daraus gewonnenen Trinkwassers dar. In einer Untersuchung konnte gezeigt werden, dass die Ozonung, die häufig für die Aufbereitung von Oberflächenwasser eingesetzt wird, ein hohes Potenzial für den Abbau von Arzneimitteln besitzt. Auch die als besonders problematisch einzustufenden Antibiotika sowie die synthetischen und natürlichen Hormone werden während der Ozonung sehr gut eliminiert.

In den letzten Jahren haben mehrere Studien aus Europa und den USA gezeigt, dass Oberflächengewässer häufig mit geringen Konzentrationen von Arzneimittelrückständen belastet sind. Arzneimittel werden im menschlichen Körper meist nicht vollständig abgebaut. Die Rückstände werden vom Körper mit dem Urin oder den Faeces ausgeschieden und gelangen mit dem Abwasser in die Kläranlage und danach in die als Vorfluter genutzten Oberflächengewässer. Diese dienen häufig als Ressource für die Trinkwassergewinnung. Es stellt sich daher die Frage, ob Arzneimittel durch die verschiedenen Stufen der Wasseraufbereitung zurückgehalten werden können.

In unserer Untersuchung haben wir uns auf die Oxidation der Arzneimittel während der Ozonung konzentriert. Die Ozonung wird in der Schweiz häufig zur Aufbereitung von Oberflächenwasser eingesetzt. Sie dient dabei in erster Linie der Entfernung von Geschmack, Geruch und Farbe sowie der Desinfektion des Wassers, gleichzeitig können jedoch auch chemische Verunreinigungen abgebaut werden. Die Untersuchung beschränkte sich auf neun Arzneimittel, die aufgrund ihrer Verbrauchsmenge und Umweltrelevanz ausgewählt wurden (Tabelle).

In Laborexperimenten mit Reinstwasser wurden die Geschwindigkeitskonstanten für die Reaktion von Ozon (O₃) mit den verschiedenen Arzneimitteln untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass fünf von neun Substanzen sehr schnell mit O₃ reagieren (Tabelle). Diese Substanzen sind mit der in der Wasseraufbereitung üblichen Ozondosis von 1 mg/l in einigen Sekunden oxidiert.

Infolge des Ozonzerfalls im Wasser entsteht eine Anzahl weiterer oxidierender Substanzen, von denen die Hydroxylradikale (·OH) die grösste Bedeutung haben. Um zu prüfen, ob auch ·OH zum Abbau von Arzneimittelrückständen beitragen können, wurden die entsprechenden Geschwindigkeitskonstanten bestimmt. Die Resultate zeigen, dass Arzneimittel generell schneller mit ·OH reagieren als andere wichtige Trinkwasserverunreinigungen wie das Treibstoffadditiv Methyl-*tert*-butylether (MTBE) oder das Pestizid Atrazin. Es ist daher zu erwarten, dass auch diejenigen Arzneimittel, die nicht direkt mit O₃ reagieren, während der Ozonung beträchtlich vermindert werden können.

Das Verhalten von O₃ im natürlichen Wasser ist viel komplizierter als in einem Experiment mit Reinstwasser, da O₃ und ·OH mit den im natürlichen Wasser enthaltenen Substanzen ebenfalls reagieren. Um zu zeigen, dass die bestimmten Geschwindigkeitskonstanten auch im natürlichen Wasser Gültigkeit haben, wurden Experimente mit verschiedenen natürlichen Wässern durchgeführt. Die Abbildung zeigt den Abbau von schnell reagierenden

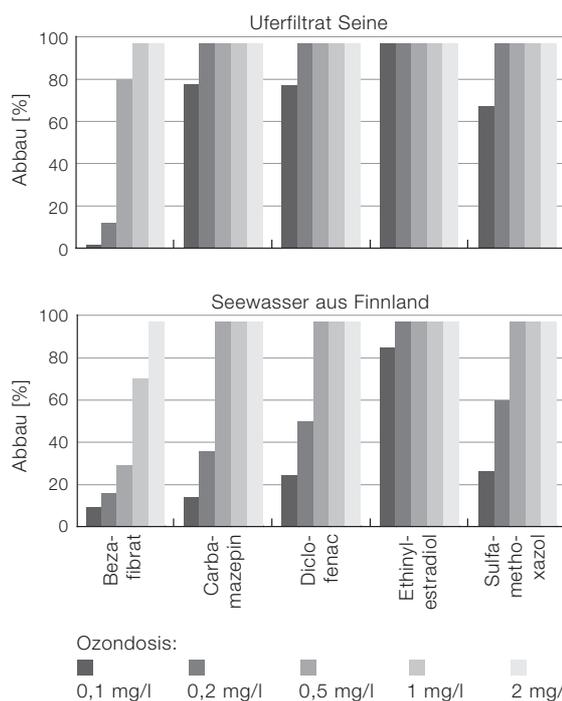


Abbildung: Abbau von schnell reagierenden Arzneimitteln im Uferfiltrat der Seine und in Seewasser aus Finnland als Funktion der Ozondosis. Das Uferfiltrat der Seine enthält viel Carbonat, aber wenig organisches Material. Das Seewasser aus Finnland enthält wenig Carbonat und viel organisches Material. In beiden Wässern können die meisten Arzneimittel mit einer relativ geringen Ozondosis abgebaut werden.

Arzneimitteln in Uferfiltrat der Seine bei Paris und in Wasser aus dem See Roine (Finnland, westlich Tampere) in Abhängigkeit von der Ozondosis. Man sieht, dass auch geringe Ozonmengen eine vollständige Oxidation der Arzneimittel bewirken.

Die Resultate der untersuchten Arzneimittel können aufgrund von Gemeinsamkeiten in ihrer chemischen Struktur auf zahlreiche andere Arzneimittel übertragen werden (z.B. Antibiotika, β-Blocker und synthetische Hormone). Unsere Untersuchungen lassen den Schluss zu, dass die Ozonung eine grosse Anzahl von Arzneimitteln sehr effektiv aus dem Trinkwasser entfernen kann.

Substanz	Funktion/Klasse	Halbwertszeit für 1 mg/l O ₃ , pH 7
Bezafibrat	Lipidsenker	60 s
Carbamazepin	Antiepileptikum	<1 s
Diazepam	Beruhigungsmittel	12 h
Diclofenac	Schmerzmittel	<1 s
17α-Ethinylestradiol	Kontrazeptiva	<1 s
Ibuprofen	Schmerzmittel	1,5 h
Iopromid	Röntgenkontrastmittel	>12 h
Sulfamethoxazol	Antibiotika	<1 s
Roxithromycin	Antibiotika	<1 s

Tabelle: Untersuchte Arzneimittel und Halbwertszeiten für die Reaktion mit Ozon.

Mikrobieller Abbau von β-Peptiden

Hans-Peter Kohler, Thomas Fleischmann

β-Peptide werden momentan in der organischen Chemie intensiv untersucht. Sie gelten als aussichtsreiche Kandidaten für pharmakologische Wirkstoffe, vor allem als α-peptidomimetische Hemmstoffe. In Zusammenarbeit mit Prof. Dieter Seebach (Laboratorium für Organische Chemie, ETHZ) untersuchen wir den mikrobiellen Meta-

bolismus dieser Verbindungen. Es ist uns gelungen, Bakterien anzureichern, die auf β -Peptiden als alleiniger Kohlenstoff- und Energiequelle wachsen können. Diese Arbeit ist eines der seltenen Beispiele für die Berücksichtigung umweltrelevanter Fragestellungen in der Forschungs- und Entwicklungsphase von potenziellen Pharmazeutika.

Proteine und Peptide (Eiweissstoffe) sind Grundbausteine des Lebens. Sie spielen bei fast allen biologischen Vorgängen eine entscheidende Rolle – bei der Katalyse, beim Transport, bei der koordinierten Bewegung und bei der Kontrolle von Wachstum und Differenzierung. In den letzten zehn Jahren wurde von organischen Chemikern viel Zeit aufgewendet, um homogene, sequenzspezifische Polymere, welche die verschiedenen Eigenschaften der Faltung und der Organisation von Polypeptiden und Proteinen nachahmen können, zu finden und zu untersuchen. β -Peptide sind besonders geeignete Kandidaten für solche Untersuchungen, da sich die β -Peptide nur durch eine zusätzliche CH_2 -Gruppe von den natürlichen α -Peptiden unterscheiden. Mit ihnen kann das grosse schon vorhandene Wissen über Proteinfaltung und Stabilisierung auf das Reich der nichtbiologischen Polymere übertragen werden.

1996 wurden von der Gruppe Seebach die ersten β -Peptide beschrieben, die sich aus β -Aminosäuren mit proteinogenen Seitenketten zusammensetzten. Seither haben strukturelle und synthetische Arbeiten vieler Arbeitsgruppen interessante Eigenschaften dieser Molekülklasse offen gelegt und bilden ein solides Gerüst für weitergehende Untersuchungen über deren biologische Eigenschaften. β -Peptide enthalten, wie α -Peptide, Amidgruppen, welche stabilisierende intramolekulare Wasserstoffbrücken ausbilden können. Es hat sich gezeigt, dass im Gegensatz zu den natürlichen Vorbildern β -Peptide in Lösung schon ab Kettenlängen von vier Bausteinen stabile Sekundärstrukturen wie Helices und Faltblätter ausbilden. *In-vitro*- und *in-vivo*-pharmakokinetische Untersuchungen führten zur Erkenntnis, dass β -Peptide aussichtsreiche Kandidaten für pharmakologische Wirk-

stoffe und ausserordentlich stabil gegenüber Peptidasen und Proteinasen sind. Sie werden in Versuchstieren praktisch nicht metabolisiert.

Diese ausserordentliche metabolische Stabilität war der Grund, dass wir Fragen zur generellen Abbaubarkeit und zum Umweltverhalten dieser Verbindungsklasse in den Raum stellten und in Zusammenarbeit mit der Gruppe Seebach vor drei Jahren begannen, den mikrobiellen Metabolismus der β -Peptide zu untersuchen. Wir reichernten eine Mischkultur an, die das β -Tripeptid H- β -HVal- β -HAla- β -HLeu-OH, das β -Dipeptid β -HAla- β -HLeu-OH und die entsprechenden β -Aminosäuren als alleinige Kohlenstoff- und Energiequelle verwerten konnte (Abbildung). Während des Abbaus des β -Tripeptids trat vorübergehend ein Metabolit auf, der später als das Dipeptid β -HAla- β -HLeu-OH identifiziert wurde. Aus diesen Ergebnissen haben wir geschlossen, dass während des Abbaus des β -Tripeptids die N-terminale Aminosäure β -Valin auf noch unbekannte Art und Weise abgespalten wird. Unsere Experimente haben zum ersten Mal gezeigt, dass β -Peptide und β -Aminosäuren von Mikroorganismen umgewandelt und vollständig abgebaut werden. Allerdings geht dieser Abbau nicht immer einfach vonstatten. Bietet man der auf β -Peptiden angereicherten Mischkultur auch natürliche α -Peptide als Substrat an, so werden diese schneller als die β -Peptide abgebaut und hemmen zudem deren weiteren Abbau. Diese Ergebnisse zeigen, dass sogar mit β -Peptiden angereicherte Mischkulturen die natürlichen α -Peptide als Substrate bevorzugen.

Wir planen, diese Thematik weiter zu bearbeiten, um die biochemischen Vorgänge beim mikrobiellen Abbau dieser Verbindungsklasse besser zu verstehen. Das wird uns helfen, das Umweltverhalten der β -Peptide abzuschätzen, bevor sie als pharmakologische Wirksubstanzen auf den Markt gelangen.

Literatur

Schreiber J.V., Frackenpohl J., Moser F., Fleischmann T., Kohler H.-P.E., Seebach D. (2002): On the Biodegradation of β -Peptides. *ChemBioChem* 3, 424–432.

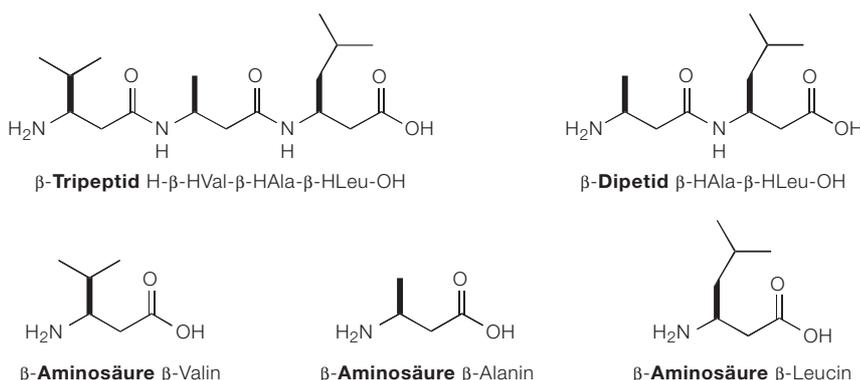


Abbildung: Strukturformeln (Erklärung im Text).

Abbau oder bloss Verdünnung? – Verbesserte Empfindlichkeit bei Einzelstoff-Isotopenbestimmung ermöglicht schärfere Aussagen

Luc Zwank, Samuel Luzi, Michael Berg; Torsten Schmidt, Stefan Haderlein (Zentrum für Angewandte Geowissenschaften, Eberhard-Karls-Universität, Tübingen)

Die Nachweisgrenzen in der Einzelstoffisotopie wurden so weit verbessert ($\leq 5 \mu\text{g/l}$), dass die natürlichen Isotopenverhältnisse von flüchtigen Grundwasserschadstoffen aus Feldproben bestimmt werden können. In einer Zusammenarbeit mit dem Amt für Umwelt des Kantons Thurgau wurde diese neue Methode eingesetzt, um zusätzliche Informationen zum Verhalten von Trichlorethen (TRI) im Abstrombereich einer Deponie zu gewinnen. Im Gegensatz zur bisherigen Einschätzung hat die Einzelstoff-Isotopenbestimmung ergeben, dass im Abstrom der Deponie kein Abbau von TRI stattfindet, sondern dass eine zusätzliche Kontaminationsquelle von cis-1,2-Dichlorethen vorhanden sein muss.

Die meisten chemischen Elemente besitzen stabile Isotope. So kommt Kohlenstoff sowohl mit der Masse 12 (^{12}C) als auch mit der Masse 13 (^{13}C) vor. Beide Isotope sind Bestandteil aller kohlenstoffhaltigen Substanzen. Umwandlungsprozesse organischer Substanzen (mikrobieller Abbau, chemische Reaktionen), bei denen Bindungen gebrochen werden, verändern deren Isotopenverhältnisse. Eine Bindung zwischen schweren Isotopen ist geringfügig stabiler, so dass beim Abbau Bindungen mit leichteren Isotopen schneller gespalten werden. Ein Abbauprodukt hat demzufolge einen grösseren Anteil an leichteren Isotopen als die Ausgangssubstanz. Dieser Effekt (Isotopenfraktionierung) kann an einem kontaminierten Standort genutzt werden, um Hinweise zu erhalten, ob ein *In-situ*-Abbau von Schadstoffen stattfindet. Findet man im Grundwasser neben einer Verminderung der Konzentrationen auch eine Veränderung der Isotopenzusammensetzung mit zunehmender Distanz von der Schadstoffquelle, so bedeutet dies, dass auf dem Fließweg ein Abbau des Schadstoffs stattfindet und nicht nur eine Verdünnung. Bislang war der Einsatz solcher Isotopenuntersuchungen an organischen Einzelstoffen auf Standorte mit hohen Schadstoffkonzentrationen ($>200 \mu\text{g/l}$) beschränkt, da die Empfindlichkeit der bestehenden Messmethoden sehr gering war. Durch direkte Kopplung einer selektiven Anreicherungsmethode (Purge and Trap) mit einem Gaschromatographen und einem Isotopenmassenspektrometer ist es uns gelungen, die Nachweisgrenzen für flüchtige Verbindungen auf $\leq 5 \mu\text{g/l}$ zu verbessern. Das folgende Fallbeispiel zeigt, dass sich die ausgearbeitete Methode für Untersuchungen an Feldstandorten mit Schadstoffkonzentrationen $<100 \mu\text{g/l}$ hervorragend eignet.

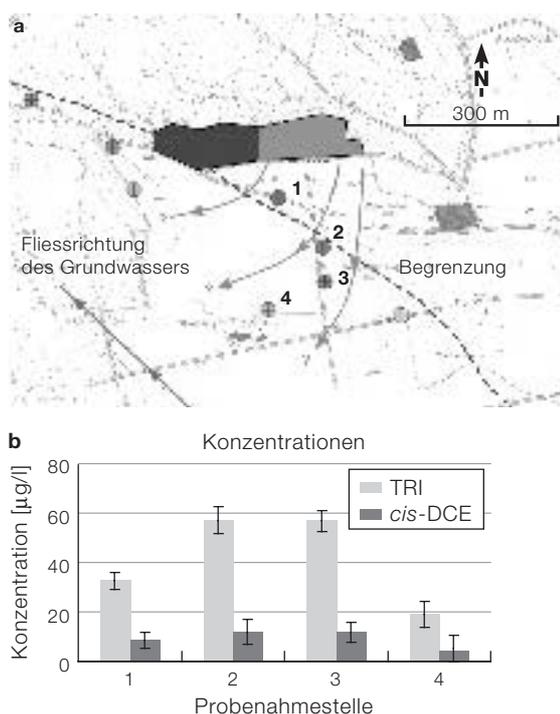


Abbildung 1: Lage der Kiesgrube (dunkle Fläche) und der Deponie (hellgraue Fläche) mit den Probenahmestellen (1–4). Die gestrichelte Linie entspricht der Begrenzung des Grundwasserleiters. Die Hauptflussrichtung des Grundwassers ist in Richtung Nordosten.

In einer teilweise stillgelegten Kiesgrube im Kanton Thurgau wurden in den 1960er und 1970er Jahren Hauskehricht, Industrie- sowie auch Baustellenabfälle abgelagert. Wie aus der Abbildung 1a ersichtlich ist, befinden sich diese Altlasten im Einzugsbereich eines Grundwasserleiters. Bei früheren Messungen (1997) wurden an den wenigen vorhandenen Probenahmestellen Konzentrationen von 27 bis zu $340 \mu\text{g/l}$ im Grundwasser festgestellt. Abbildung 1b zeigt die im Jahre 2002 gemessenen Konzentrationen von TRI und cis-1,2-Dichlorethen (cis-DCE), einem bekannten Abbauprodukt von TRI. Diese spärliche Datengrundlage stellt eine typische Situation für Altlastenstandorte dar, an denen geprüft werden soll, ob ein *In-situ*-Abbau eines Schadstoffs stattfindet. Für eine zuverlässige Massenbilanzierung des vermuteten Schadstoffabbaus stehen zu wenige Daten zur Verfügung. Daher wurde an diesem wie auch an vielen anderen ähnlichen Standorten aufgrund abnehmender TRI-Konzentrationen und der Identifizierung von potenziellen Abbauprodukten (hier: cis-DCE, das als solches industriell kaum verwendet wird) auf einen *In-situ*-Abbau von TRI geschlossen.

Unsere Isotopenmessungen (Abbildung 2) zeigen, dass das $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Verhältnis (aufgetragen als $\delta^{13}\text{C}$ -Werte*) an allen Probenahmestellen recht konstant bleibt. Die leicht tieferen Werte bei Probenahmestelle 1 weisen auf Verflüchtigung in die ungesättigte Zone des Bodens hin. Da

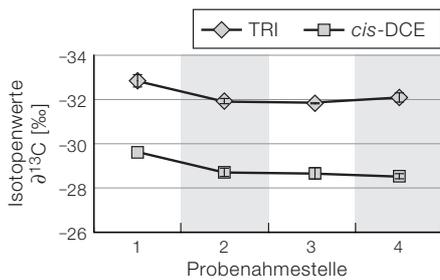


Abbildung 2:
Isotopenverhältnisse von TRI und cis-DCE.

Laborversuche gezeigt haben, dass es beim Abbau von TRI zu cis-DCE zu einer deutlichen Isotopenfraktionierung kommt, kann hier ein solcher Abbau ausgeschlossen werden. Das gefundene cis-DCE ist sogar isotopisch schwerer als das TRI. Wäre das cis-DCE jedoch ein Abbauprodukt von TCE, so müsste es δ¹³C-Werte zeigen, die leichter (negativer) wären als die des TRI. Im Gegensatz zu bisherigen, aus dem Konzentrationsverlauf der Schadstoffe abgeleiteten Folgerungen zeigen die Isotopenmessungen, dass an diesem Standort kein TRI-Abbau stattfindet und cis-DCE aus einer weiteren, bisher unbekanntem Kontaminationsquelle stammen muss.

Das Fallbeispiel verdeutlicht das Potenzial dieser Messtechnik. Die signifikant verbesserten Nachweisgrenzen für Isotopenmessungen flüchtiger Schadstoffe liefern besonders für Standorte mit wenigen Probenahmestellen und Konzentrationen <100 µg/l wichtige Zusatzinformationen.

$$\delta^{13}\text{C} = \left(\frac{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{Probe}}}{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{Standard}}} - 1 \right) \cdot 1000 \text{ (‰)}$$

Vom Regen in die Traufe? Die Reaktion chlorierter Kohlenwasserstoffe (CKW) mit eisenhaltigen Mineralien im Untergrund

Martin Elsner, Stefan Haderlein, René Schwarzenbach

Reduziertes Eisen (Fe(II)) an Mineraloberflächen ist enorm wichtig für den Abbau von chlorierten Kohlenwasserstoffen, einer Stoffklasse von weit verbreiteten Grundwasser-Verunreinigungen. In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass diese Reaktion an verschiedenen, in der Natur vorkommenden Eisenphasen sehr unterschiedlich schnell abläuft. Dabei entstehen nicht nur harmlose, sondern zum Teil auch giftige Abbauprodukte.

Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW) sind industriell enorm wichtige Lösemittel und Zwischenprodukte. Durch ihren ausgedehnten Gebrauch gehören sie aber auch zu

den weltweit häufigsten Grundwasserproblemstoffen. Ob CKW für die Trinkwasserversorgung gefährlich werden können, hängt entscheidend davon ab, ob und wie schnell sie natürlicherweise im Untergrund abgebaut werden. Eine wichtige Rolle spielt dabei reduziertes Eisen (Fe(II)), das in Böden und Grundwässern durch Mikroorganismen gebildet werden kann. Wenn solch reduziertes Eisen an Mineraloberflächen bindet, gewinnt es enorm an Reaktivität und kann mit Schadstoffen von oxidiertem Charakter wie CKW reagieren.

Um zu untersuchen, wie stark diese Oberflächenreaktion durch die Natur der Mineralien beeinflusst wird, wurden verschiedene natürlich vorkommende Eisenminerale synthetisiert und in Gegenwart von Fe(II) mit ausgewählten Schadstoffen unter vergleichbaren, umweltrelevanten Bedingungen zur Reaktion gebracht. Es traten grosse Reaktivitätsunterschiede zwischen den Mineralien auf. In Gegenwart von Eisensulfiden lief die Reduktion von Hexachlorethan zu Tetrachlorethan um Größenordnungen schneller ab als in Gegenwart von Eisencarbonat, und immer noch deutlich schneller als mit Fe(II) an Eisenoxiden (Abbildung). Um zu sehen, ob dieser Trend typisch für Schadstoffe von oxidiertem Charakter ist, wurde auch die Reaktion einer anderen Schadstoffklasse (Reduktion der Nitrogruppe in Nitroaromaten) untersucht. 4-Chlornitrobenzen reagierte mit Fe(II) in Gegenwart einiger Mineralien wie Pyrit oder Hämatit, jedoch vergleichsweise nur sehr langsam (Abbildung) – ein möglicher Hinweis auf spezifische Interaktionen dieser Verbindung mit der Oberfläche! Diese Ergebnisse zeigen,

- dass Reaktionen von reduzierbaren Schadstoffen mit Fe(II) stark von der geochemischen Umgebung abhängen können, dass aber
- die Reaktivität nicht einfach durch Extrapolation von einer Stoffklasse auf die andere abgeschätzt werden darf.

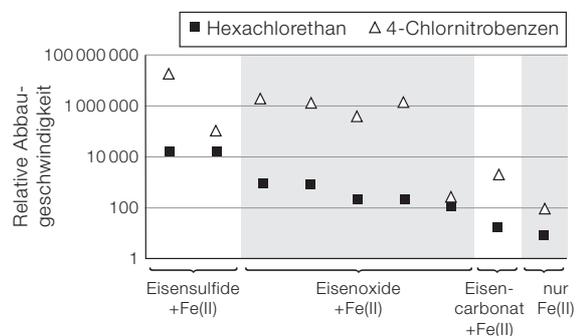


Abbildung: Relative Reaktionsgeschwindigkeiten für verschiedene Eisenminerale in Gegenwart von gelöstem Fe(II), auf die Oberfläche normiert (von links nach rechts): FeS, Pyrit, Goethit (α-FeOOH), Magnetit (Fe₃O₄), Nontronit (ein eisenhaltiges Tonmineral), Lepidocrocit (γ-FeOOH), Hämatit (α-Fe₂O₃), Siderit (FeCO₃), nur Fe(II), Geschwindigkeitskonstante 1. Ordnung für Siderit (Reaktion von Hexachlorethan): 1,7·10⁻⁵/h·m⁻².

Für den chlorierten Kohlenwasserstoff Tetrachlorkohlenstoff (CCl_4) konnte beobachtet werden, dass die Reaktion mit Fe(II) an Eisenoxiden einerseits zu einer vollständigen Entgiftung führen kann, indem harmlose Substanzen wie Ameisensäure oder kleine Mengen Kohlenmonoxid entstanden. Andererseits wurden aber auch beträchtliche Mengen des chlorierten Abbauprodukts Chloroform (CHCl_3) gefunden, das toxisch und in Abwesenheit von Sauerstoff viel langlebiger als Tetrachlorkohlenstoff ist. Studien mit Isotopen zeigten schliesslich, dass beide Reaktionen auf die gleiche Weise begannen (durch die Übertragung eines Elektrons von der Mineraloberfläche), dann aber einen unterschiedlichen Verlauf nahmen. Es gab Hinweise, dass sehr kurzlebige Zwischenprodukte für diesen Reaktionsverlauf eine Schlüsselrolle spielen. Solche Zwischenprodukte sind quasi molekulare «Eintagsfliegen»: Sie haben eine so kurze Lebensdauer und kommen so vereinzelt vor, dass sie mit chemisch-analytischen Methoden nicht direkt beobachtet werden können. Gegenwärtig werden Methoden entwickelt, um diese «Eintagsfliegen» indirekt zu erfassen. Damit soll sich zeigen, auf welche Weise unterschiedliche Umweltbedingungen die Bildung von giftigen bzw. harmlosen Produkten beeinflussen und damit entscheiden, ob der Reaktionsweg wirklich vom Regen in die Traufe führt.

Literatur

Elsner M. (2002): Reductive Dehalogenation of Chlorinated Alkanes by Surface Bound Fe(II) – Kinetic and Mechanistic Aspects. Diss. ETHZ No. 14 955, Zurich.

Rückstände von neuen Pestiziden im Oberflächen- und Grundwasser

Rahel Oechslin, Peter Lengweiler, Kurt Seiler (ALU Schaffhausen¹); Christian Götz, Luciana Gomides Freitas, Heinz Singer, Stephan Müller (EAWAG)

In der Pestizidanalytik konzentrierte man sich in der Vergangenheit vorwiegend auf die gaschromatographisch zugänglichen Pestizide. Im Rahmen der Zusammenarbeit zwischen der EAWAG und dem ALU Schaffhausen wurde eine neue LC-MS/MS-Methode zur Analyse von bisher schlecht erfassbaren Pestiziden und deren Abbauprodukten entwickelt. Erste Analyseergebnisse von Oberflächenwasser sowie Grund- und Trinkwasser liegen nun vor.

Das Wissen über das Verhalten von Pestiziden, die gaschromatographisch erfassbar und somit seit längerem analytisch zugänglich sind, ist umfangreich. Entsprechend lückenhaft sind unsere Kenntnisse über alle übrigen Pestizide. In den letzten Jahren hat eine sprunghafte instrumentelle Weiterentwicklung von Flüssigchromatographie-Massenspektrometrie-gekoppelten Geräten



Abbildung 1: Pestizidapplikation, Umgebung Mönchaltorf, Frühling 2000.

stattgefunden. Damit wurde das Fundament gelegt, um die bestehende Wissenslücke im Bereiche der Pestizide zu schliessen. Der Prozess Wasser und Landwirtschaft (W+L) der EAWAG Dübendorf und die Abteilung Lebensmittelüberwachung des ALU Schaffhausen haben sich im Jahre 2001 entschieden, dieses neue und sehr empfindliche Werkzeug gemeinsam zu nutzen und das Wissen bezüglich Vorkommen und Verhalten von Pestiziden und ihren Abbauprodukten zu vervollständigen.

Der Prozess W+L entwickelte eine entsprechende Analyseverfahren für Gewässerproben. Es wurden Verbindungen aus den Substanzklassen der Triazine, Acetamide, Phenylharnstoffe, Organophosphate, Phenoxysäuren, Benzoesäuren und Triketone sowie verschiedene Metaboliten in die Methode integriert. Nebst einigen altbekannten Pestiziden wie etwa Atrazin wurden insbesondere Pestizide der neueren Generation wie diejenigen aus der Gruppe der Triketone sowie verschiedene bisher wenig untersuchte Abbauprodukte von Pestiziden berücksichtigt. Über diese neue Generation von Pestiziden ist wenig bekannt, da sie gaschromatographisch schlecht erfassbar sind. Zudem weisen sie eine verbesserte Abbaubarkeit auf, weshalb das Augenmerk gleichzeitig auf die gebildeten Metaboliten zu richten ist. Dies ist umso wichtiger, weil solche Abbauprodukte oft sehr polar und daher mit den herkömmlichen Analyseverfahren schlecht erfassbar sind. Mit der Revision der Lebensmittelgesetzgebung im Frühling 2002 wurde der steigenden Bedeutung von Abbauprodukten Rechnung getragen, indem neu alle, nicht nur die gesundheitsrelevanten Abbauprodukte in den Toleranzwert von $0,1 \mu\text{g}/\text{kg}$ aufgenommen wurden (vgl. Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV), SR 817.021.23).

Die neu entwickelte Methode erlaubt die simultane Bestimmung von neutralen und sauren Pestiziden im tiefen ng/l-Bereich und somit eine klare Beurteilung bezüglich Toleranzwertüberschreitungen. Alle Substanzen werden in einem ersten Schritt mittels Festphasenextraktion



Abbildung 2: Trinkwasser. (Foto: Alfred Lück)

simultan extrahiert, eluiert und aufkonzentriert. Die neutralen Pestizide werden danach mittels LC-ESI-MS/MS² im positiven Elektrosprayionisierungsmodus analysiert, die sauren Pestizide im negativen Modus. Die analysierten Pestizide wurden mit einem isotopenmarkierten internen Standard oder mit einem dem Analyten strukturell sehr ähnlichen internen Standard quantifiziert.

Im Sommer 2002 wurden 40 Grund- und Trinkwasser aus dem Vollzugsgebiet des Amtes für Lebensmittelkontrolle (Kantone AR, AI, GL und SH) erhoben und mit der neu entwickelten Methode analysiert. Erfreulicherweise konnte in keiner einzigen Probe ein Pestizid der neueren Generation oder eines der entsprechenden Abbauprodukte nachgewiesen werden. Von allen gaschromatographisch nicht direkt zugänglichen Pestiziden konnte lediglich in einer Probe Diuron, ein Phenylharnstoff, gefunden werden. Von den gaschromatographisch erfassbaren Pestiziden war in einer Probe das Diazinon und in 21 der untersuchten 40 Proben Atrazin oder dessen Abbauprodukt Desethylatrazin nachweisbar. Das nahezu ubiquitäre Auftreten der Triazine war jedoch von früheren Messungen her bereits bekannt. Toleranzwertüberschreitungen mussten lediglich in Einzelfällen festgestellt werden.

Mit diesen Untersuchungen kann das Thema der neueren Pestizide jedoch noch nicht ad acta gelegt werden, denn in Oberflächengewässern konnte die EAWAG saure Herbizidabbauprodukte und Rückstände von Sulcotrion aus der Gruppe der Triketone nachweisen. Weitere Beobachtungen des Grundwassers sind daher angezeigt.

Die Erwartungen an das gemeinsame Projekt konnten mehr als erfüllt werden. Dank der gemeinsamen Nutzung eines teuren Spitzengerätes konnten Synergien genutzt werden und beiden Institutionen ist es gelungen, ihren

unterschiedlichen Zielsetzungen gerecht zu werden. Dank den neuen Möglichkeiten der Informatik stellte die Distanz Dübendorf–Schaffhausen kein Hindernis dar.

¹ Amt für Lebensmittelkontrolle der Kantone AR, AI, GL und SH sowie Umweltschutz des Kantons SH

² Flüssigchromatographie-Elektrospray-Tandemmassenspektrometrie

Abbau chiraler Phenoxyalkansäure-Herbizide durch *Sphingomonas herbicidovorans* MH

Steven Byrde, Tina Müller, Jan Roelof van der Meer, Hans-Peter Kohler

Jeden Tag werden Tonnen von Pestiziden, Medikamenten und anderen Chemikalien in die Umwelt gebracht. Viele dieser Verbindungen wie beispielsweise chlorierte Aromaten sind in der Umwelt stabil. Einige Mikroorganismen haben jedoch die Fähigkeiten, solche vom Menschen in die Umwelt eingebrachten Chemikalien abzubauen. Sphingomonas herbicidovorans MH ist ein Bodenbakterium, das (chirale) Phenoxyalkansäure-Herbizide vollständig abbauen kann. In dieser Arbeit wurde untersucht, wie solche Herbizide durch S. herbicidovorans MH abgebaut werden.

Phenoxyalkansäure-Herbizide werden seit den 1950er Jahren produziert und vor allem in der Landwirtschaft gegen Ackerunkräuter eingesetzt. Wichtige Vertreter dieser Herbizidklasse sind Mecoprop, Dichlorprop und 2,4-D (Abbildung). Mecoprop und Dichlorprop sind chirale Verbindungen. Chirale Verbindungen besitzen mindestens zwei Molekülstrukturen (so genannte Enantiomere), die Spiegelbilder voneinander sind, sich aber nicht zur Deckung bringen lassen. Ein anschauliches Beispiel für chirale Gegenstände im Alltag sind unsere Hände: die rechte Hand ist mit der linken nicht deckungsgleich. Enantiomere verhalten sich in biologischen Systemen unterschiedlich, daher ist es wichtig, das Schicksal von chiralen Verbindungen in der Umwelt getrennt zu betrachten. Beispielsweise wirkt nur die (R)-Form von Mecoprop und Dichlorprop als Herbizid, während die (S)-Form wirkungslos ist. Auch der mikrobielle Abbau ist unterschiedlich. (S)-Mecoprop wird von *S. herbicidovorans* MH schneller abgebaut als (R)-Mecoprop.

Die Enantioselektivität des Abbaus von Mecoprop und Dichlorprop ist zum einen auf die Aufnahme der Verbindungen in die Zelle zurückzuführen. Zum anderen ist der erste Abbauschritt in der Zelle enantioselektiv, wobei eine achirale Phenolverbindung entsteht (Abbildung). Diese wird im nächsten Schritt in das entsprechende Catechol umgewandelt. Catechole sind Zwischenprodukte,

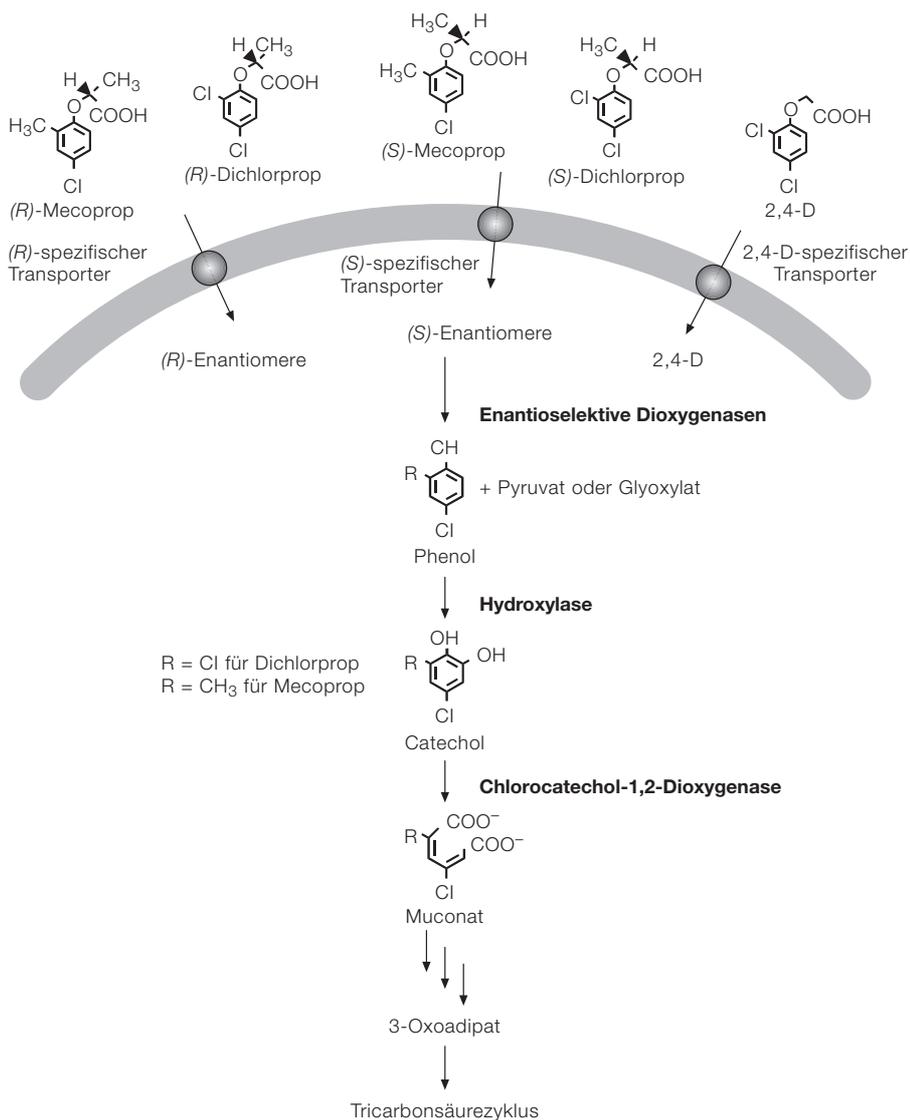


Abbildung: Abbauweg von Phenoxyalkansäure-Herbiziden in *S. herbicidovorans* MH.

die in vielen Abbauwegen von aromatischen Verbindungen vorkommen. Sie werden durch so genannte Catechol-Dioxygenasen gespalten. Catechol-Dioxygenasen kommen in vielen Bakterien vor und es wurde festgestellt, dass das genetische Material unter den Bakterien ausgetauscht werden kann. Deshalb sind die Gene und die entsprechenden Proteine in vielen Bakterien sehr ähnlich. In *S. herbicidovorans* MH haben wir zwei Gene gefunden, die aufgrund ihrer Gensequenz für zwei so genannte Chlorocatechol-1,2-Dioxygenasen kodieren. Chlorocatechol-1,2-Dioxygenasen spalten das Catechol zwischen den beiden Hydroxygruppen. Erstaunlicherweise ist aber die Ähnlichkeit beider Proteine zu den anderen Proteinen dieser Klasse unüblich tief, nämlich nur ca. 50%. Daraus schließen wir, dass *S. herbicidovorans* MH eine neue Art von Chlorocatechol-1,2-Dioxygenasen besitzt. Chlorocatechol-1,2-Dioxygenasen weisen eine breite Substratspezifität auf. In Aktivitätstests wurden daher verschiedene Substrate getestet. Die Chlorocatechol-1,2-Dioxygenasen von *S. herbicidovorans* MH setzten sowohl

chlorierte und methylierte Catechole als auch unsubstituierte Catechole um, bevorzugten jedoch die ersten zwei. Die Zuteilung zur Klasse der Chlorocatechol-1,2-Dioxygenasen aufgrund der Gensequenz wurde also, trotz der unüblich tiefen Ähnlichkeit, bestätigt.

Der weitere Abbauweg wurde noch nicht genauer untersucht, doch vermutlich entsteht nach mehreren Zwischenschritten ein 3-Oxo adipat, das in den Zellstoffwechsel eingeschleust wird. Sequenzanalysen haben gezeigt, dass in den Regionen neben den Chlorocatechol-1,2-Dioxygenase-Genen Gene lokalisiert sind, die Ähnlichkeiten mit Genen aufweisen, die für Proteine des 2,4-D-Abbaus in anderen Bakterien kodieren. Interessant ist, dass die Anordnung der Gene sich von derjenigen in den anderen Bakterien unterscheidet. Dies wie auch die neue Art von Chlorocatechol-1,2-Dioxygenasen deutet darauf hin, dass sich der Abbauweg von Phenoxyalkansäure-Herbiziden in *S. herbicidovorans* MH unterschiedlich entwickelt hat von demjenigen in anderen Bakterien.

Neue Ansätze zur ökotoxikologischen Bewertung von Reaktivchemikalien

Beate Escher, Angela Harder, Paolo Landini, Christian Niederer, Nicole Tobler, René P. Schwarzenbach

Genmodifizierte Escherichia-coli-Stämme werden als Biosensoren verwendet, um Reaktivchemikalien nach ihren Wirkmechanismen zu klassifizieren und ihre Toxizität zu bestimmen.

Reaktivchemikalien umfassen eine grosse Anzahl von Substanzen mit verschiedenen reaktiven funktionellen Gruppen. Sie werden häufig als Zwischenprodukte oder als Monomere für die Polymerisation von Kunststoffen verwendet. Als Basischemikalien werden sie in der EU in grossen Mengen produziert und importiert, wobei die Mengen häufig 1000 Tonnen pro Jahr übersteigen. Sie gehören damit zur Gruppe der so genannten High Production Volume Chemicals, deren (öko)toxikologische Bewertung von der EU als prioritär eingestuft wird.

Aufgrund ihrer hohen Toxizität besitzen reaktive Chemikalien ein hohes Gefährdungspotenzial für die Umwelt. Die meisten sind in der Umwelt aber weder persistent noch bioakkumulierend, verschwinden also rasch. Damit sind sie, anders als typische (hydrophobe) Umweltchemikalien, vor allem bei Unfällen oder kontinuierlichen Emissionen ein Problem. Allerdings versagen klassische Ansätze oft bei der Bewertung von Reaktivchemikalien. Erster Schritt in der Bewertung von Stoffen ist typischerweise die Klassifizierung und Kennzeichnung (European Commission, 1996). Hier werden Stoffe als umwelt-

gefährdend klassifiziert, wenn sie eine akute Toxizität für aquatische Organismen unter 1 mg/l (ausgedrückt als letale Konzentration für 50% der getesteten Tiere, LC_{50}) aufweisen. Oft liegen die Reaktivchemikalien über dieser Grenze und werden nach diesen Initialtests nicht als toxisch klassifiziert, obwohl sie 10- bis 10 000-mal toxischer sind als Stoffe gleicher Hydrophobie, die keine spezifischen Wirkmechanismen aufweisen. Ausserdem ist auch mit chronischen Effekten wie Mutationen und Krebs zu rechnen, die allerdings erst in weiteren, aufwändigeren Tests identifiziert werden können. Es besteht daher dringender Bedarf nach einfachen Screening-Tests, mit denen Reaktivchemikalien einfach und schnell identifiziert werden können. Dieser Bedarf wird auch in Zukunft wichtig bleiben. In ihrem Weissbuch «Strategien für eine zukünftige Chemikalienpolitik» hat die EU niedergelegt, dass in Zukunft inhärente Stoffeigenschaften wie z.B. das Potenzial, karzinogen, mutagen und reproduktionstoxisch zu wirken, als Auslöser für weitergehende Risikobewertung dienen [2].

Die akute und chronische Toxizität von reaktiven Chemikalien ist mit der Reaktion mit Biomolekülen verknüpft, wobei elektrophile Reaktivchemikalien bevorzugt mit nukleophilen Gruppen in Peptiden, Proteinen und DNA reagieren. Nukleophile Gruppen in Biomolekülen umfassen zum Beispiel die Sulfhydrylgruppe in der Aminosäure Cystein oder Stickstoff- und Sauerstoffgruppen in DNA-Basen. Das Tripeptid Glutathion (GSH) ist eines der wichtigsten zellulären Peptide, weil es mit Cystein eine sehr reaktive Sulfhydrylgruppe enthält. In nahezu allen Organismen kommt GSH vor und verhindert durch seine Reaktivität, dass andere Biomoleküle angegriffen werden

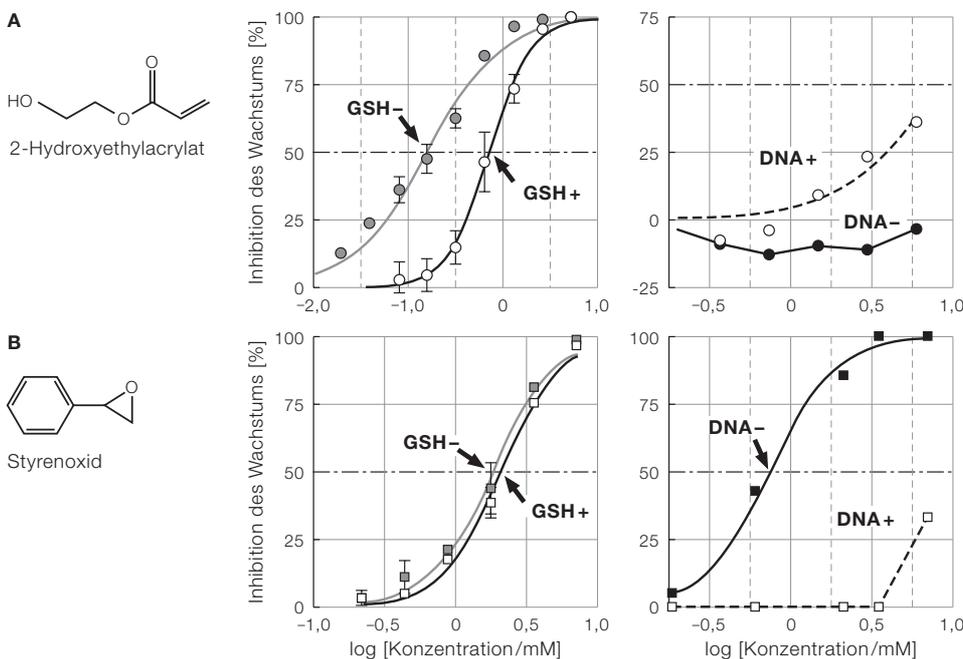


Abbildung: Unterschiede in den Konzentrations-Effekt-Kurven von (A) 2-Hydroxyethylacrylat und (B) Styrenoxid jeweils mit Stämmen, die GSH synthetisieren können (GSH+) bzw. nicht synthetisieren können (GSH-) (linke Kurven), sowie mit Stämmen, die DNA-Reparaturmechanismen aufweisen (DNA+) bzw. nicht aufweisen (DNA-). Die Toxizität von Hydroxyethylacrylat wird angezeigt durch Reaktivität gegenüber GSH, während Styrenoxid über DNA-Schädigung wirkt.

können. Sofern die Konzentration an GSH jedoch unter einen kritischen Level gesunken ist, werden andere Biomoleküle nicht nur angreifbar, der Organismus oder die Zelle ist ausserdem auch empfindlicher gegenüber anderen Prozessen, die mit Glutathion in Zusammenhang stehen, wie zum Beispiel oxidativem Stress. Die Reaktion von Reaktivchemikalien mit DNA kann zu Mutationen und möglicherweise Krebs führen.

Wir schlagen einen neuen Ansatz vor, um Reaktivchemikalien gezielt zu identifizieren und Information über ihre Art der Schädigung, das heisst den toxischen Wirkmechanismus, zu erhalten [3]. Dieser Ansatz beruht auf dem Einsatz von genmodifizierten *Escherichia coli*-Stämmen als so genannte Biosensoren für reaktive Schädigungen.

Dabei werden die Wachstumsunterschiede zwischen je zwei Paaren von *E. coli*-Stämmen bestimmt, die sich in ihrer Fähigkeit, entweder GSH zu synthetisieren oder DNA-Schäden zu reparieren, voneinander unterscheiden. Diese Stämmepaare werden mit GSH+ und GSH- bzw. DNA+ und DNA- bezeichnet. Stoffe, die durch GSH entgiftet werden, zeigen starke Unterschiede in den Konzentrations-Effekt-Kurven zwischen GSH+ und GSH-, wie das Beispiel von Hydroxyethylacrylat zeigt (Abbildung A). Solche Stoffe sind nicht nur gegenüber der Sulfhydrylgruppe in GSH reaktiv, sondern reagieren ganz allgemein mit Sulfhydrylgruppen in Proteinen, wirken also auch toxisch, obwohl sie teilweise entgiftet werden können. Stoffe, die vorwiegend DNA-Schäden verursachen, wie z.B. Styrenoxid, zeigen dagegen starke Unterschiede in den Konzentrations-Effekt-Kurven zwischen DNA+ und DNA-, aber keine Unterschiede zwischen GSH+ und GSH- (Abbildung B). Es gibt natürlich auch Stoffe, die zwischen diesen beiden Extremen liegen und sowohl von GSH entgiftet werden als auch mit DNA reagieren.

Mit diesem Set von Biosensoren ist es also einfach und schnell möglich, das Gefährdungspotenzial durch reaktive Wirkmechanismen abzuschätzen und Information über die relevanten Wirkmechanismen zu gewinnen. Damit eignet sich dieses Set grundsätzlich als Screening-Tool in einer initialen Klassifizierung bei der Chemikalienbewertung. Allerdings sind noch viele Hürden der Validierung und der Standardisierung des hier vorgestellten Tests zu nehmen, bevor ein solcher Test in der EU Akzeptanz findet.

Literatur

[1] European Commission (1996): Technical Guidance Document in Support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances and Commission Regulation (EC) No. 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substances, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

- [2] European Commission (2001): White Paper on the Strategy for a Future Chemicals Policy, KOM (2001) 88, Commission of the European Communities, Brussels, Belgium.
- [3] Harder A. (2002): Assessment of the Risk Potential of Reactive Chemicals with Multiple Modes of Toxic Action, Diss. ETH Zürich und EAWAG.

Speziierung von Metallen mit Flüssigchromatographie

Adrian Ammann

Der direkte Nachweis von Metallspezies und anderen Elementverbindungen wird in der Umweltforschung wie auch in anderen Forschungsbereichen (Toxikologie, Ernährung) immer wichtiger. Auf der Basis des Anionentauschs in Kombination mit ICP-MS wurde eine nachweisstarke Methode entwickelt, mit der neu im selben Lauf gleich verschiedene Arten von hoch mobilen anionischen Metallverbindungen bestimmt werden können.

Metalle sind nicht abbaubar wie organische Verbindungen. Einmal an die Umwelt abgegeben, ändern sie nur ihre Bindungsformen, welche dann jeweils ihre Mobilität (Metallkreisläufe) und auch ihre Wirkungen in der Umwelt bestimmen.

Bisher wurde nebst der Fraktionierung der Metalle das Bindungsverhalten des natürlichen organischen Kohlenstoffs zur Speziierung von Metallen untersucht. Für eine Qualitätsbeurteilung wurde oft einfach der Totalgehalt der Metalle berücksichtigt. Dies genügt heute nicht mehr. Die einzelnen Bindungsformen (Metallspezies) haben oft eine zentrale Bedeutung. Es sind z.B. nicht alle Bindungsformen eines Metalls oder Elements gleich giftig. Zusätzliche Angaben werden heute dringend benötigt zur Beantwortung von Fragen wie Herkunft, Ursachen von Metallmobilisierungen, Bioverfügbarkeit, ökotoxikologische Wirkungen (Grenzwerte) und besonders der Anteil der giftigeren Metallspezies am Gesamtmetallgehalt. Ohne Kenntnis der beteiligten Metallspezies fehlt die Basis für eine realistische Einschätzung des Risikos und auch für Abhilfemassnahmen.

Im Bereich der hoch mobilen hydrophilen Metallspezies, die überwiegend aus negativ geladenen Metallverbindungen und Metallkomplexen bestehen, konnte eine chromatographische Nachweismethode entwickelt werden. Diese basiert auf einem sehr selektiven Trennverfahren, das über ein Plasma als Ionenquelle an ein einfaches Quadrupol-Massenspektrometer (MS) gekoppelt wurde. Damit lassen sich nach der Trennung der Spezies die Elemente isotopenspezifisch und empfindlich nachweisen. Eine einfache Anreicherung nach demselben Ionentauscherprinzip erlaubt, sehr tiefe Konzentrationen im

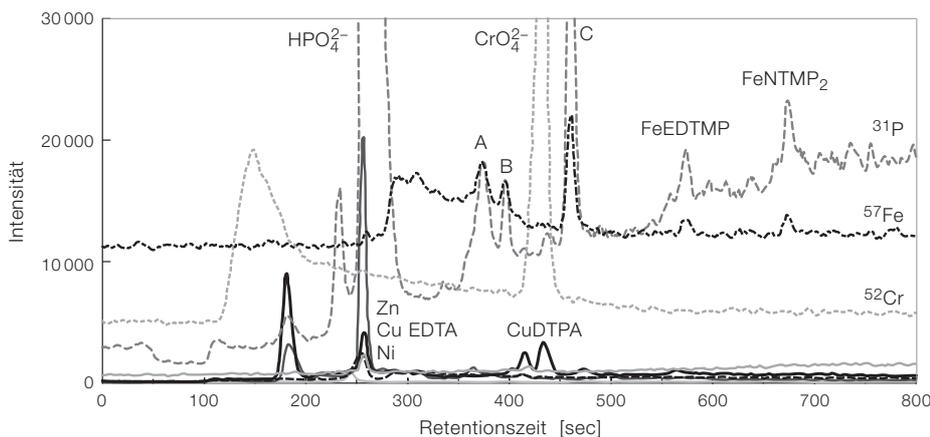


Abbildung: Auftrennung von Metallchelaten und Oxoanionen in Flusswasser (2 ml, Glatt, Zellersmüli SG) 500 m unterhalb eines Kläranlagenauslaufs. CrO₄²⁻ = Chromat, EDTA = Ethylendiamintetraessigsäure, DTPA = Diethylentriaminpentaessigsäure, EDTMP = Ethylendiamintetramethylenphosphonat, NTMP = Nitrotrimethylenphosphonat, A, B, C = nicht identifizierte Eisenphosphonate.

unteren nanomolaren Bereich in natürlichen Wasserproben zu erfassen [1]. Damit können zum ersten Mal gleich mehrere stabile Metallkomplexe synthetischer und biogener Chelatbildner [2] sowie Oxoanionen von Elementen im selben Lauf nachgewiesen werden. Die Abbildung zeigt die Trennung von Flusswasser, das durch einen Kläranlageneinlauf belastet ist. Es konnten Chromat und diverse Metalle (Me = Fe, Zn, Cu, Ni), gebunden an Aminocarboxylate (EDTA, DTPA) und Aminophosphonate (EDTMP, NTMP), nachgewiesen und durch Standardaddition identifiziert werden. Weitere noch nicht identifizierte Eisenphosphonate (evtl. Abbauprodukte) sind deutlich am zeitgleichen Auftreten von Eisen- und Phosphorsignalen erkennbar. Damit wurde nachgewiesen, an welche Metalle gebunden die unvollständig eliminierten synthetischen Chelatoren aus der Kläranlage ins Flusswasser gelangen. Diese direkte Beobachtbarkeit und der effiziente Speziesnachweis eröffnen neue Möglichkeiten in der Beurteilung und Erforschung der Gewässerqualität, der Ökotoxikologie und bei der chemischen und biologischen Wiederherstellung metallverseuchter Böden.

Literatur

- [1] Ammann A.A. (2002): Speciation of Heavy Metals in Environmental Water by Ion Chromatography Coupled to ICP-MS. *Anal. bioanal. Chem.* 372, 448–542.
- [2] Ammann A.A. (2002): Determination of Strong Binding Chelators and Their Metal Complexes by Anion Exchange Chromatography and ICP-MS. *J. of Chromatogr. A* 947, 205–216.

Stoffflussdynamik und Behandlung von Strassenabwasser

Steffen Langbein, Markus Boller

In einer Versuchsanlage werden zuverlässige Informationen über die Schadstoffe im Strassenabwasser, ihre Transportwege und Anreicherungsstandorte gesammelt und andererseits die Wirkung neuartiger Filtersysteme zum kontrollierten Rückhalt derselben getestet.

Statistiken der letzten Jahre verzeichnen ein deutlich ansteigendes Verkehrsaufkommen sowohl beim Personals als auch beim Güterverkehr. Alle Bewegungen im Strassenverkehr sind mit Emissionen einer Vielzahl von Schadstoffen und deren Verteilung in der Umwelt verbunden. Strassenabwasser spielt hierbei eine zentrale Rolle, da durch die grosse Mobilität die enthaltenen Stoffe schnell an andere Stellen verfrachtet werden. Je nach Entwässerungssystem und allfälliger Abwasserbehandlung gelangen die Stoffe diffus (Einleitung in Gewässer), linienförmig (Versickerung über das Bankett) oder punktförmig (Behandlung in einer Anlage) in die Gewässer und den Boden.

Ursache für die Emission von Schadstoffen sind verschleissende Mechanismen wie Reifen-, Brems- und Fahrabrieb, Tropfverluste von Flüssigkeiten, Verbrennungsrückstände sowie Strassenunterhaltsarbeiten mit Chemikalien und Winterdienstarbeiten. Aufgrund ihrer Menge und der ökotoxikologischen Risiken sind bestimmte Schwermetalle wie Blei, Kadmium, Zink und Kupfer sowie auch vermehrt Antimon, Vanadium und die in Katalysatoren verwendeten Elemente Platin, Palladium und Rhodium Gegenstand von wissenschaftlichen Untersuchungen. Auf der Seite der organischen Verunreinigungen liegt das Hauptaugenmerk auf den polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen sowie den als Benzinzusatz verwendeten Methyl-*tert*-Butylethern.

In Zusammenarbeit mit der Hochschule für Technik und Architektur Burgdorf und dem Gewässer- und Bodenschutzlabor Bern konnte in Burgdorf eine Versuchsanlage realisiert werden. Gegenstand der Untersuchung sind die Quantifizierung und Dynamik der oben genannten Schadstoffe im Regenwasserabfluss einer stark befahrenen Strasse mit 17 000 Fahrzeugen pro Tag (s. Kapiteltitelbild S. 32) sowie die Retention dieser Schadstoffe durch neuartige Filterpakete aus Geotextil und Adsorbiermaterial.

Das Strassenabwasser wird auf einer Fläche von 2500 m² über Einlaufschächte und einen zentralen Pumpschacht

gesammelt und anschliessend in die Versuchsanlage gepumpt. Diese besteht aus drei Kolonnen mit folgenden Filtersystemen:

- Geotextilsack
- 10 cm Adsorbiermaterial (Eisenhydroxid-Kalk-Mischung) + Geotextilsack
- 30 cm Adsorbiermaterial (Eisenhydroxid-Kalk-Mischung) + Geotextilsack

Zusätzlich wurde an der Strasse ein Gerät zur qualitativen und quantitativen Messung der Nass- und Trockendepositionen im unmittelbaren Einflussbereich der Strassenverkehrsmissionen installiert.

Anfänglich zeigte sich eine durchschnittliche Reduktion der Schwermetalle von 80% allein durch das Geotextil und in Kombination mit dem Eisenhydroxidadsorber in den beiden anderen Kolonnen betrug der Rückhalt der Schwermetallfracht sogar 90% und höher. Erklärbar ist diese anfänglich sehr gute Wirksamkeit des Geotextils mit den sehr hohen Gehalten an partikulären Stoffen im beprobten Strassenabwasser (bis zu 900 mg/l gesamte ungelöste Stoffe), da diese auch die gelösten Schwermetalle grösstenteils binden und gut durch das sehr feine Geotextil zurückgehalten werden. Analysen zeigten, dass der partikuläre Anteil der Schwermetalle mit über 80% deutlich über anderen Oberflächenabflüssen liegt, und bestätigen die in anderen Untersuchungen hinsichtlich Strassenabwasser gemachten Beobachtungen [1].

Bereits nach wenigen Wochen traten allerdings durch diese sehr hohen Feststofffrachten Verstopfungen der Geotextile und Adsorbierschichten auf, die eine konstruktive Erweiterung der Versuchsanlage (Vorbehandlung des Rohwassers in einem Absetzbecken) nötig machen. Die Untersuchungen werden bis 2004 fortgesetzt.

Literatur

- [1] *Boller M.* (2002): Stoffflüsse und Massenbilanzen an Strassenabschnitten. Vortrag am VSA-Fortbildungskurs in Emmetten.

Die Antimonproblematik an Schiessständen

C. Annette Johnson, Hermann Mönch

An Schiessständen wird Antimon aus verwitternden Bleigeschossen freigesetzt und zu löslichen Spezies oxidiert. Die Sorption an Eisenoxiden und die Ausfällung von Calciumantimonat limitieren die Mobilität dieses Elementes.

Jährlich werden in den schweizerischen Schiessständen ca. 600 Tonnen Bleigeschosse verschossen. Bei einem Gehalt von 2% Antimon (Sb) entspricht dies einer Frei-

setzung von ca. 10 Tonnen Antimon pro Jahr [1]. In der Legierung mit Blei ist Antimon elementar vorhanden und kaum mobil. Kantonale Studien haben jedoch gezeigt, dass Gewässer in unmittelbarer Nähe von Schiessständen erhöhte Antimongehalte aufweisen. Allerdings lagen die gemessenen Werte im tiefen µg/l-Bereich. Dies deutet darauf hin, dass das Antimon oxidiert und in löslichere Formen umgewandelt wird. Falls dies zutrifft, stellen die Kugelfänge eine grosse Verunreinigungsquelle für den Untergrund und für das Grundwasser dar.

Da sehr wenig über das geochemische Verhalten von Antimon bekannt ist, hat das BUWAL beschlossen, an sieben Standorten eine Untersuchung durchzuführen. Grundwasser wurde beprobt und an der EAWAG analysiert. Es wurden die oxidierten Sb-Spezies Sb(III) und Sb(V) im µg/l-Bereich gefunden. Diese Werte sind im Vergleich mit Hintergrundkonzentrationen (ca. 0,01–0,1 µg/l) deutlich erhöht.

An diesen sieben Standorten wurde Kugelfangmaterial beprobt, bei Raumtemperatur getrocknet und nachträglich in folgende Fraktionen gesiebt: >10 mm, 5–10 mm, 2–5 mm, 0,5–2 mm und <0,5 mm. In den zwei grössten Fraktionen wurden Kugeln aussortiert und gewogen. Die restlichen Proben wurden gemahlen und mittels Röntgen-Fluoreszenz analysiert.

Die Verteilung von Antimon in den verschiedenen Siebfractionen der sieben analysierten Proben war sehr unterschiedlich (Abbildung 1) und wahrscheinlich abhängig von Art und Alter des Kugelfangmaterials. Der Antimongehalt lag zwischen 0,5 und 14 g/kg. In 5 der 7 Proben erreichte das Verhältnis zwischen Antimon und Blei fast 5% statt 2%.

Extraktionen mit Oxalat, welches amorphe Eisenoxide auflöst, lösten ungefähr die Hälfte des Antimons in der <0,5-mm-Fraktion [2]. Das heisst, dass ein signifikanter Anteil des oxidierten Antimons an Eisenoxide gebunden ist. Die Adsorption von Sb(III) und Sb(V) an Eisenoxiden

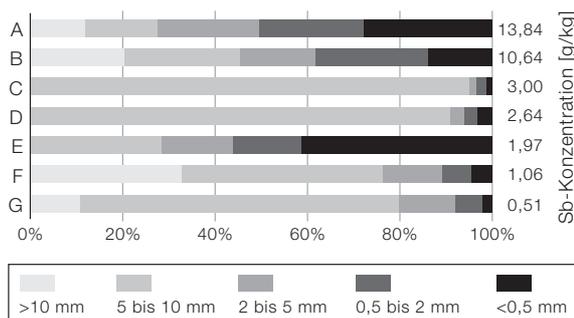


Abbildung 1: Verteilung von Antimon in Fraktionen im Kugelfang von 7 Standorten (A–G).

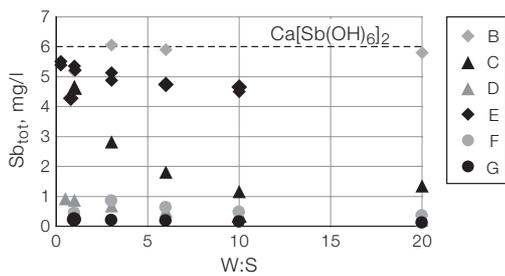


Abbildung 2: Die Löslichkeit von Antimon als Funktion des Wassers zu Festphasenverhältnissen (W:S). Eine Unabhängigkeit deutet darauf hin, dass Antimonkonzentrationen durch Ausfällungs- oder Adsorptionsprozesse kontrolliert werden. Eine Abnahme der gelösten Konzentration mit zunehmender W:S bedeutet, dass die gemessene Konzentration der gesamten zur Verfügung stehenden Antimonmenge entspricht.

wird zurzeit untersucht. Erste Resultate weisen darauf hin, dass Sb(V) oberhalb von pH 8 desorbiert wird. Das heisst, dass Sb(V) in sauren Böden kaum mobil sein wird.

Extraktionen mit Wasser bei den <0,5-mm-Fractionen zeigten, dass bei stark kontaminierten Proben wie G oder D bis zu 5–6 mg/l Sb(V) in Lösung gingen (Abbildung 2). Die Unabhängigkeit zum W:S-Verhältnis lässt vermuten, dass in diesen Proben die Sb(V)-Löslichkeit durch Ausfällungsprozesse kontrolliert wird. Die Probe C weist ein klassisches Verdünnungsverhalten auf, welches darauf hindeutet, dass eine Sättigung von einer festen Antimonphase nicht erreicht wird, und es besteht keine genügende Sorptionskapazität. Die Antimonkonzentrationen der weniger kontaminierten Proben sind wahrscheinlich durch Adsorptionsprozesse kontrolliert.

Diese Untersuchungen zeigen, dass Antimon oxidiert und als Sb(V) freigesetzt wird und durchaus zu einer Verunreinigung des Grundwassers führen kann. Allerdings spielt die Adsorption an den Oberflächen von Eisenoxiden eine wichtige Rolle. Vermutlich haben sie je nach pH einen stark hemmenden Einfluss auf den Transport von Sb(V) in den Untergrund.

Literatur

- [1] EMD/BUWAL (1997): Wegleitung. Bodenschutz- und Entsorgungsmassnahmen bei 300-m-Schiessanlagen. Hrsg. Generalsekretariat des EMD und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
- [2] Belzile N., Chen Y.W. (1999): Analytical Procedure for the Determination of Antimony(III) and Total Antimony in Amorphous Iron and Manganese Oxyhydroxides, Canadian Journal of Analytical Sciences and Spectroscopy 44 (3), 85–88.



Ökosystemforschung

Hallwilersee braucht auch in den nächsten Jahren «Beatmung»

Lorenz Moosmann, Alfred Wüest in Zusammenarbeit mit Daniel McGinnis (Virginia Polytechnic Institute and State University, USA), Arno Stöckli (AfU, Kanton Aargau)

Im Hallwilersee ist aufgrund des Abbaus von organischem Material auch in den kommenden Jahren mit einer hohen Sauerstoffzehrung zu rechnen. Gestützt auf Modellrechnungen wird deshalb empfohlen, den See im Sommer weiterhin konstant mit Sauerstoff zu belüften. Die Finanzierung dieser Massnahme durch den Kanton Aargau ist gesichert.

Der Hallwilersee im Kanton Aargau liegt in landwirtschaftlich intensiv genutztem Gebiet. In den vergangenen Jahrzehnten wurde der See durch Phosphoreinträge stark belastet, was zu übermässigem Wachstum von Algen führte. Ein Teil dieser Algen sowie organisches Material, welches sich in den vergangenen Jahrzehnten im Sediment ansammelte, wird im Verlauf des Sommers abgebaut und zehrt dabei Sauerstoff. Um zu verhindern, dass das Tiefenwasser sauerstofffrei wird und Fische und Bodenorganismen gefährdet werden, wird der Hallwilersee seit über 15 Jahren belüftet.

Zu diesem Zweck wird im Winter *Luft* grobblasig in den See eingetragen. Die Wassermassen zirkulieren zwischen Seegrund und Oberfläche und können Sauerstoff aus der Atmosphäre aufnehmen. Im Sommer, wenn der See geschichtet ist und kaum Austausch zwischen Tiefenwasser und Atmosphäre besteht, wird *Sauerstoff* feinblasig ins Tiefenwasser eingetragen, um den verbrauchten Sauerstoff zu ersetzen.

Ein Vergleich der Daten der letzten 20 Jahre zeigte, dass die Sauerstoffzehrung von Jahr zu Jahr stark schwankt und dass auch in den kommenden Jahren mit einer hohen Sauerstoffzehrung zu rechnen ist: Obwohl die Nährstoffbelastung zurückging, lagern weiterhin grosse Mengen organischen Materials im Sediment, die nach und nach abgebaut werden. Das dabei gebildete Methan wird am Seegrund oxidiert und trägt zur Sauerstoffzehrung bei.

Eine Belüftung im Tiefenwasser kann auch Nebeneffekte mit sich bringen. So können – wenn die Sauerstoffblasen zu hoch aufsteigen – Nährstoffe aus dem Tiefenwasser in die oberflächennahen Schichten gelangen und damit das Algenwachstum verstärken. Um diesen Effekt abzuschätzen, wurde ein numerisches Modell des Blasenschleiers angewendet. Für verschiedene Raten des Sauerstoffeintrages und unterschiedlicher Schichtung wurde bestimmt, wie hoch die Sauerstoffblasen im See steigen.

Das Modell zeigte, dass der Blasenschleier bei der derzeitigen Praxis nicht bis in die Zone des Phytoplanktons

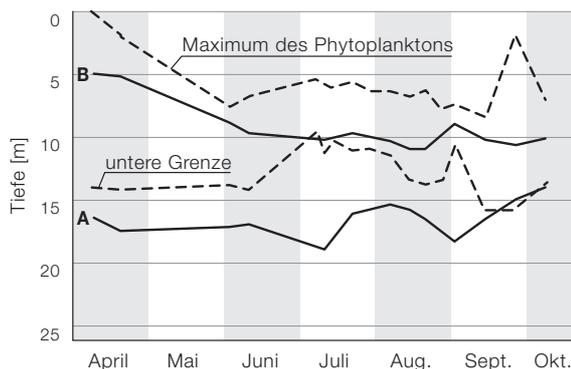
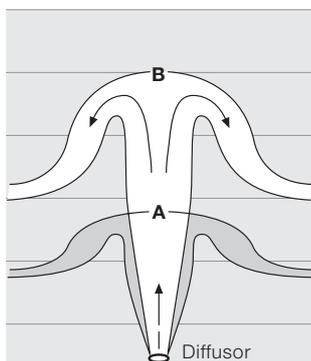


Abbildung: Links: Schema des Blasen-schleiers, der vom Diffusor am Seegrund aufsteigt. Rechts: Maximum und untere Grenze des Phytoplanktons aus Messung der Lichttransmission im Verlauf des Sommers 2001 sowie Aufstiegshöhe des Blasen-schleiers, modelliert für zwei verschiedene Eintragsraten (A und B). In Fall B (grössere Rate) gelangt der Blasen-schleier – und damit auch Nährstoffe aus dem Tiefenwasser – bis in die Zone des Phytoplanktons.

gelangt und damit kein zusätzlicher Transport von Nährstoffen zu erwarten ist. Wird der Sauerstoffeintrag jedoch erhöht, so dringt der Blasen-schleier weiter nach oben und beeinflusst damit das Phytoplankton (Abbildung). Aus diesem Grund wurde vorgeschlagen, frühzeitig mit einem konstanten Sauerstoffeintrag zu beginnen und später je nach Bedarf die Raten anzupassen. Wird hingegen Luft statt Sauerstoff mit derselben Rate eingetragen, so reicht dies in den meisten Fällen nicht aus, um die Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser zu kompensieren.

Da der Hallwilersee auch in den nächsten Jahren auf den Eintrag von Sauerstoff angewiesen ist, plant die Abteilung für Umwelt des Kantons Aargau, den Sauerstoff vor Ort durch Anreicherung aus der Umgebungsluft zu gewinnen. Mit Spannung wurde deshalb der Entscheid des Grossen Rats über die Finanzierung einer solchen Anlage erwartet. Im Dezember 2002 stimmte der Grosse Rat schliesslich einem Kredit für die Sauerstoffanlage und weitere begleitende Massnahmen zu. Die Belüftung – und damit ausreichend Sauerstoff auch in Jahren mit grosser Sauerstoffzehrung – ist somit bis 2010 gesichert.

Der Phosphorrückhalt von Seesedimenten hängt nicht nur von deren Sauerstoffversorgung ab

Beat Müller, René Gächter

Trotz der seit 20 Jahren praktizierten Belüftung und Zwangszirkulation von Baldegger- und Sempachersee hat deren P-Inhalt bloss aufgrund der Reduktion der externen Belastung abgenommen. Es besteht die Vermutung, dass im anoxischen Sediment das Phosphat als reduzierte Eisenverbindung gebunden und bei der Bildung von Eisensulfid wieder freigesetzt wird.

Sempacher- und Baldeggersee sind zwei extrem nährstoffreiche Seen. Beide werden seit 20 Jahren künstlich mit Sauerstoff belüftet, um im gesamten Wasserkörper

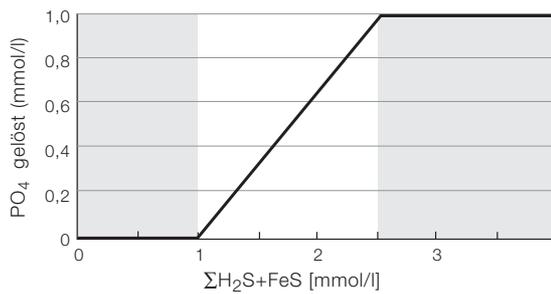
ganzjährig einen Lebensraum für höhere Organismen zu garantieren sowie um die seeinterne Phosphorfreisetzung aus den Sedimenten zu verhindern. Aufgrund des 20-jährigen Datensatzes zeigt sich, dass die Abnahme der Phosphatfracht aus dem Einzugsgebiet eine entsprechende Abnahme der Phosphorkonzentration in den Seen bewirkte. Der Sauerstoffeintrag ins Tiefenwasser hat jedoch weder die P-Freisetzung aus den Sedimenten im Sommer verhindert noch den jährlichen Gesamtrückhalt erhöht.

Die Hypothese, dass ein sauerstoffhaltiges Tiefenwasser und eine oxidierte Sedimentoberfläche die Freisetzung von Phosphat aus dem Sediment verhindern, ist mit diesem Befund in Frage gestellt.

Beobachtungen von verschiedenen Seen zeigen, dass im reduzierten Sediment partikuläre Eisenverbindungen (zum Beispiel Vivianit und Siderit) vorkommen. Da jede oxidierte Sedimentoberfläche nach einiger Zeit von neu sedimentierendem Material bedeckt und anaerob wird, löst sich auch das darin an Eisenoxide sorbierte Phosphat. Bei diesem Vorgang entstehen lokal hohe Konzentrationen an freiem, reduziertem Eisen und Phosphat, so dass die Löslichkeit von bestimmten Eisen(II)-Phosphat-Festphasen überschritten wird und die beobachteten Mineralien ausfallen. Damit bleibt ein grosser Teil des Phosphats trotz fehlendem Sauerstoff im Sediment gebunden.

Sinkt nun das Redoxpotenzial weiter bis zur Reduktion von Sulfat, führt dies zur Freisetzung von Sulfid. Dieses bildet mit reduziertem Eisen extrem schwer lösliche Komplexe von FeS, die sich im Verlaufe der Diagenese in Pyrit umwandeln. Dadurch werden besser lösliche Eisen(II)-Phosphat-Festphasen aufgelöst und in schwerer lösliche FeS-Komplexe übergeführt, was zur Freisetzung von Phosphat aus dem Sediment ins Tiefenwasser führt.

Zwar kann eine Erhöhung des Sauerstoffangebots über dem Sediment die Sulfatreduktionsrate senken. Sie



FeCO ₃ -Auflösung keine Fe ₃ (PO ₄) ₂ - Auflösung	Fe ₃ (PO ₄) ₂ - Auflösung	alles FeCO ₃ und Fe ₃ (PO ₄) ₂ wird in FeS umgewandelt
FeS-Ausfällung	FeS-Ausfällung	keine FeS-Fällung
keine ΣH ₂ S- Akkumulation	keine ΣH ₂ S- Akkumulation	ΣH ₂ S- Akkumulation
keine PO ₄ - Auflösung	PO ₄ -Auflösung	keine PO ₄ - Auflösung
Oxidation hat keinen Effekt auf PO ₄ - Auflösung	Oxidation erniedrigt PO ₄ -Auflösung	Oxidation hat keinen Effekt auf PO ₄ - Auflösung

Abbildung: Titration eines anaeroben Modell-Porenwassers (pH 7, 1 mM CaCO₃) mit H₂S, wenn das Sediment die folgenden Festphasen enthält: 1 mmol/l Siderit (FeCO₃) und 0,5 mmol/l Vivianit (Fe₃(PO₄)₂ · 8 H₂O). Das Symbol ΣH₂S steht für die Summe aller gelösten reduzierten Schwefelverbindungen.

bewirkt jedoch keine Erhöhung des Phosphatrückhalts, solange die Sulfidproduktion grösser ist als die Bildung von reduziertem Eisen oder falls schon im Sediment des unbelüfteten Sees Siderit gebildet wurde (Abbildung).

Der P-Rückhalt hängt daher nicht nur vom Sauerstoffangebot an der Sedimentoberfläche ab, sondern auch vom Verhältnis der Produktionsraten an reduziertem Eisen, Sulfid und Phosphat. Dieses Verhältnis hängt ab von der Art und Menge des sedimentierten organischen Materials, des partikulären Eisens sowie der Versorgung des Sediments mit Sauerstoff, Nitrat und Sulfat.

Literatur

Gächter R., Müller B. (2003): Why the Phosphorus Retention of Lakes Does Not Necessarily Depend on the Oxygen Supply to Their Sediment Surface. *Limnol. Oceanogr.* 48 (2), 929–933.

Mikrobieller Kohlenstoffumsatz im Uferöhricht von Mittellandseen: Kohlenstoffsenken oder -quellen?

Nanna Büsing, Mark Gessner

Bakterien und Pilze wird allgemein eine wichtige Rolle im Kohlenstoffkreislauf aquatischer und terrestrischer Ökosysteme zugeschrieben. Quantitative Abschätzungen

ihrer Leistungen in räumlich komplexen Systemen fehlen jedoch weitgehend. In der vorliegenden Studie wurde deshalb im Uferöhricht eines eutrophen Sees erstmals die Produktivität von Bakterien und Pilzen bestimmt, um den Beitrag dieser Mikroorganismen am Jahres-Kohlenstoffumsatz abzuschätzen.

Der Aufbau organischer Substanz durch Wasser- und Sumpfpflanzen (Primärproduktion von Biomasse) spielt an Seeufern und vielen Feuchtgebieten eine überaus bedeutende Rolle. Im Extremfall kann selbst ein relativ schmaler Ufersaum den Stoffhaushalt eines gesamten Sees dominieren. Röhrichtpflanzen wie Schilf, Rohrkolben und Teichbinse produzieren unter günstigen Standortbedingungen jährlich pro m² mehr als 1–2 kg oberirdische Pflanzenbiomasse (Trockensubstanz) – entsprechend rund 3–6 kg Frischgewicht oder 0,5–1 kg organischem Kohlenstoff (C). Werte in dieser Grössenordnung liegen im Bereich hochproduktiver gedüngter Maisäcker und übersteigen die Algenproduktion selbst nährstoffreicher Seen um ein Vielfaches.

Nach dem Absterben fallen die Pflanzen zum grössten Teil ins Wasser. Aquatische Kleintiere, Pilze und Bakterien nutzen die organische Substanz, bauen sie ab und bilden aus einem Teil eigene Biomasse. Mikroorganismen unterscheiden sich in dieser Hinsicht nicht grundsätzlich von Tieren. Theoretisch lässt sich der Umsatz organischer Substanz deshalb einfach durch Messung der Biomassebildung der Abbauorganismen (Sekundärproduktion von Biomasse) und der Bildung der wichtigsten Abbauprodukte quantifizieren. Ist Luftsauerstoff vorhanden, sind die wesentlichen Abbauprodukte CO₂ und Wasser. Sie sind das Ergebnis der Atmung der Organismen.

Trotz der Einfachheit dieser Verhältnisse liegen heute mit Ausnahme vom Freiwasserbereich (Pelagial) der Seen und Ozeane keine umfassenden Daten für die Beteiligung «normaler», Luftsauerstoff benötigender Mikroorganismen am C-Umsatz in Ökosystemen vor. Die oft als selbstverständlich angenommene Bedeutung mikrobieller C-Umsätze in räumlich komplexen Systemen ist deshalb weitgehend spekulativ. Unsere Untersuchung liefert nun erstmals quantitative Daten, um den Beitrag der Bakterien und Pilze an den C-Flüssen in einem nicht pelagischen Ökosystem abzuschätzen.

Für diese Abschätzung haben wir gleichzeitig die Biomasseproduktion und Atmung von Bakterien und Pilzen im Verlauf eines Jahres bestimmt. Auf abgestorbenen Pflanzenteilen betrug die geschätzte Biomasseproduktion durch Bakterien 710 g C/m² Schilfröhricht und Jahr, die Pilzproduktion betrug 93 g (Abbildung). Zusammen setzten diese beiden Mikroorganismen-Gruppen also jährlich 803 g C/m² in Biomasse um. Zusätzlich wurden 874 g C

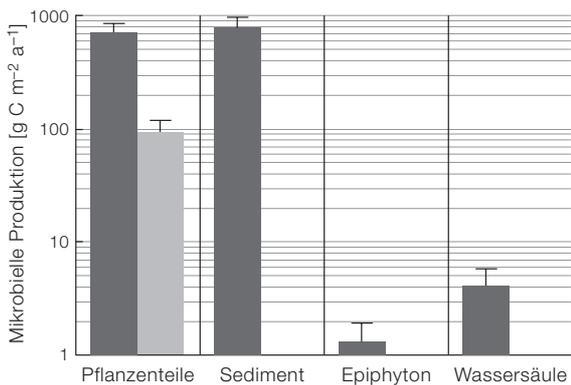


Abbildung: Biomasseproduktion durch Bakterien (dunkelgrau) und Pilze (hellgrau) im Schilfröhricht des Hallwilersees. Biofilme entwickeln sich auf allen untergetauchten Oberflächen, insbesondere auf den stehenden und umgeknickten Schilfhalmern. Der Lebensraum Sediment bezeichnet die nur wenige Millimeter mächtige obere durchlüftete Schicht.

veratmet, d.h. mineralisiert. Setzt man die beiden Werte miteinander in Beziehung, ergibt sich eine durchschnittliche mikrobielle Wachstumseffizienz (Anteil der aufgenommenen Substanz, die für die Biomasseproduktion verwendet wurde) von 48%. Dies ist ein hoher, aber nicht unplausibler Wert, der darauf hinweist, dass ein erheblicher Teil des in Bakterien oder Pilze eingebauten C nach Absterben der Mikroorganismen mehrfach für mikrobielle Produktion verwendet werden kann.

Ein überraschendes Ergebnis unserer Untersuchung ist, dass die Bakterienproduktion in der nur wenige Millimeter mächtigen durchlüfteten Sedimentschicht im Schilfröhricht des Hallwilersees ebenso hoch war wie die Produktion in der mehrere Zenti- bis Dezimeter dicken Auflage abgestorbener Pflanzenteile. Die Bakterienproduktion im Biofilm auf untergetauchten Schilfhalmern und in der Wassersäule innerhalb des Röhrichts war dagegen mehr als zwei Größenordnungen niedriger (Abbildung). Diese beiden Kompartimente sind deshalb in der Gesamtbilanz vernachlässigbar.

Insgesamt schätzten wir die mittlere mikrobielle Biomasseproduktion im Schilfgürtel des Hallwilersees auf ~1500 g C/m² und Jahr. Demgegenüber steht die grob ermittelte oberirdische Pflanzenproduktion (durch Schilf und auf den Schilfhalmern wachsende Algen) im Ufer-röhricht, die «nur» 830 g C/m² und Jahr betrug. Die Produktion der Röhrichtpflanzen reicht folglich bei weitem nicht aus, um den mikrobiellen C-Bedarf zu decken. Trotz der hohen Pflanzenproduktion müssen deshalb zusätzliche C-Quellen verfügbar sein.

Als solche kommen C-Einträge aus den angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen und durch die Ufergehölze in Frage. Darüber hinaus könnte aus dem Freiwasser-

bereich des Sees partikulärer organischer C in das Röhricht verdriftet werden. Eine grobe Modellrechnung zeigt, dass diese Hypothese nicht ohne weiteres verworfen werden kann, obwohl die benötigten Mengen sehr hoch sind. Die Hauptwinde am Hallwilersee aus Südwest und Nordwest erzeugen Oberflächenströmungen, die suspendierte Partikel im untersuchten, am Ostufer gelegenen Röhricht konzentrieren. Während der Blüten der Burgunderblutalge wird dieser Effekt in eindrucklicher Weise sichtbar.

Unabhängig davon, woher die fehlenden C-Fractionen stammen, legen die Ergebnisse unserer Untersuchung den Schluss nahe, dass Mikroorganismen in Schilfröhrichten ein ausserordentlich hohes Produktionspotenzial besitzen. Damit einher geht ein intensiver organischer C-Umsatz. Für das Ökosystem See stellt das Ufer-röhricht deshalb trotz seiner hohen Primärproduktion durch Pflanzen eine C-Senke dar. Für die Atmosphäre können Ufer-röhrichte dagegen wichtige CO₂-Emittenten sein.

Topographische Kontrolle des Tiefenwasseraustausches im Issyk-Kul

Matthias Brennwald, David Finger, Markus Hofer, Rolf Kipfer, Frank Peeters

Im grössten See Zentralasiens, dem Issyk-Kul, wird das Tiefenwasser durch «differential cooling» erneuert. Im Winter wird hierbei ufernahes Oberflächenwasser durch starke Abkühlung so dicht, dass es entlang der Topographie des Seegrundes mehr als 600 m tief abtaucht. Zusammen mit anderen Mischungsprozessen werden pro Jahr 10% des Tiefenwassers durch sauerstoffreiches Oberflächenwasser ersetzt.

Der Issyk-Kul, der grösste und tiefste See Zentralasiens, liegt auf einer Höhe von 1600 m im ariden Osten von Kirgisien, eingebettet zwischen den über 7000 m hohen Bergketten des nördlichen Tien-Shan-Gebirges. Der heute abflusslose See ist 680 m tief und weist einen Salzgehalt von 6‰ auf. Er wird durch grosse, Schmelzwasser führende Flüsse im Nordosten gespeist und friert trotz seiner alpinen Lage nicht zu, was ihm zu seinem kirgisischen Namen *Issyk-Kul*, *warmer See*, verholfen hat. Flache Schelfbereiche im Osten und Westen des Sees fallen abrupt und steil in das tiefe Zentralbecken ab.

Im Rahmen eines internationalen Forschungsprojektes untersuchte unsere Arbeitsgruppe die physikalischen Prozesse, die zu einer Tiefenwassererneuerung im Issyk-Kul beitragen. Während zweier Expeditionen im April und August 2001 wurden mit diversen Tracermethoden

Wasseralter bestimmt und an mehr als 200 Stellen im See die Verteilung von physikalischen Parametern in der Wassersäule gemessen. Die Wasseralter steigen von der Oberfläche bis ins Tiefenwasser kontinuierlich bis auf 12 Jahre an, was zeigt, dass etwa 10% des Tiefenwassers jährlich durch Oberflächenwasser ausgetauscht werden.

An der tiefsten Stelle im See wurden innerhalb weniger Stunden hoch aufgelöste Tiefenprofile von physikalischen Parametern gemessen (Abbildung 1), die räumliche und zeitliche Inhomogenitäten aufweisen, welche durch Einschichtungen von Oberflächenwasser erzeugt werden und innerhalb weniger Stunden wieder verschwinden. Finnische und russische Kollegen haben in 500 m Tiefe Strömungsgeschwindigkeiten von 40 cm/s gemessen und bestätigt, dass das Wasser im gesamten See in einem grossen Wirbel im Gegenuhrzeigersinn rotiert. Die beobachteten zeitlichen Veränderungen in Abbildung 1 sind auf diese grossskalige Strömung zurückzuführen, die unterschiedliche, räumlich begrenzte Wassermassen an den zentralen Bereichen des Issyk-Kul vorbeiführt.

Werden die physikalischen Eigenschaften aller über den See verteilten Stationen betrachtet, fällt auf, dass im Frühjahr, speziell im Flachwasserbereich im Nordosten nahe der Flussmündungen, die Wassersäule generell kälter, salzärmer und sauerstoffreicher ist als im Rest des Sees. Hier enthalten die bis zu 150 m tiefen, überfluteten ehemaligen Flusstäler Wasser, das mehr als 1 °C kälter ist als das Bodenwasser im zentralen Bereich des Issyk-Kul. Der wenig erniedrigte Salzgehalt weist auf einen leicht erhöhten Frischwasseranteil aus den Flüssen im Nordosten hin.

In Abbildung 2 ist das Konzept der Tiefenwasserneubildung schematisch dargestellt. Während des Winters kühlen die Wassermassen der flachen randlichen Schelfbereiche ihrer geringen Wassertiefe wegen stärker ab als die mächtigen Wassermassen im tiefen offenen Wasser (*differential cooling*). Das kalte Schelfwasser ist dichter als das offene Wasser in der gleichen Tiefe und sinkt ab,

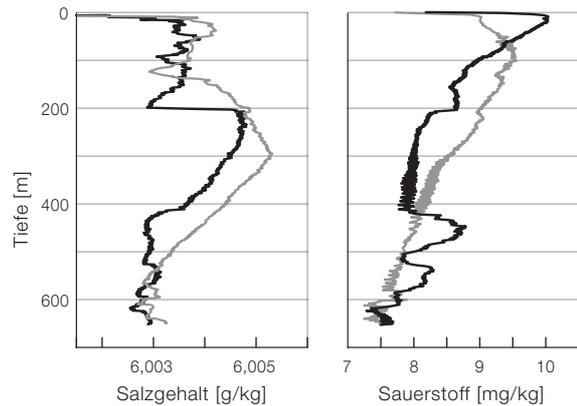


Abbildung 1: Zeitlich versetzte Tiefenprofile des Salz- und Sauerstoffgehaltes im zentralen Bereich des Issyk-Kul im März 2001. Das frühere Profil (schwarz) zeigt ausgeprägte Peaks. Innerhalb weniger Stunden verändern sich die Profile, und die Fluktuationen verschwinden. Das spätere Profil (grau) weist keine Strukturen mehr auf, zeigt jedoch deutlich tiefere Salzgehalte und unterhalb 400 m weniger Sauerstoff.

wobei die Bodentopographie den Weg der Dichteströmung bestimmt. Die versunkenen Flusstäler im Nordosten des Issyk-Kul sammeln das absinkende Wasser und verhindern, dass sich das kalte Wasser mit Umgebungswasser mischt. Damit behält das Wasser in den Tälern seine erhöhte Dichte und fließt als Bodenströmung dem Talweg folgend gegen die Seemitte ab. Ausserhalb des Schelfbereichs schichtet sich das kalte Wasser seiner Dichte entsprechend ein und folgt dann der allgemeinen zyklonischen Zirkulation im See. Im Winter kann das Schelfwasser bis zu den tiefsten Bereichen des Sees abtauchen. Im Frühjahr schichtet es sich innerhalb der offenen Wassersäule ein und erzeugt die im März 2001 beobachteten Peaks in den Salz- und den Sauerstoffprofilen. Im Sommer ist das Schelfwasser wärmer als das offene Wasser und mischt sich nur mit dem Oberflächenwasser des Sees, ohne in tiefere Schichten abtauchen zu können.

Die durch Topographie und *differential cooling* getriebenen Mischungsprozesse bestimmen zusammen mit den

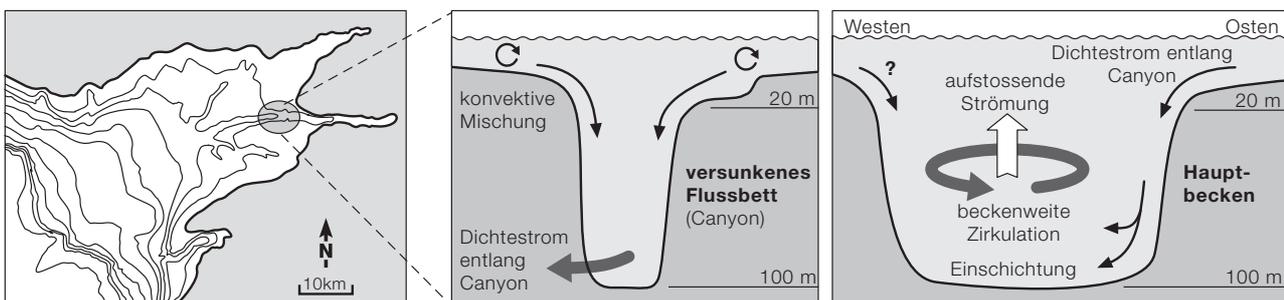


Abbildung 2: Konzept der Tiefenwasserbildung durch *differential cooling* im Issyk-Kul.

grossräumigen Strömungen massgeblich den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt im Wasserkörper und damit den ökologischen Zustand des Issyk-Kul.

Literatur

- [1] Hofer M., Peeters F., Aeschbach-Hertig W., Brennwald M., Holocher J., Livingstone D.M., Romanovski V., Kipfer R. (2002): Rapid Deep-Water Renewal in Lake Issyk-Kul (Kyrgyzstan) Indicated by Transient Tracers. *Limnol. Oceanogr.* 47 (4), 1210–1216.
- [2] Peeters F., Finger D., Hofer M., Brennwald M., Livingstone D.M., Kipfer R.: Deep-Water Renewal in Lake Issyk-Kul Driven by Differential Cooling. *Limnol. Oceanogr.* (in press).

Gefahr aus dem Kivusee?

Andreas Lorke, Alfred Wüest, Michael Halbwachs¹, Klaus Tietze²

Eine Ad-hoc-Untersuchung am Kivusee kurz nach dem Einströmen heisser Lava zeigte, dass die Gefahr der Auslösung einer limnischen Eruption durch derartige Ereignisse sehr gering ist. Dennoch ist es für eine vollständige Entwarnung zu früh.

Während der Eruption des Vulkans Nyiragongo (Demokratische Republik Kongo, Ost-Zentralafrika) am 17. Januar 2002 wurden gewaltige Lavamassen freigesetzt. Diese zerstörten das Stadtzentrum von Goma vollständig, und schätzungsweise eine Million m³ heisser Lava strömten in den nahe gelegenen Kivusee. Der Kivusee gehört zur Seenkette in der ostafrikanischen Kontinentalspalte und ist mit seiner Fläche von 2400 km² etwa viermal so gross wie der Genfersee. Als eine Besonderheit beinhaltet er

gewaltige Mengen an gelösten Gasen (Kohlendioxid und Methan) in seinen permanent geschichteten Tiefen zwischen 50 und 485 m.

Mit dem Einströmen der Lava in den See wuchsen die Bedenken, dass die heisse Lava bis in diese Tiefen vordringen, die Wassersäule lokal erwärmen und damit destabilisieren könnte. Solche konvektive Mischung über grosse Tiefenbereiche wäre ein möglicher Auslöser für eine limnische Eruption, eine explosionsartige Entgasung des Sees, bei der gewaltige Gasmengen freigesetzt werden. Diese Überlegung löste Erinnerungen an den Nyossee in Kamerun (Westafrika) aus, wo im Jahr 1986 fast 1800 Menschen erstickten, nachdem bei einer limnischen Eruption grosse Mengen von vormals im See gelöstem Kohlendioxid freigesetzt wurden [1]. Da das Gesamtvolumen gelöster Gase im Kivusee um den Faktor 1000 grösser ist als im Nyossee und die Bevölkerungsdichte um den Kivusee ebenfalls deutlich grösser ist, würde eine solche Gaseruption kaum abschätzbare, katastrophale Folgen haben.

Drei Wochen nach dem Vulkanausbruch wurde ein internationales Team von Wissenschaftlern mit Beteiligung der EAWAG nach Goma entsandt, um die Auswirkungen des Lavaeinstroms auf die Schichtung und Stabilität des Kivusees zu untersuchen und somit die potenzielle Gefahr einer limnischen Eruption zu beurteilen. Vertikalprofile von Temperatur, elektrischer Leitfähigkeit, Lichttransmission, pH-Wert und Sauerstoff wurden in unmittelbarer Nähe der Lava sowie entlang eines 40 km langen Transektes von der Lava zur Seemitte gemessen. Zusätzlich wurden Wasserproben entnommen und die einge-

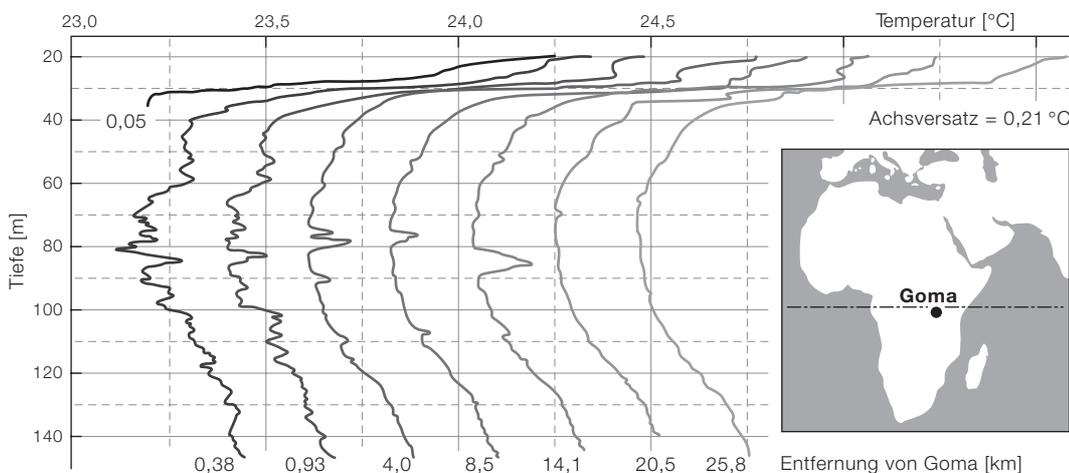


Abbildung: Temperaturprofile entlang des Transektes von der Einstromstelle in Goma zur Seemitte. Die Profile sind aufeinander folgend um 0,21 °C versetzt und die Entfernung von der jeweiligen Messstelle nach Goma ist unterhalb der Profile angegeben. Die starken Temperaturfluktuationen in unmittelbarer Nähe des Ufers sind auf aktive Erwärmung zurückzuführen. Während des relativ langsamen, advektiven Transportes in Richtung Seemitte werden diese Fluktuationen zunehmend durch Diffusion geglättet. Die deutliche «Nase» zwischen 80 und 90 m Tiefe in dem Profil bei 14,1 km kennzeichnet das Haupt-Einstromereignis, 23 Tage vor den Messungen.

strömte Lava mit einer Unterwasserkamera visuell untersucht [2].

Sowohl in den Temperatur- als auch in den Trübungs- (Lichttransmissions-) Profilen wurden klare Signaturen der heissen Lava, welche sich bis zu 14 km von der Einstromstelle ausgebreitet haben (Abbildung), gefunden. Diese Signaturen, zusammen mit den Aufnahmen der Unterwasserkamera, lassen den Schluss zu, dass die Lava auf einer Breite von 600 m Uferlinie bis in 70 bis 100 m Tiefe in den See vorgedrungen ist. Die Auswirkungen auf die Temperaturschichtung waren allerdings minimal und beschränken sich hauptsächlich auf den ufernahen Bereich. Weiter zur Seemitte wurde eine dünne, nur wenige Meter mächtige Schicht zwischen 80 und 90 m Tiefe beobachtet, die um etwa 0,2 °C erwärmt worden war.

Neben der Temperatur wurde auch die Trübung des Sees durch die mit der Lava transportierte Asche erhöht, und so konnte entlang des Transektes ein deutlicher horizontaler Trübungsgradient gemessen werden.

Zusammenfassend liegt die Schlussfolgerung nahe, dass die Gefahr einer limnischen Eruption und Entgasung des Sees nicht gegeben war und auch höchstwahrscheinlich durch ähnliche, oberflächliche Lavaeinströmungen in Zukunft nicht besteht.

Für eine vollständige Entwarnung am Kivusee ist es allerdings noch zu früh, denn Vulkanologen haben beobachtet, dass sich die seismische Aktivität mehr und mehr unter den See verschiebt. Ein Lavaeinstrom am Grund des Sees birgt eine deutlich grössere Gefahr in sich, da dort die Konzentration der gelösten Gase sehr hoch (43% Sättigungskonzentration von Methan) und die Stabilität der Dichteschichtung verhältnismässig gering sind. Im Rahmen zukünftiger Projekte ist daher die Installation einer On-line-Messstation auf dem See geplant.

Neuen Aufwind erhält auch ein Projekt der Regierung von Ruanda, die gewaltigen Methanvorkommen im Kivusee zur kommerziellen Energiegewinnung zu nutzen. Während eine kleinere Pilotanlage bereits seit 1963 in Betrieb ist, warten die bereits projektierten Kraftwerke auf Investoren [3].

¹ Université de Savoie & Coordination de la Recherche Volcanologique, CNRS-INSU, F-73376 Le Bourget du Lac Cedex, France.

² PDT GmbH – Physik•Design•Technik – Sensorik & Consulting, D-29227 Celle, Deutschland.

Literatur

- [1] Kling G.W., Clark M.A., Compton H.R., Devine J.D., Evans W.C., Humphrey A.M., Koenigsberg E.J., Lockwood J.P., Tuttle M.L. and Wagner G.N. (1987). The 1986 Lake Nyos Gas Disaster in Cameroon, West Africa. *Science* 236, 169–170.

- [2] Halbwachs M., Tietze K., Lorke A. and Mudaheerwa C. (2002): Investigations in Lake Kivu (East Central Africa) after the Nyiragongo Eruption of January 2002. Final report to SOLIDARITES, Aide Humanitaire d'Urgence, Paris (erhältlich in der EAWAG-Bibliothek und bei den Autoren).

- [3] Baumgartner P. (2002): Energiequelle unterm Kivusee. *Tages-Anzeiger* vom 13.2.2002 (www.tages-anzeiger.ch/ta/taOnlineArtikel?ArtId=162852).

Nährstoffreich und toxisch – wie das Tiefenwasser des Tanganyikasees den Fischfang beeinflusst

Bernhard Wehrli, Christian Dinkel

Weil südlich des Äquators in Ostafrika das ganze Jahr über ein tropisches Klima herrscht, bleiben die gigantischen Wassermassen des Tanganyikasees stabil geschichtet. Als Folge davon ist das Tiefenwasser zwischen ca. 100 m und der maximalen Tiefe von 1417 m frei von Sauerstoff, aber angereichert mit Nährstoffen und Schwefelwasserstoff (H₂S). Der Monsun mit seinen Südwinden sorgt für einen sporadischen Nährstoffeintrag aus der Tiefe, welcher aber wegen der hohen H₂S-Konzentrationen die Fischpopulationen gefährden kann.

Eine alte Eisenbahn fährt in etwa anderthalb Tagen von Dar es Salaam quer durch Tansania nach Kigoma, der wichtigsten Hafenstadt am Tanganyikasee. Im benachbarten Kongo, am Westufer des Sees, herrscht Bürgerkrieg, und die politische Lage in Burundi im Norden ist instabil. Deshalb hat sich Kigoma zum Versorgungszentrum für die riesigen Lager der kongolesischen Flüchtlinge entwickelt. Getreide wird in grossen Mengen vom «World Food Program» der UNO geliefert. Frischer und getrockneter Fisch bildet die wichtigste lokale Proteinquelle. In der Nacht leuchten die Petrollampen der vielen kleinen Fischerboote auf dem Tanganyikasee als lange Lichterketten am Horizont. Wie gross die Fischerträge in diesem tiefsten tropischen See der Erde sein können, hängt stark davon ab, wie viel Nährstoffe aus dem Tiefenwasser an die Oberfläche gelangen.

Um diese Frage zu klären, haben wir zusammen mit Kollegen aus Ostafrika, den USA und Belgien im Sommer 2001 und 2002 zwei Expeditionen auf einem kongolesischen Frachtschiff durchgeführt. Wir konnten dabei Tiefenprofile der wichtigsten physikalischen und chemischen Parameter im Nord-, Mittel- und Südbecken mit Wassertiefen von 1100, 700 und 1400 m analysieren. Mit einem Volumen von fast 19 000 km³ ist der Tanganyikasee nur wenig kleiner als der grösste Süsswassersee der Welt, der Baikalsee in Sibirien (23 000 km³). Die extremen Temperaturunterschiede in Sibirien mit eisigen Wintern und warmen Sommern führen jedoch dazu, dass der Bai-

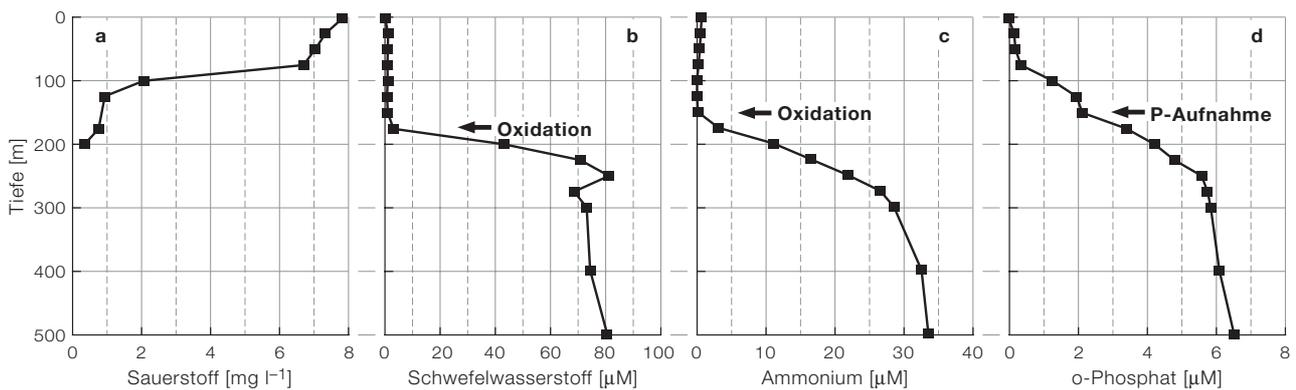


Abbildung: Konzentrationsprofile von Sauerstoff (a), Schwefelwasserstoff (b) sowie den Nährstoffen Ammonium (c) und ortho-Phosphat (d) im mittleren Teil des Tanganyikasees im Juli 2001. Es ist deutlich sichtbar, dass Schwefelwasserstoff und Ammonium in der Tiefenzone zwischen 150 und 200 m mikrobiell oxidiert werden. Die Mikroorganismen in dieser Zone nehmen auch Phosphor auf und vermindern so den Eintrag dieses Nährstoffs in die sauerstoffhaltige Schicht zwischen 0 und 100 m Wassertiefe.

kasee bis in die grösste Tiefe sehr gut gemischt wird. Der «permanente Sommer» in den tropischen Breiten südlich des Äquators führt dagegen zu einer sehr stabilen Dichteschichtung des Tanganyikasees mit 26 °C warmem Wasser an der Oberfläche und einer Temperatur von 23,3° C in der grössten Tiefe.

Als Folge dieser stabilen Schichtung verschwindet der Sauerstoff in einer Übergangszone zwischen 50 und 200 m Wassertiefe und es entwickeln sich «anoxische», d.h. sauerstofffreie Bedingungen in den tieferen Schichten des Sees. Weil mikrobielle Prozesse wie die Sulfat-reduktion und die Methanogenese unter diesen Bedingungen den Abbau von Algen bestimmen, reichern sich Nährstoffe wie Ammonium und Phosphor sowie reduzierte Substanzen wie Schwefelwasserstoff und Methan im Tiefenwasser an (Abbildung). Physikalische Mischungsprozesse transportieren diese Gifte und Nährstoffe nach oben in die fischreiche und sauerstoffhaltige Zone an der Seeoberfläche. An der Übergangszone in 50–200 m Wassertiefe schichten sich jedoch Mikroorganismen ein, welche H₂S und andere Substanzen oxidieren und damit das Gefahrenpotenzial für die Fischbestände vermindern. Die Konzentrationsgradienten in der Abbildung verraten, welche Substanzen von den Mikroorganismen in der Übergangszone bevorzugt umgesetzt werden. Etwa 80% des freigesetzten Kohlenstoffs stammen demnach aus der Sulfat-reduktion, welche H₂S im Tiefenwasser anreichert. Andererseits werden nur etwa 50% der erwarteten Stickstoffmenge in die Oberflächenschicht transportiert, der Rest wird offensichtlich via Nitrifikation zu Nitrat oxidiert und danach via Denitrifikation zu Luftstickstoff umgesetzt. Der Nachschub von Phosphat ins Oberflächenwasser wird vermindert durch den Phosphorbedarf beim Bakterienwachstum in der Übergangszone.

Damit vermindern die H₂S oxidierenden Bakterien zwar die Gefahr von Fischsterben, wenn die Monsunwinde den

See stärker mischen. Sie verringern jedoch andererseits auch die Nährstoffeinträge ins Oberflächenwasser und erhalten so den See in einem vergleichsweise nährstoffarmen Zustand. Trotz grossem Phosphorreservoir im Tiefenwasser können die Fischer des Tanganyikasees nur mit bescheidenen, dafür aber langfristig gesicherten Erträgen rechnen.

Verbreitung, Habitatsnutzung und Gefährdung von Cagnetta (*Salaria fluviatilis*) und Ghiozzo (*Padogobius bonelli*), zwei Kleinfischarten im Tessin

Christof Elmiger, Rudolf Müller

Der Ghiozzo und die Cagnetta gelten in unserem Land als stark gefährdete Fischarten. Allerdings waren die Kenntnisse über ihre Verbreitung und Häufigkeit bis anhin sehr beschränkt. In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass die zwei Arten häufiger sind als bisher angenommen. Ihre Bestände haben sich aber in den letzten Jahrzehnten stark verändert.

Die beiden Kleinfische Ghiozzo und Cagnetta gleichen in ihrem Aussehen und der bodenorientierten Lebensweise stark der Groppe (*Cottus gobio*). Im Gegensatz zur Groppe bewohnen sie aber vorzugsweise etwas wärmere Gewässer und kommen in der Schweiz nur südlich der Alpen im Kanton Tessin vor. Sie leben unter Steinen versteckt am Grund von Fliessgewässern und Seeufern, wo sie Jagd auf Wirbellose machen. Beide Arten legen ihre Eier an der Unterseite hohl liegender Steine ab, wobei das Männchen das Gelege bewacht. Vorkommen des Ghiozzo in den Seen Lago Maggiore und Lago di Lugano sind schon seit über 100 Jahren dokumentiert. Im Gegensatz dazu scheint man die Cagnetta im Lago Maggiore

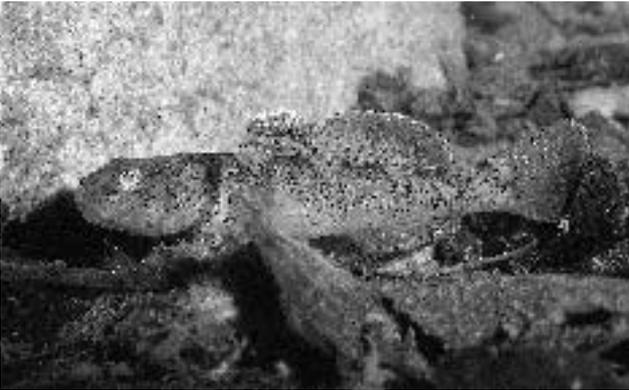


Abbildung 1: Ein junger Ghiozzo. (Foto: Christof Elmiger)

erst seit 1978 zu kennen, der Nachweis im Lago di Lugano erfolgte sogar noch später. Sowohl der Ghiozzo als auch die Cagnetta gelten in der Schweiz als stark gefährdete Fischarten, wobei bisher nur sehr wenig über ihre Verbreitung und Habitatsansprüche bekannt war.

Um Genaueres über diese zwei Kleinfischarten zu erfahren, suchten wir im Sommer 2002 zahlreiche Uferabschnitte der beiden Seen sowie verschiedene Fließgewässer ab. Transektzählungen mittels Schnorcheln lieferten Daten zur Individuendichte und zur Habitatsnutzung der beiden Fischarten im obersten Meter des Seelitorals. In mehreren Tauchgängen wurde ausserdem die Nutzung von Lebensräumen in grösseren Tiefen untersucht.

Der Seegrund beider Seen besteht im oberen Litoral vielerorts aus losen Steinen und Schutt, ein idealer Lebensraum für den Ghiozzo und die Cagnetta. An solchen Orten kommen durchschnittlich 1–2 Tiere/m² vor. Eine feinere Analyse der Transektdaten aus dem Lago Maggiore zeigt, dass sich die beiden Fischarten in der Nutzung dieses Lebensraums nur wenig unterscheiden: Der Ghiozzo ist etwas häufiger unter kleinen Steinen



Abbildung 2: Eine Cagnetta in typischer Beobachtungsstellung. (Foto: Christof Elmiger)

zu finden, die Cagnetta vermehrt an Stellen mit grobem Gestein oder Fels. Beide Fischarten wurden auch in grösseren Tiefen angetroffen, aber die Hauptverbreitung scheint im Bereich bis fünf Meter Wassertiefe zu liegen. Während die Cagnetta in beiden Seen häufig ist, konnten wir den Ghiozzo im Lago di Lugano trotz grossem Aufwand nicht nachweisen. Dies überrascht, da in alten Schriften grosse Bestände dokumentiert sind und noch vor wenigen Jahren bei einer Abfischung mit dem Elektrofänger Dutzende von Ghiozzi gefangen wurden. Die Gründe für diesen Rückgang im Lago di Lugano sind unklar. Denkbar sind verschlechterte Lebensbedingungen im eutrophierten See, allenfalls kombiniert mit Konkurrenz durch die Cagnetta. Die Bestände der Cagnetta dürften in den vergangenen Jahrzehnten in beiden Seen nämlich erheblich angewachsen sein, ansonsten wäre diese Fischart kaum so spät entdeckt worden.

Diese Erkenntnisse geben Anlass, den Schutzstatus der beiden Arten neu zu beurteilen. Die grossen Bestände der Cagnetta lassen den hohen Gefährdungsgrad dieser Art kaum mehr rechtfertigen. Wir schlagen vor, die Cagnetta künftig als «nicht gefährdet» einzustufen. Hingegen sollte der Ghiozzo aufgrund der stark gesunkenen Bestände im Lago di Lugano seinen heutigen Status beibehalten. Da der Ghiozzo im Lago Maggiore nach wie vor in grosser Zahl vorkommt, drängen sich vorläufig keine speziellen Schutzmassnahmen auf. Eine Beobachtung der Bestände wäre jedoch angezeigt.

Literatur

Elmiger C. (2002). Benthische Kleinfischarten des Tessins: Verbreitung und Habitatsnutzung des Ghiozzo (*Padogobius bonelli*) und der Cagnetta (*Salaria fluviatilis*). Diplomarbeit. ETH Zürich.
<http://www.lab4web.com/chelmiger/da>.

Bewertung von Fließgewässern mit einer artenreichen Fischfauna

Alexandre Gousskov, Armin Peter

Für den Schutz und das Management von Fließgewässern sind exakte Kenntnisse über den ökologischen Zustand der Gewässer nötig. Fische sind sehr gute Indikatoren und widerspiegeln die Eigenschaften des Lebensraumes. Die Bewertung mit dem IBI (Index of Biotic Integrity), eine häufig verwendete Bewertungsmethode für Fische, lässt sich auch für schweizerische Fließgewässer anwenden. Allerdings ist die Berechnung des Index an die Eigenschaften unserer Gewässer und unserer Fischfauna anzupassen.

Um die biologischen Ressourcen eines Gewässers zu erhalten oder zu verbessern, ist ein Monitoring mit

Organismen von höchster Bedeutung. Dazu eignen sich Fische ganz besonders. Fische sind ausgezeichnete Indikatoren und zeigen den Zustand eines Fließgewässers zuverlässig an. Fische sind langlebig und einzelne Arten haben bezüglich Verschmutzungen und Degradierung der Habitate unterschiedliche Toleranzwerte. Sämtliche Lebensstadien der Fische (vom Ei über die Jungfische bis zum Laichtier) sind eng ans Wasser gebunden. Mit der richtigen Ausrüstung sind Fische verhältnismässig einfach zu fangen und meist mit geringem Aufwand direkt am Gewässer bestimmbar (Ausnahme Fischlarven). Aus diesen Gründen schlägt das Modul-Stufen-Konzept ein eigenes Fischmodul vor. Dieses wurde in den vergangenen zwei Jahren an der EAWAG speziell für die Gewässer der Schweiz entwickelt und wird in den nächsten Monaten an die Kantone übergeben.

Eine generelle Verwendung einer weltweit etablierten Bewertungsmethode für Fische – die Verwendung des IBI (Index of Biotic Integrity von Karr) – ist für die Schweiz nicht möglich. Der IBI wurde nämlich für Fließgewässer entwickelt, in denen mehrere Fischarten leben (mindestens zwölf Arten). In vielen schweizerischen Fließgewässern, hauptsächlich in den Alpen und Voralpen, lebt jedoch nur eine Fischart, die Bachforelle. Die artenarmen Gewässer der Schweiz werden daher mit der Methode des Fischmoduls bewertet.

Für die artenreichen Fließgewässer in der Schweiz (Gewässer der Barben- und Brachsenregion) soll aber ebenfalls eine Beurteilung mit der Methode des IBI ermöglicht werden. Dazu sind jedoch spezifische Anpassungen der Methode an unsere Fischfauna nötig. Für einen Methodentest wurden 18 Fließgewässerstrecken in zwölf Flüssen elektrisch befischt und weitere acht Flüsse mit bereits vorhandenen Daten für die Auswertung berücksichtigt. Folgende auf unsere Gewässer modifizierte zwölf Parameter wurden für die Bewertung verwendet:

- Anzahl einheimischer Fischarten;
- Anzahl Fischarten, die auf der Gewässersohle leben;
- Anzahl Fischarten, die in der Wassersäule leben;
- Bestandesstruktur der dominierenden intoleranten Art (Barbe, Forelle, Äsche);
- Anzahl intoleranter Arten;
- Anteil von Aal und Alet;
- Anteil Fische mit einem breiten Nahrungsspektrum (omnivor);
- Anteil Fische, die sich vorwiegend von wirbellosen Tieren ernähren;
- Anteil fischfressender Fische;
- Gefangene Individuen pro Zeit;
- Anzahl nicht einheimischer Fische;
- Anteil Fische mit Tumoren, Deformationen, Flossenschäden und kranker Tiere.



Abbildung: Thur bei Altikon/Niederneunforn. Barbengewässer mit vielen Fischarten lassen sich mit dem für die schweizerischen Fließgewässer modifizierten IBI gut bewerten. (Foto: Armin Peter)

Jeder dieser zwölf Parameter wird anschliessend beurteilt, mit Punkten benotet und letztlich kann durch Addition der Punkte ein multimetrischer Index berechnet werden. Der berechnete Index bezeichnet die ökologische Zustandsklasse des Gewässers (fünf Klassen: sehr gut – gut – mässig – unbefriedigend – schlecht).

Die Erfahrungen zeigten, dass der IBI ein wirksames Instrument ist, um die Lebensgemeinschaft der Fische zu bewerten. Die Bewertung ist allerdings nur möglich, wenn mindestens acht Fischarten in einem Gewässer vorkommen. In diesen Fällen ergaben die Untersuchungen eine gute Übereinstimmung zwischen den morphologischen Bedingungen und dem berechneten IBI. Der Index zeigt Defizite in der Fischfauna auf. Morphologische, chemische und hydrologische Parameter müssen schliesslich für die Identifikation der Ursachen herangezogen werden.

Ein Wahrscheinlichkeitsnetzwerk zur Unterstützung der Ursachensuche für den Fischfangrückgang in schweizerischen Fließgewässern

Mark Borsuk, Peter Reichert, Patricia Holm

Das Projekt «Fischnetz» hat zahlreiche Untersuchungen durchgeführt. Um die Schlussfolgerungen besser integrieren zu können, wird ein Modell in der Form eines Wahrscheinlichkeitsnetzwerkes entwickelt. Dieses integriert die verschiedenen erforschten Beziehungen. Es soll helfen, die Bedeutung der anthropogenen Veränderungen der Fließgewässer für die Fischpopulationen zu beurteilen und den Effekt vorgeschlagener Massnahmen abzuschätzen.

Das nationale Forschungsprojekt «Fischnetz» wurde 1999 gestartet, um die Ursachen des beobachteten Fischfangrückgangs in schweizerischen Fließgewässern zu ergründen. Zur Zielerreichung werden Studien durchgeführt, um Aspekte wie Chemikalienbelastung, Fischgesundheit, Anglerverhalten, Lebensraumzerstörung, Hochwasser und Temperaturveränderungen und ihren Bezug zum Populationsrückgang zu beleuchten. Damit die Resultate dieser Arbeiten für die Quantifizierung der relativen Bedeutung verschiedener Ursachen für den Fischfangrückgang genutzt werden können, entwickeln Forscher im Prozess Systemanalyse, Integrated Assessment und Modellierung (SIAM) ein Wahrscheinlichkeitsnetzwerkmodell.

Bei der Erstellung eines solchen Modells werden in einem ersten Schritt die kausalen Beziehungen zwischen wichtigen Fischpopulationskenngrößen grafisch dargestellt (Abbildung). In dieser grafischen Darstellung werden wichtige Kenngrößen als runde Knoten und kausale Beziehungen zwischen solchen Kenngrößen mit Pfeilen dargestellt. Jede dieser Beziehungen wird dann unter Zuhilfenahme einer der folgenden Methoden mathematisch beschrieben:

- Resultate kontrollierter Experimente,
- Felddaten,
- Simulationsmodelle oder
- quantitative Expertenbefragungen.

Diese mathematische Beschreibung erfolgt in der Form von Wahrscheinlichkeitsverteilungen, die den Einfluss der oben liegenden Knoten auf die unten liegenden Knoten unter Berücksichtigung der wissenschaftlichen Unsicherheit beschreiben. Diese Unsicherheit wird verursacht durch natürliche Variabilität, unvollständiges Wissen oder nicht berücksichtigte Zusammenhänge.

Im ersten Jahr konzentrierte sich das Wahrscheinlichkeitsnetzwerkprojekt auf die Modellentwicklung und die

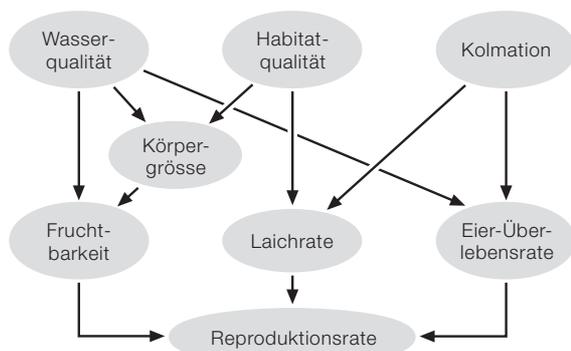


Abbildung: Grafische Darstellung eines vereinfachten Wahrscheinlichkeitsnetzwerkmodells, das die Einflussfaktoren der Reproduktionsrate von Bachforellen aufzeigt.

Quantifizierung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Bachforellen. Im nächsten Jahr wird das Modell zur Beurteilung der Bedeutung verschiedener anthropogener Einflüsse auf die Bachforellenpopulationen und zur Abschätzung der Auswirkungen vorgeschlagener Massnahmen eingesetzt. Unter Verwendung lokaler Information soll das generelle Modell für spezifische Bachabschnitte präzisiert und zur Information der Entscheidungsträger eingesetzt werden. Zudem kann eine Analyse der dominierenden Unsicherheitsquellen im Modell der Priorisierung künftiger Forschungsprojekte dienen.

Energetische Kopplung von aquatischen und terrestrischen Lebensgemeinschaften

Jacqueline Bernet, Achim Pätzold, Klement Tockner

Der Transfer von Material und Energie zwischen aquatischen und terrestrischen Lebensräumen ist ein bedeutender Prozess entlang von Flusskorridoren. Mit einem Freilandexperiment konnte die Bedeutung des Eintrags von Organismen aquatischen Ursprunges auf terrestrische Lebensgemeinschaften gezeigt werden.

Natürliche Flüsse breiten sich bei Hochwasser über den Talboden aus und bilden durch Sedimentations- und Erosionsprozesse eine ausgedehnte Aue. Innerhalb des minimalen und maximalen jährlichen Wasserstandes liegt die Uferzone, sie bildet den Übergang zwischen aquatischen und terrestrischen Ökosystemen. Uferzonen entsprechen in ihrer Funktion einer semipermeablen Membran, die den Austausch von Material und Energie kontrolliert. Aquatische Wirbellose ziehen sich bei Hochwasser in die sichereren, flachen Bereiche des Ufers zurück und schlupffreie Insekten aggregieren sich im Uferbereich. Im terrestrischen Uferbereich findet sich eine spezialisierte Wirbellosenfauna von Laufkäfern, Kurzflügelkäfern, Ameisen und Spinnen. Viele der Arten sind räuberisch und ernähren sich vermutlich von aquatischen Organismen, die im Uferbereich schlüpfen oder dorthin angespült werden. Die höchsten Dichten terrestrischer Insekten und Spinnen sind unmittelbar an der Wasseranschlagslinie anzutreffen. Ob diese räumliche Konzentration mit den speziellen abiotischen Bedingungen im Uferbereich oder dem potenziellen Nahrungsangebot zusammenhängt, war Bestandteil unseres Forschungsprojektes.

In einem Freilandexperiment wurde mittels speziell angefertigter Netzzaunkonstruktionen (Abbildung 1) der Eintrag von aquatischen Organismen auf definierten Flächen am Ufer verhindert, wobei die abiotischen Verhältnisse weitgehend unverändert blieben. Weiter wurde ein



Abbildung 1: Netzrahmenkonstruktion zur Abgrenzung des Eintrages von Organismen aus dem aquatischen Lebensraum.
(Foto: Jacqueline Bernet)

erhöhter Eintrag simuliert, indem aus dem Fluss entnommene Organismen kontinuierlich ausgebracht wurden. Um zunächst die natürliche Situation zu untersuchen, wurde das Experiment an einer weitgehend intakten, alpinen Umlagerungsstrecke (Tagliamento, Italien) durchgeführt. Die Dichteveränderungen der terrestrischen Räuber wurden über einen Zeitraum von je 10 Tagen zu unterschiedlichen Jahreszeiten untersucht. Im saisonalen Verlauf änderte sich die Zusammensetzung der Uferfauna. Trotzdem führte das zusätzliche Nahrungsangebot immer zu signifikant höheren Dichten (Abbildung 2). Die Abgrenzung hingegen führte lediglich im August zu einer signifikanten Abnahme der Biomasse terrestrischer Tiere. Dies deutet auf einen unter natürlichen Bedingungen saisonal stark schwankenden Eintrag aquatischer Organismen hin.

Zum Vergleich wurde ein ähnliches Experiment an einem durch Schwall-Sunk beeinträchtigten Ufer (Alpenrhein,

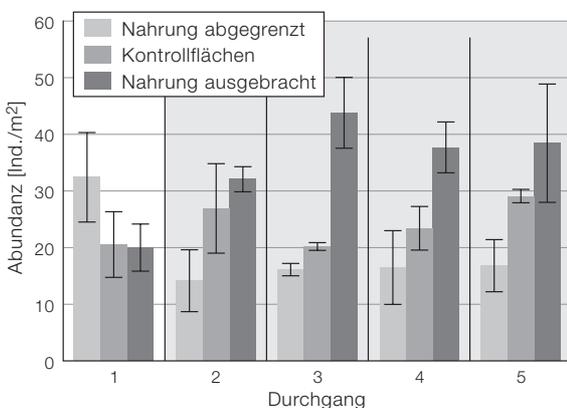


Abbildung 2: Tagliamento: Durchschnittliche Dichte [Individuen/m²] mit Standardabweichung auf den Flächen mit abgegrenzter sowie erhöhter Nahrung und den Kontrollflächen im Verlauf des Experimentes im August; nicht schattierter Bereich: Abundanzen vor dem Start des Experimentes.

Schweiz) untersucht. Die Wasserkraftnutzung verursacht hier tägliche Wasserstandsschwankungen von bis zu einem Meter. Auch an diesem Ufer führte der künstliche Eintrag aquatischer Organismen zu einer Zunahme der Dichte terrestrischer Insekten und Spinnen, wobei die Dichten nur etwa ein Viertel so hoch wie am Tagliamento waren. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass neben den direkten Auswirkungen des stark schwankenden Wasserstandes auch die indirekten Effekte der verminderten aquatischen Biomasse die terrestrischen Lebensgemeinschaften reduziert.

Die Studie zeigt eine enge energetische Kopplung zwischen aquatischen und terrestrischen Lebensräumen in Flussauen und weist auf die Bedeutung aquatischer Produktivität für die Konsumenten terrestrischer Lebensräume hin. Der beobachtete positive Effekt des Eintrags aquatischer Organismen für die terrestrischen Insekten und Spinnen setzt sich vermutlich in höheren Gliedern der Nahrungskette fort. Kleinsäuger, Reptilien und Vögel könnten von einer höheren Dichte terrestrischer Wirbelloser profitieren. Der ökologische Zustand des aquatischen Systems hat somit auch einen weitreichenden Einfluss auf den terrestrischen Lebensraum.

Biodiversität entlang der Flüsse Thur, Rhone und Tagliamento

Helene Baur, Ute Karaus, Klement Tockner

Revitalisierungen sind im Trend. Bevor jedoch eine mit hohen Kosten verbundene Renaturierung in Angriff genommen wird, sollte das ökologische Erfolgspotenzial abgeschätzt werden. Der Vergleich der Flüsse Thur und Rhone mit dem Fiume Tagliamento (Friaul, Italien) zeigt, dass das Potenzial der Thur um einiges höher liegt als jenes der Rhone.

In den letzten 100 bis 150 Jahren wurden die meisten Flüsse verbaut und begradigt. Viele dieser Gewässer werden nun wieder renaturiert. An der Thur (Nordostschweiz) sind zurzeit Wiederbelebungsmaßnahmen im Gange oder bereits abgeschlossen. Die Thur ist auf lange Strecken begradigt. Ihr Abflussregime ist jedoch noch weitgehend natürlich. An der Rhone (Wallis) wird die 3. Rhonekorrektur geplant, welche die Anliegen des Hochwasserschutzes mit jenen der Ökologie verknüpft. Die Rhone ist beinahe auf ihrer gesamten Länge hart verbaut und vor allem im Unterlauf durch die Speicherkraftwerke in ihrem Wasserregime erheblich gestört.

Für eine erfolgreiche Wiederbelebungsmaßnahme ist es Voraussetzung zu wissen, wie ein Fluss im naturnahen Zustand

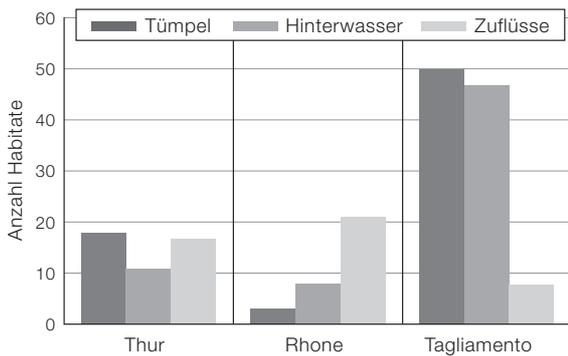


Abbildung 1: Gesamtzahl der Gewässertypen entlang der drei Flüsse Rhone, Thur und Tagliamento. Es wurden zwischen 14 und 17 je 1 km lange Flussabschnitte je Fluss untersucht.

funktioniert. Leider gibt es in der Schweiz keinen Fluss mehr in der Grössenordnung von Thur und Rhone, der weitgehend unberührt ist. Der Tagliamento im Nordosten Italiens wurde daher als Referenzsystem herangezogen. Er stellt eine über weite Teile naturnahe Flusslandschaft dar.

Entlang der drei Flüsse wurden alle 10 Kilometer auf einer Länge von 1 Kilometer die Anzahl der Tümpel, Hinterwasser und Zuflüsse quantitativ erfasst. Vor allem temporäre Tümpel scheinen einen wichtigen Beitrag zur Gesamtvielfalt der Lebensräume und damit zu einer Erhöhung der Biodiversität zu leisten. Der Tagliamento weist von den untersuchten Flüssen die meisten stehenden Gewässerlebensräume (Tümpel und Hinterwasser) auf (Abbildung 1). An der Rhone fehlt hingegen dieser Lebensraumtyp beinahe vollständig.

Entlang des Hauptflusses wurde alle 20 Kilometer die Diversität des Makrozoobenthos (Lebensgemeinschaft

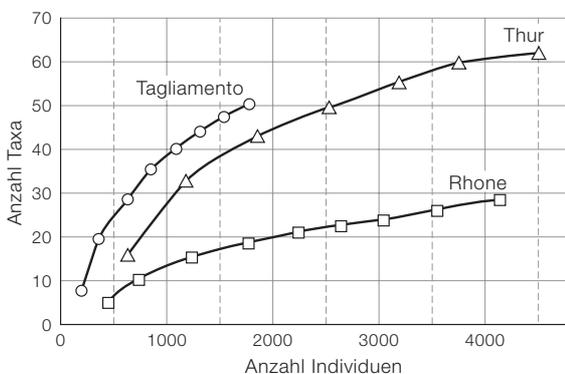


Abbildung 2: Standardisierung der Artenvielfalt (Eintagsfliegen, Köcherfliegen und Steinfliegen; so genannte EPT-Taxa) entlang der Flüsse Rhone, Thur und Tagliamento anhand der Individuendichten («Rarefaction»-Kurven). Entnimmt man den drei Flüssen zufällig 2000 Individuen, so kann man an der Rhone 17, an der Thur 44 und am Tagliamento 53 Arten (Taxa) erwarten.

des Gewässerbodens) im Hauptgerinne und in den Tümpeln untersucht. Während an Thur und Tagliamento vergleichbar viele Arten nachgewiesen wurden, war die Rhone sehr artenarm (Abbildung 2). Wasserkäfer fehlten in der Rhone vollständig. An der Thur wechselten sich artenreiche mit artenarmen Standorten ab, was auf eine Zerstückelung des Flusslaufes in naturnahe und naturferne Abschnitte hinweist. Hinsichtlich ihrer Biodiversität zeigt der Vergleich der drei Flussläufe, dass die Thur mit ihrem natürlichen Wasserregime und dem noch vorhandenen Artenpool ein grosses Regenerationspotenzial besitzt. Dabei sollte vor allem versucht werden, naturnahe Abschnitte zu vergrössern und durch gezielte Aufweitungen mehr Platz für temporäre stehende Gewässer zu schaffen. Im Gegensatz dazu scheint die Rhone nur dann Chancen auf eine erfolgreiche Revitalisierung zu haben, wenn Wasserregime und Verbaungsgrad tief greifend verändert würden. Ihre Degradierung ist durch die massive Verbauung und durch den Einfluss zahlreicher Speicherwasserkraftwerke bereits weit fortgeschritten.

Aus ökologischen und ökonomischen Gründen sollen vorrangig die bestehenden naturnahen Flusslandschaften erhalten werden. Zusätzlich sollten jene Flüsse, die noch ein hohes Potenzial für eine erfolgreiche Revitalisierung haben, wie zum Beispiel die Thur, in Angriff genommen werden. Demgegenüber ist die Revitalisierung der Rhone (im ökologischen Sinne) nur mit tief greifenden Veränderungen möglich und nicht unbedingt Erfolg versprechend. Die 3. Rhonekorrektur ist jedoch für den Hochwasserschutz, zur Schaffung von Erholungsraum und zur Sensibilisierung der Bevölkerung für einen nachhaltigen Gewässerschutz notwendig und sinnvoll.

Dokumentation von Revitalisierungsbeispielen in der Schweiz

Simone Graute, Tine Bratrich, Armin Peter

Die Untersuchung von zehn fliessgewässer-Revitalisierungsprojekten in der Schweiz hat einige Probleme im Bereich von Zieldefinitionen und Erfolgskontrollen aufgedeckt. Ökologische Konzepte und Richtlinien zur Vorgehensweise von Revitalisierungen und Erfolgskontrollen finden noch nicht genügend Anwendung.

In den letzten hundert Jahren wurden viele fliessgewässer in ihrem natürlichen Zustand verändert und stark beeinträchtigt. Durch sich ausdehnende Siedlungen und die damit verbundenen Massnahmen im Hochwasserschutz kam es zu massiven Veränderungen der Gewässerlebensräume. Auch die Landwirtschaft beanspruchte immer mehr Boden in direkter Gewässernähe. Zwischen 1978



Abbildung 1: Der Lötchenbach bei Ostermündigen BE floss vor der Revitalisierung in einem Entlastungskanal. (Foto: Simone Graute)



Abbildung 2: Der Lötchenbach ein Jahr nach der Revitalisierung. (Foto: Simone Graute)

und 1998 wurden in der Schweiz jährlich rund 95 km Fließgewässer begradigt, verbaut oder eingedolt [2].

In den letzten Jahren kam es durch neue Erkenntnisse und Gesetzgebungen in der Schweiz wie auch in vielen anderen Ländern vermehrt zu Revitalisierungsprojekten. Naturnahe Lebensgemeinschaften benötigen nicht nur eine gute Gewässerqualität, sondern auch naturnahe morphologische und hydrologische Bedingungen [1].

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurden 10 Fließgewässer-Revitalisierungsprojekte in der Schweiz dokumentiert (Abbildung 1 und 2). Die Informationen wurden mittels Experteninterviews und aufgrund von Projektunterlagen erhoben. Es galt, einen Überblick über Umfang, Art und Ablauf von durchgeführten Revitalisierungen zu schaffen. Ein besonderes Augenmerk galt dabei der Erfolgskon-

trolle, da diese immer mehr an Bedeutung gewinnt. Sie ermöglicht es, Defizite in der Zielerfüllung offen zu legen und somit die Effizienz des Projektes zu überprüfen.

Folgende Punkte wurden in der Arbeit beleuchtet:

- Gründe und Ziele der Revitalisierungen,
- ökologische Datengrundlage,
- Rolle der Öffentlichkeit,
- Wirkung und Effizienz der durchgeführten Massnahmen.

Die untersuchten Projekte deckten einen breiten Bereich von Massnahmen ab. Auf durchschnittlich 900 m Revitalisierungslänge fanden Aufweitungen des Bachbettes und ökologische Strukturverbesserungen der Sohle und des Ufers statt. Zudem wurden Ausdolungen und Erhöhungen der Durchgängigkeit vereinzelt durchgeführt.

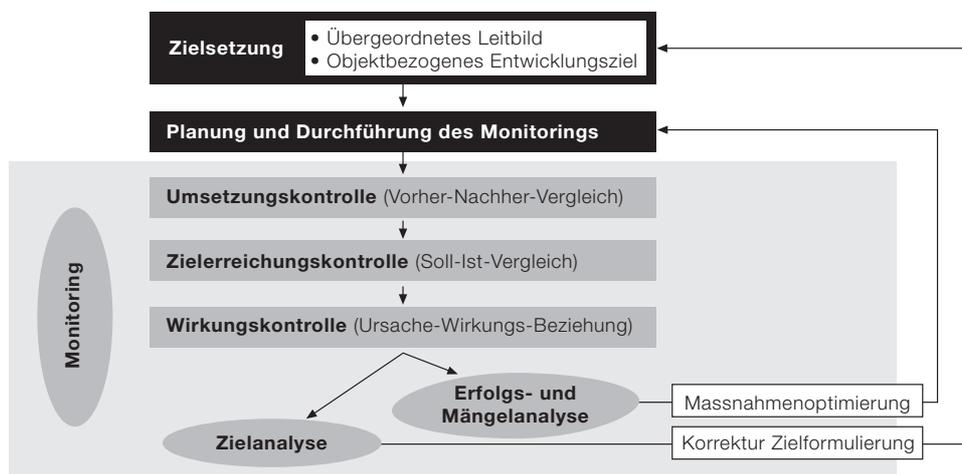


Abbildung 3: Schematischer Ablauf einer Erfolgskontrolle und Bedeutung des Monitorings.

Bei der Zusammenstellung der Motivation liess sich erkennen, dass die Revitalisierungen nicht nur aus rein ökologischen Gesichtspunkten erfolgten, sondern meist auf die Aspekte des Hochwasserschutzes und der Ästhetik abgestimmt sind. Gerade in urban geprägten Gebieten steht die Verbesserung des Wohnumfeldes gegenüber ökologischen Beweggründen stark im Vordergrund.

In Bezug auf eine spätere Erfolgskontrolle ist es notwendig, Ziele zu formulieren und den ökologischen Zustand des Gewässers festzuhalten (Abbildung 3). Die Untersuchungen haben ergeben, dass in sehr vielen Fällen eine unzureichende Zieldefinierung stattfand. Auch die Erfassung des ökologischen Zustandes wies Defizite auf. Bei nur 25% der Projekte wurden vor Umsetzung der Massnahmen ökologische Daten mittels Kartierungen erfasst. Ein Monitoring – als Grundlage einer Erfolgskontrolle über einen längeren Zeitraum – wurde nur bei wenigen Projekten durchgeführt. Aus Sicht einer optimalen Erfolgskontrolle ist es jedoch ratsam, den ökologischen Zustand des Gewässers über längere Zeit zu erfassen und zu kontrollieren. Längerfristige Untersuchungen sind daher unumgänglich.

Erfolgskontrollen sind leider (noch) nicht Standard in der Schweiz. Die Notwendigkeit wird jedoch erkannt und verschiedene Konzepte, wie zum Beispiel das Konzept «Erfolgskontrollen bei Gewässer-Renaturierungen des Kantons Bern», zeigen die zunehmende Bedeutung auf. Das Lernen aus realisierten Projekten muss dabei als Gelegenheit angesehen werden, zukünftige Massnahmen zu optimieren.

Ein weiterer nicht zu unterschätzender Punkt bei der Durchführung von Revitalisierungen ist der Einbezug der Öffentlichkeit. Durch die frühzeitige Beteiligung können das Verständnis und die Akzeptanz gefördert und mögliche Konfliktpunkte somit besser behoben werden. Eine frühe Einbeziehung der Bevölkerung und der Interessengruppen ist daher unentbehrlich und gehört mit zu den Erfolgsrezepten bei Revitalisierungsmassnahmen.

Die Analyse der Projekte hat gezeigt, dass ökologische Konzepte und Richtlinien für Revitalisierungsmassnahmen noch nicht genügend Anwendung finden. Hier sind Wissenschaft und Praxis gefragt, eng zusammenzuarbeiten und Handlungskonzepte festzulegen.

Literatur

- [1] Hütte M., Bundi U., Peter A. (1994). Konzept für die Bewertung und Entwicklung von Bächen im Kanton Zürich. EAWAG und Kanton Zürich, 133 Seiten.
- [2] Peter A., Tockner K., Bundi U. (2000). Die Revitalisierung von Fließgewässern – ein neuer Fokus der EAWAG. EAWAG-Jahresbericht 1999. Dübendorf. Seiten 11–17.

Eisbergvorstösse während solarer Minima

Raimund Muscheler, Jürg Beer, Maura Vonmoos

Eisberge transportieren aus ihren Ursprungsgebieten Gletscherstaub, der sich beim Schmelzen der Eisberge im Sediment absetzt. Rekonstruktionen der Eisbergdrift während der letzten 12 000 Jahre im Nordatlantik zeigen erstaunliche Ähnlichkeiten mit den Änderungen in der Sonnenaktivität, welche anhand von ^{14}C in Baumringen und ^{10}Be in Eisbohrkernen rekonstruiert werden kann. Diese Ergebnisse sind ein sehr deutlicher Hinweis auf den wichtigen Einfluss der Sonne auf unser Klima.

Anhand der kosmogenen Radionuklide wie zum Beispiel ^{14}C , ^{10}Be und ^{36}Cl können Änderungen in der Sonnenaktivität über viele Jahrtausende zurück in die Vergangenheit rekonstruiert werden. Der Vergleich dieser Datenreihen mit Rekonstruktionen vergangener Klimaänderungen kann entscheidende Hinweise auf das Ausmass und die Mechanismen des solaren Einflusses auf unser Klima geben. Besonders für die gegenwärtige Diskussion über den momentanen und zukünftigen Klimawandel können Fortschritte auf diesem Gebiet die Prognosen entscheidend verbessern.

Dass auch während der gegenwärtigen circa 12 000 Jahre dauernden Warmzeit, dem so genannten Holozän, das Klima alles andere als stabil war, zeigen verschiedene Klimarekonstruktionen. Eine davon basiert auf der Analyse von typischen Gletscherrückständen in Sedimentbohrkernen aus dem Nordatlantik [1]. Je nach Ursprungsort der Eisberge findet sich in diesen Sedimenten typisches detritisches Material, das beim Abschmelzen der Eisberge auf den Meeresboden sinkt und ins Sediment eingelagert wird. Zum Beispiel findet sich in den Sedimenten teilweise Glas, das typischerweise Eisberge von Island aus Gebieten mit starker Vulkantätigkeit mitbringen. Da Ozean- und Windströmungen die Ausbreitung der Eisberge entscheidend beeinflussen, erlauben solche Messungen Rückschlüsse auf Änderungen dieser Parameter [1].

Die Abbildung zeigt den Vergleich zwischen Änderungen in der Drift der Eisberge mit Änderungen in der Sonnenaktivität, wie sie anhand von ^{10}Be in den Eisbohrkernen GRIP und GISP2 von Summit in Zentralgrönland rekonstruiert werden konnte. Die hohe Korrelation zwischen den beiden Kurven deutet auf einen wichtigen Einfluss der Sonne auf das Klima im Nordatlantik während der letzten 12 000 Jahre hin [1].

Dieser beobachtete Einfluss der Sonne auf unser Klima stellt ein Phänomen dar, das noch genauer untersucht werden muss. Unter anderem gibt es noch verschiedene

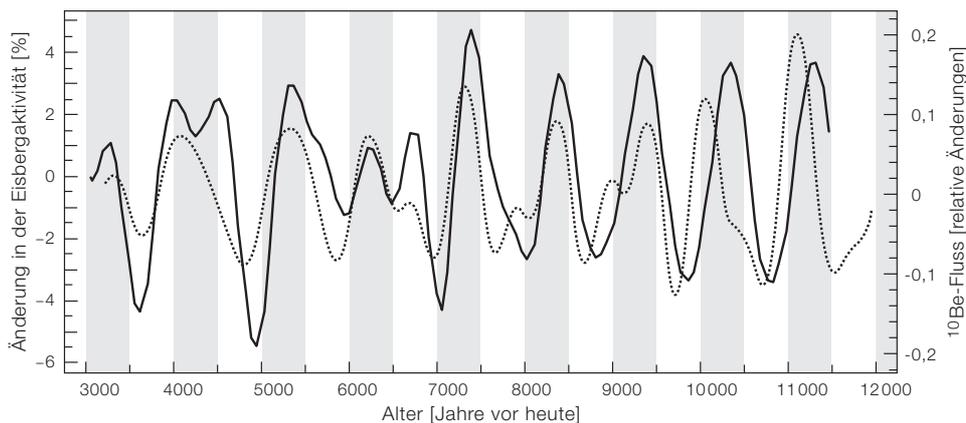


Abbildung: Vergleich von Änderungen in der Sonnenaktivität (punktierte Kurve), wie sie anhand von ^{10}Be in den Summit-Eisbohrkernen rekonstruiert wurde, mit Änderungen in der Ablagerung von Gletscherrückständen in nordatlantischen Sedimenten (schwarze Kurve) (modifiziert nach [1], vgl. [4]). Die hohe Ähnlichkeit deutet auf einen dominanten Einfluss der variablen Sonne auf das Klima im Nordatlantik hin.

offene Fragen, welche die genauen Mechanismen betreffen, mit denen die Sonne das Klima steuert. So gibt es zum Beispiel Klimarekonstruktionen anhand von Seesedimenten von Nordeuropa, die ähnliche Änderungen im Klima zeigen und die auch im Zusammenhang mit Änderungen in der Sonnenaktivität und dem Meereseis zu stehen scheinen. Da diese Klimareihen sehr gut datierbar sind, kann man die genaue zeitliche Abfolge von Klima- und Sonnenänderung studieren. Zur Überraschung stellt sich dabei heraus, dass man die kältesten Phasen nicht während des Minimums in der Sonnenaktivität beobachtet, sondern bereits früher [2].

Abschliessend kann man sagen, dass es weltweit immer mehr Hinweise gibt, dass die variable Sonne einen wichtigen Einfluss auf unser Klima hat, dass aber das Ausmass und die genauen Mechanismen noch längst nicht geklärt sind [3, 4].

Literatur

- [1] Bond G. et al. (2001): Persistent Solar Influence on North Atlantic Climate During the Holocene. *Science* 294, 2130–2136.
- [2] Björck S. et al. (2001): High-Resolution Analyses of an Early Holocene Climate Event May Imply Decreased Solar Forcing as an Important Climate Trigger. *Geology* 29, (12), 1107–1110.
- [3] Beer J. et al. (2000): The Role of the Sun in Climate Forcing. *Quat. Sci. Rev.* 19, (1–5), 403–415.
- [4] Muscheler R. et al. (2003): Long-Term Solar Variability and Climate Change Based on Radionuclide Data from Ice Cores. In: «Geophysical Monograph», C. Fröhlich, H. Hudson et al. (Eds.), AGU, in press.



Umwelt und Gesellschaft

Ein Schwellenwert für Wasserressourcen und seine Bedeutung für die Ernährungssicherheit

Hong Yang, Peter Reichert, Karim C. Abbaspour,
Alexander J.B. Zehnder

Getreideimport spielt eine wesentliche Rolle zur Kompensation von Wassermangel zur lokalen Nahrungsmittelproduktion. Daten von Ländern in Asien und Afrika wurden verwendet, um einen Schwellenwert für verfügbare Wasserressourcen abzuschätzen. Unterhalb dieses Schwellenwertes steigt der Bedarf für Getreideimport mit abnehmenden Wasserressourcen stark an. Die Daten deuten auf einen abnehmenden Trend dieses Schwellenwertes von ca. 2000 m³ pro Person und Jahr in den frühen 1980er Jahren auf etwa 1500 m³ pro Person und Jahr am Ende der 90er Jahre hin. Bis vor kurzer Zeit waren die meisten Länder mit Wasserressourcen unterhalb dieser Schwelle reich an Ölvorkommen und konnten sich die Getreideimporte leisten. Wegen ihres starken Bevölkerungswachstums und der reduzierten Verfügbar-

keit von bereits übernutzten Grundwasservorkommen werden aber in den nächsten 30 Jahren viele ärmere Länder, die sich Nahrungsimporte nicht leisten können, unter diese Schwelle fallen. Dadurch wird sich die durch Wassermangel verursachte Ernährungsunsicherheit verschärfen.

Im weltweiten Durchschnitt ist die Landwirtschaft der Wirtschaftssektor mit dem bei weitem grössten Wasserverbrauch. Dies führt in wasserarmen Ländern zur Notwendigkeit des Imports von Nahrungsmitteln, um das lokal fehlende Wasser zu ersetzen. Dieser Nahrungsmittelimport wird durch Getreide dominiert.

Um diese Zusammenhänge besser quantifizieren zu können, wurde in diesem Projekt versucht, einen Schwellenwert zu bestimmen, unterhalb welchem mit weiter abnehmenden Wasserressourcen der Getreideimport wesentlich zunimmt. Die Analyse beschränkte sich auf Länder in Asien und Afrika, da sich in diesen Kontinenten die meisten wasserarmen Länder befinden. Der üblichen Konvention (und damit der Verfügbarkeit der Daten) folgend, definieren wir die erneuerbaren Wasserressourcen eines Landes als die Summe des mittleren jährlichen Oberflächenabflusses und der Grundwassererneuerungs-

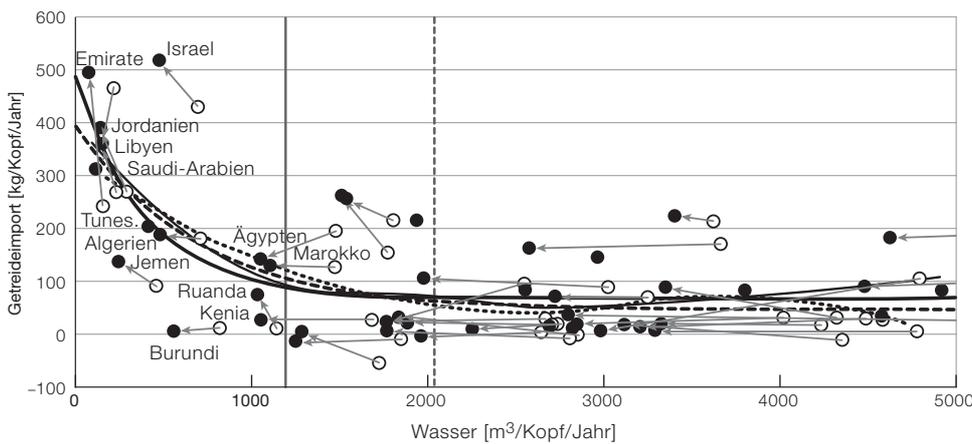


Abbildung 1: Anpassung des Modells (1) an die Daten für die erste (1980–1984; dicke gestrichelte Linie und offene Kreise) und letzte (1994–1999; dicke ausgezogene Linie und gefüllte Kreise unterhalb des Schwellenwertes mit Ländernamen) Untersuchungsperiode. Die Form der Modellkurven approximiert die entsprechenden nichtparametrischen Funktionen gut (dünne gestrichelte und ausgezogene Linien). Pfeile zeigen die Verschiebungen der Positionen der Länder von der ersten zur letzten Periode auf. Die Verschiebung des Schwellenwertes c wird durch vertikale Linien aufgezeigt (gestrichelt für die erste, ausgezogen für die letzte Periode).

rate. Um jährliche Fluktuationen zu glätten, wurden für die Analyse die Daten von jeweils 5 aufeinander folgenden Jahren gemittelt.

Basierend auf der Form des mit einer nichtparametrischen Analyse gefundenen Zusammenhangs zwischen Getreideimport und Wasserressourcen (Abbildung 1) und der Korrelation mit anderen potenziellen Einflussfaktoren, wurden die folgenden drei Modelle an die Daten angepasst:

$$\text{Getreideimport} = a + b e^{\frac{-3}{c} \text{Wasser}} \quad (1)$$

$$\text{Getreideimport} = a + b e^{\frac{-3}{c} \text{Wasser}} + d \log(\text{BIP}) \quad (2)$$

$$\text{Getreideimport} = a + b e^{\frac{-3}{c} \text{Wasser}} + d \log(\text{BIP}) + e \text{Land} \quad (3)$$

Dabei bedeuten «Wasser» die erneuerbaren Wasserressourcen [m^3 pro Person und Jahr], «BIP» das Bruttoinlandprodukt [1990, US\$ pro Person] und «Land» die für Nahrungsmittelproduktion verfügbare Landfläche [ha pro Person], c ist der gesuchte Schwellenwert und a , b und d sind andere Modellparameter. Die Abbildung 2 zeigt das Verhalten der Schätzwerte für den Schwellenwert c für alle 16 Zeitperioden. Die Werte dieses Parameters sind sehr stabil über die verschiedenen Modellstrukturen, die Unsicherheiten der Parameterwerte sind aber recht gross. Trotz der grossen Unsicherheit deutet sich aber ein abnehmender Trend von ca. 2000 m^3 pro Person und Jahr in den frühen 80er Jahren auf etwa 1500 m^3 pro Person und Jahr Ende der 90er Jahre an. Dieser kann wohl durch die Verbesserung der Wassernutzungseffizienz und die Ausdehnung der bewässerten Flächen erklärt werden.

Eine Analyse der unter den Schwellenwert fallenden Länder zeigt, dass bis zum Ende der 90er Jahre die meisten Länder mit Wasserressourcen unter dem Schwellenwert genügend Einkommen hatten, um Nahrungsmittel am internationalen Markt zu kaufen. Eine Prognose der Länder, die in den nächsten 30 Jahren unter den Schwellenwert sinken werden, zeigt aber, dass darunter viele Länder fallen, die sich solche Nahrungsmittelkäufe kaum leisten können. Das zeigt, dass sich das Problem des durch Wassermangel verursachten Nahrungsmangels verschärfen wird. Um dies zu vermeiden, braucht es grosse wissenschaftliche, technologische und politische Anstrengungen, um alle Länder mit den nötigen Nahrungsmitteln versorgen zu können.

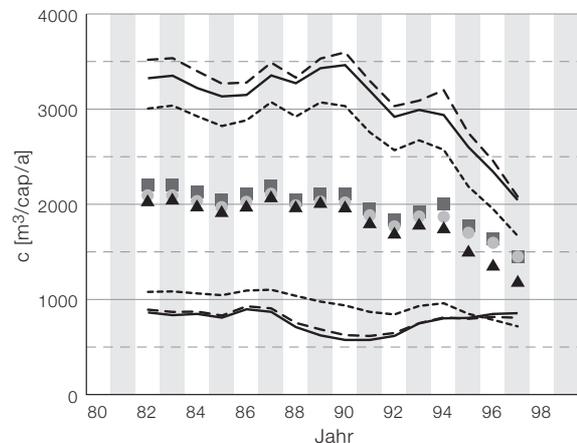


Abbildung 2: Schätzwerte und Unsicherheitsbereiche (plus und minus ein Standardfehler) für den Schwellenwert c für alle Untersuchungsperioden und alle Modellstrukturen. Modell 1: Dreiecke und punktierte Linien. Modell 2: Quadrate und gestrichelte Linien. Modell 3: Kreise und ausgezogene Linien.

SODIS gewinnt Anerkennung und verbreitet sich zunehmend in Entwicklungsländern

Regula Meierhofer, Martin Wegelin

Das Potenzial von SODIS – «Solar Water Disinfection» – zur Verbesserung der Trinkwassersituation in Entwicklungsländern wird international zunehmend anerkannt. Weiterhin vieler Promotionsarbeit bedarf jedoch die breite Verankerung und Anwendung von SODIS auf Benutzerebene in Entwicklungsländern.

Durchfallerkrankungen gehören zu den häufigsten Todesursachen von Kindern in Entwicklungsländern. Jedes Jahr sterben rund 2,2 Millionen Menschen, vor allem Kinder unter fünf Jahren, an Durchfall – hervorgerufen durch mangelnde Hygiene und den Konsum von mikrobiell kontaminiertem Trinkwasser [1].

Eine Möglichkeit der Wasserbehandlung auf Haushaltsebene ist die solare Trinkwasserdesinfektion SODIS (mehr Infos zur Methode auf <http://www.sodis.ch>). Diese Methode wird vom Prozess SANDEC an der EAWAG seit 1991 entwickelt und getestet: Die Auswirkung der SODIS-Anwendung auf die Gesundheit der lokalen Bevölkerung in Bolivien wird gegenwärtig untersucht in einer Studie in Zusammenarbeit mit dem schweizerischen Tropeninstitut. Eine der zukünftigen Forschungsaufgaben im Rahmen der solaren Trinkwasserdesinfektion ist die Evaluation ihres Effektes auf *Giardia* sp. und *Cryptosporidium parvum* sowie die Identifizierung von Inaktivierungsmechanismen auf zellulärer Ebene.

Da SODIS ausschliesslich billige, lokal verfügbare Ressourcen verwendet, hat es ein grosses Potenzial, das Trinkwasser für die ärmste Bevölkerung in Entwicklungsländern zu verbessern. Trotz diesem Vorteil bedarf die Verbreitung von SODIS-Information auf internationaler Ebene bis hin zu den Basisorganisationen in Entwicklungsländern grossen Aufwandes und beträchtlicher Ressourcen. Erfahrungen mit der Implementierung von SODIS-Projekten im Feld haben gezeigt, dass die zukünftigen SODIS-Anwender sorgfältig ausgebildet werden müssen, bis sie SODIS korrekt und zuverlässig zur Aufbereitung ihres Trinkwassers anwenden.

Unterstützt durch verschiedene Informationsanlässe von SANDEC, gewinnt SODIS zunehmend auf *internationaler Ebene* an Bedeutung: Während dem «World Water Day 2001» wurde SODIS von der WHO als eine Möglichkeit zur Trinkwasserbehandlung auf Haushaltsebene empfohlen. Diese Anerkennung ist eine wichtige Voraussetzung, damit Entwicklungsorganisationen und lokale NGOs die SODIS-Verbreitung und -Ausbildung in ihre Projekte integrieren. Ein breites Publikum weltweit wird zudem

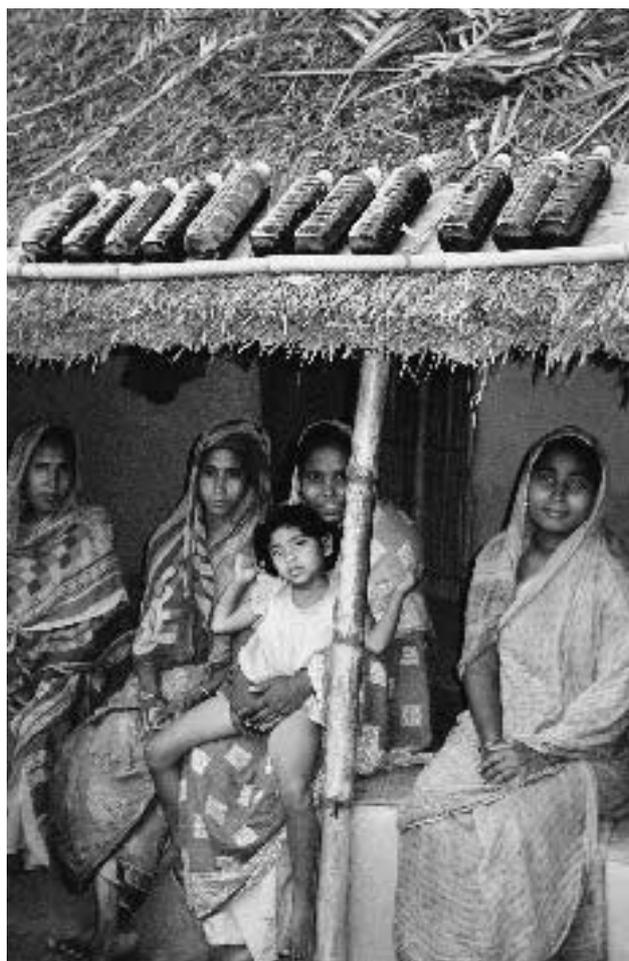


Abbildung: Sonnenexposition der SODIS-Flaschen in Bangladesch. (Foto: Martin Wegelin)

laufend informiert durch Artikel, Konferenzen, Ausstellungen, Internet (<http://www.sodis.ch>) sowie Fernseh- und Radioprogramme. 340 TeilnehmerInnen einer internationalen E-Mail-Konferenz, welche von der SANDEC geleitet und im September 2002 auf Spanisch und Englisch durchgeführt wurde, diskutierten technische Aspekte der SODIS-Anwendung und die Projektimplementierung.

Zwei von der SANDEC gegründete Stiftungen fördern den SODIS-Verbreitungsprozess auf *nationaler Ebene* in mehreren Entwicklungsländern. Die «Fundación SODIS» in Lateinamerika unterstützt Projekte in Bolivien, Peru, Ecuador, Nicaragua, Honduras, El Salvador und Guatemala, während die «SOLAQUA Stiftung» lokale NGOs in der SODIS-Implementierung in Kenia, Südafrika, Usbekistan, Pakistan, Nepal, Indien und Sri Lanka fördert. Wir schätzen, dass durch die intensiven Projektaktivitäten bis heute rund 200 000 Menschen die solare Trinkwasserdesinfektion für ihre Trinkwasseraufbereitung anwenden. Dies ist ein kleiner Teil der mehr als 1,1 Milliarden Menschen, die keinen Zugang zu sicherem Trinkwasser haben [2] – die weltweite Verankerung und Anwendung

von SODIS in Entwicklungsländern bedarf weiterhin grosser Anstrengungen.

Das Kapiteltitelfoto auf S. 65 zeigt, dass in Indonesien das Wissen über SODIS in der Schule vermittelt wird.

Literatur

- [1] WHO (2000): The World Health Report: Making a Difference. Geneva, World Health Organization.
- [2] WHO/UNICEF/WSSCC (2000): Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report.

Die Wiederentdeckung des Quellwassers

Hans Balmer, Christian Jecklin

Das gesamte Trinkwasser der Tessiner Gemeinde Gordola stammt aus Quellen. Das Generelle Wasserversorgungsprojekt (GWP) aus dem Jahre 1993 prognostiziert eine starke Zunahme des Wasserverbrauchs und sieht den Anschluss an ein leistungsfähiges Grundwasserpumpwerk vor. Eine Studie der EAWAG zeigt, dass auf den Ausbau der Wasserversorgung verzichtet werden kann, wenn die bestehenden Anlagen besser genutzt werden. Darüber hinaus könnte mit dem Quellwasser Ökostrom produziert werden.

Die Gemeinde Gordola versorgt heute rund 4000 EinwohnerInnen sowie Gewerbebetriebe und Ferienhäuser mit Trinkwasser aus zwölf Quellen. Der minimale Quellertrag liegt im Sommer bei etwa 2500 m³/Tag (einmalige Ausnahme: 2200 m³/Tag) und im Winter bei 1700 m³/Tag. Das Wasser fliesst ohne Fremdenergie ins Versorgungsgebiet. In den Jahren 1999–2001 wurden pro Tag durchschnittlich rund 1650 m³ Wasser verbraucht. Der Spitzenverbrauch lag bei 2340 m³/Tag. Abbildung 1 zeigt,

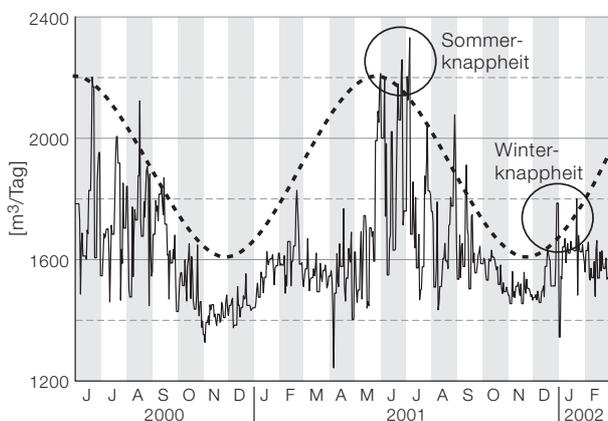


Abbildung 1: Wasserverbrauch Juni 2000–März 2002 (dünne Linie) und minimal gemessener Quellertrag in den Jahren 1991–2001 (gestrichelte Linie, Kurve geglättet). Im dargestellten Zeitraum trat effektiv nur im Winter 2001/02 Wasserknappheit auf.

dass Versorgungsengpässe theoretisch sowohl im Sommer bei Spitzenverbrauch als auch im Winter bei minimalem Quellertrag auftreten können.

Im heissen Sommer 1991 musste bei einem Spitzenverbrauch von 2600 m³/Tag behelfsmässig Bachwasser aufbereitet werden. Im darauf erarbeiteten GWP 1993 wurden für das Jahr 2070 rund 12 000 Einwohnergleichwerte (EG) mit einem Spitzenverbrauch von 1000 Litern pro EG und Tag prognostiziert. EinwohnerInnen, Arbeitsplätze und Gästebetten gelten als je 1 EG. Zur Deckung des Spitzenbedarfs von 12 000 m³/Tag wurde ein massiver Ausbau der Wasserversorgung, namentlich das Pumpen von Grundwasser, vorgeschlagen.

Seither hat der Wasserverbrauch eher abgenommen und das Projekt ist liegen geblieben. In einer Studie der EAWAG werden Optimierungsmassnahmen vorgeschlagen, mit welchen Gordola in den nächsten 30 Jahren ausreichend mit Quellwasser versorgt werden kann. Für das Jahr 2030 wird mit 4900 EinwohnerInnen und einem Spitzenverbrauch von 2500 m³/Tag im Sommer und 2100 m³/Tag im Winter gerechnet.

1. *Verluste reduzieren:* Die Leitungsverluste betragen seit vielen Jahren rund 500 m³/Tag oder 30% des gesamten Wasserverbrauchs. Mit einer einfachen Methode konnten im Jahr 2002 etliche Lecks gefunden und saniert werden. Die Verluste wurden seither um gut 400 m³/Tag reduziert. Allein mit dieser Massnahme ist das Wasserangebot praktisch immer grösser als der Verbrauch. Die Verbrauchskurve in Abbildung 1 senkt sich um 400 m³/Tag.

2. *Stillgelegte Quellen reaktivieren:* Zwei Quellen, die sich vor einigen Jahren bei einer Stichprobe als verschmutzt erwiesen, wurden damals einfach stillgelegt. Nach einer einfachen Sanierung könnten diese Quellen heute wieder genutzt werden. Der Ertrag beträgt im Winter mindestens 150 m³/Tag und im Sommer mindestens 300 m³/Tag.

3. *Mit Nachbargemeinden zusammenarbeiten:* In Gordola liegen zwei Quellen, die von der Nachbargemeinde Tenero genutzt werden. Diese Quellen können bei Bedarf ins Netz Gordola eingespeist werden (im Winter mindestens 300 m³/Tag, im Sommer mindestens 500 m³/Tag). Tenero kann in diesem Fall mehr Grundwasser fördern. Im Gegenzug könnte Gordola seinen häufigen Quellwasserüberschuss zu günstigen Konditionen an Tenero liefern.

4. *Spitzenverbrauch reduzieren:* Spitzenverbräuche sind einzig auf die Bewässerung von Rasen, Gärten und Kulturen zurückzuführen. Abbildung 2 zeigt diesen Zusammenhang deutlich. Am Tag nach einem Regenfall sinkt der Wasserverbrauch um bis zu 600 m³. Einige Tage nach dem Niederschlag nimmt er wieder sprunghaft zu.

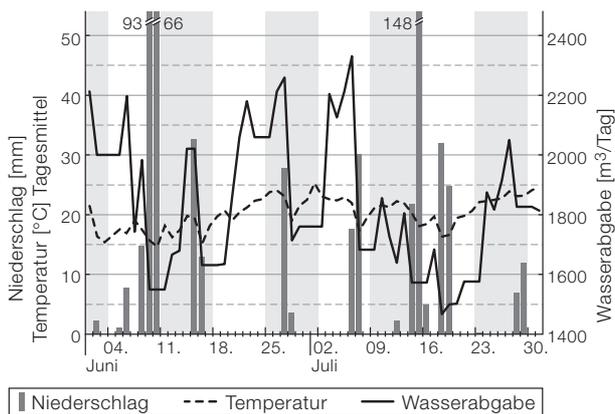


Abbildung 2: Beziehung zwischen Niederschlag und Wasser-verbrauch im Sommer 2001.

Insgesamt treten Spitzenverbräuche nur an wenigen Sommertagen auf. Mit gezielter Information und Tarifpolitik kann der Verbrauch von Trinkwasser für die Bewässerung reduziert werden. Für die Bewässerung von Kulturen und Sportplätzen in der Magadinoebene könnten ausserdem stillgelegte Grundwasserbrunnen wieder in Betrieb genommen werden.

5. *Mit Trinkwasser Strom produzieren:* Im Rahmen von Leitungssanierungen von den Quellen (550 m ü.M.) zum Hauptreservoir (300 m ü.M.) könnten mit einem Trinkwasser-Kraftwerk pro Jahr rund 305 000 kWh Ökostrom produziert werden. Das entspricht dem Strombedarf von 140 EinwohnerInnen.

6. *Werterhaltung und Qualitätssicherung:* Nebst der besseren Nutzung des Quellwassers sind bei der Wasserversorgung Gordola weitere bauliche und organisatorische Verbesserungen notwendig. Bei der Werterhaltung und Qualitätssicherung besteht ein Nachholbedarf. Auch hinsichtlich des Löschwasserbezugs im Brandfall ist das Netz vielerorts zu schwach dimensioniert. Gegenüber dem ursprünglichen Ausbauprojekt können jedoch etliche Millionen Franken gespart werden!

Literatur

Balmer H., Jecklin C. (2002): Künftige Strategie der Wasserversorgung der Gemeinde Gordola – Forschungs-/Beratungsauftrag der EAWAG.

Integrierte Mikrosysteme der Versorgung – Dynamik, Nachhaltigkeit und Gestaltung künftiger Versorgungssektoren

Kornelia Konrad, Bernhard Truffer, Dieter Rothenberger

Wie könnte die Versorgung mit Wasser, Strom, Gas und Telekommunikationsdienstleistungen der mittel- und langfristigen Zukunft aussehen? Wie nachhaltig sind die

Optionen und wie könnte eine möglichst nachhaltige Versorgungsstruktur erreicht werden? Im Rahmen eines grösseren Verbundprojektes, an welchem die EAWAG massgeblich beteiligt ist, werden diese Fragen für Deutschland beantwortet.

Der Versorgungssektor steht in einer Phase des Umbruchs. Die durch Deregulierung und Globalisierung der Märkte sowie technische und kulturelle Entwicklungen angestossenen Veränderungsprozesse bieten eine einmalige Chance zur nachhaltigen Gestaltung der Versorgung mit Wasser, Strom, Gas und Telekommunikation. Hierzu ist es jedoch notwendig, die für künftige Entwicklungen bestimmenden Faktoren und Zusammenhänge zu erkennen und geeignete Handlungsstrategien für und mit den beteiligten Akteursgruppen zu entwickeln.

Das Projekt «Integrierte Mikrosysteme der Versorgung» fokussiert dabei auf Deutschland und einem Zeitraum von circa 25 Jahren. Es verknüpft *wissenschaftliche Analysen* mit einer *Beteiligung gesellschaftlicher Akteure* (Wirtschaft, Gesellschaft, Politik), welche die Transformationsprozesse mitgestalten werden.

Kurz vor dem Abschluss steht eine Analyse der aktuellen Struktur und der derzeit ablaufenden Veränderungsprozesse der Siedlungswasserwirtschaft sowie der Strom-, Gas- und Telekommunikationssektoren in Deutschland. In die Sektorstudien sind unter anderem Ergebnisse aus circa 60 Interviews mit Akteuren aus den verschiedenen Sektoren eingegangen. Zum Abschluss dieser Projektphase werden im Frühjahr 2003 vier Sektorworkshops durchgeführt. Diese dienen einer ersten Validierung der identifizierten Veränderungskräfte und Zukunftsbilder. Gemeinsam mit Partnern aus der Praxis werden sodann kombinierte Szenarien für die vier Versorgungssektoren erarbeitet. Hierbei geht es nicht darum, im Sinne einer Prognose das wahrscheinlichste Szenario zu bestimmen, sondern zunächst den Raum der potenziell möglichen Entwicklungen auszuloten.

Die Ausgangshypothese für diese gemeinsamen Szenarien ist, dass sich die Entwicklungen zwischen den einzelnen Sektoren beeinflussen und entlang dreier Dimensionen beschreiben lassen:

- Dezentralisierung versus Zentralisierung der Erzeugung,
- organisatorische und technische Integration versus zunehmende Eigendynamik der einzelnen Sektoren,
- technische Orientierung versus Dienstleistungsorientierung der Versorgungsunternehmen.

In der gedanklichen Fortführung dieser Tendenzen lässt sich das idealtypische Zukunftsbild «*Integrierte Mikrosysteme der Versorgung*» definieren, welches *einen mög-*

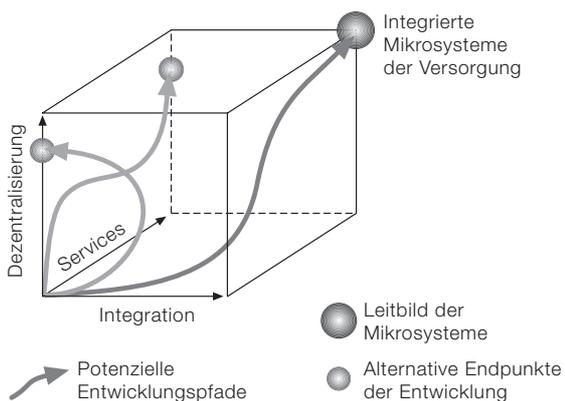


Abbildung: Der Szenario Raum.

lichen Extrempunkt der Entwicklung darstellen könnte (Abbildung).

Wie nachhaltig sind solche Entwicklungen einzuschätzen und wie können allenfalls gewünschte Zustände durch die unterschiedlichen Akteure gefördert werden? Um diese Fragen beantworten zu können, werden in einem weiteren Projektschritt die Szenarien einer Nachhaltigkeitsbewertung unterzogen, welche auf einer Kombination von Experteneinschätzungen hinsichtlich möglicher Auswirkungen und einer Festlegung und Hierarchisierung der Bewertungskriterien durch die beteiligten gesellschaftlichen Akteure basiert. Ferner werden exemplarisch Prozesse des Innovationsmanagements, der Veränderung von Kundenbedürfnissen und der Regulierung in vertiefenden empirischen Studien untersucht werden, die für das Eintreten bestimmter Szenarien besonders wichtig sind. Schliesslich werden im Rahmen einer Arbeitstagung zusammen mit den gesellschaftlichen Akteuren Gestaltungsstrategien für eine nachhaltige Transformation der Versorgungssysteme abgeleitet.

Das Forschungsprojekt wird von der EAWAG-Forschungsgruppe CIRUS gemeinsam mit dem Öko-Institut Freiburg und vier weiteren deutschen Forschungsinstituten bearbeitet und dauert von August 2002 bis Juli 2005.

Reformen in der Schweizer Siedlungswasserwirtschaft

Dieter Rothenberger, Lorenz Moosmann

In der Siedlungswasserwirtschaft spielen ökonomische Fragen eine immer wichtigere Rolle. Aus diesem Grund hat die sozialwissenschaftliche Forschungsgruppe CIRUS eine Befragung sowie einen eintägigen Workshop über den Reformbedarf in der Schweiz durchgeführt. Als zukünftig zentrale Herausforderungen wurden die Finanzierung von Investitionen, die Erfüllung rechtlicher und technischer Anforderungen durch entsprechend ausgebildetes Personal sowie die Steigerung der Effizienz genannt.

Insgesamt wurden 20 Experten, vor allem Vertreter von Wasserversorgungen und Gemeinden, aber auch kantonalen Behörden, befragt. Im Rahmen des Workshops vom 6. Juni 2002 diskutierten 17 Experten aus dem In- und Ausland vor über 100 Teilnehmenden über Rechtsformen, die Vor- und Nachteile der Einbeziehung Privater sowie die Probleme von kleineren Wasserversorgungen.

Als eine Reaktion auf die Herausforderungen wurde die Veränderung der Rechtsform genannt, um die Effizienz zu verbessern. Dies kann z.B. durch eine Verselbstständigung des Versorgungsunternehmens erreicht werden. Ein Beispiel sind die Services Industriels de Genève

	Verselbstständigung	Regionalisierung	Contracting-Out
Ziel	Erhöhung der Flexibilität Grössere Unabhängigkeit von der Politik	Verringerung der Kosten und Verbesserung der Leistungen durch regionale Zusammenschlüsse	Verringerung der Kosten durch Nutzung von externem Know-how
Potenzielle Effizienzsteigerung	Operative Entscheidungen auf wirtschaftlicher Basis Kürzere Entscheidungswege Verbessertes Anreizsystem (moderne Gehaltsstrukturen)	Nutzung von Economies of Scale (Betrieb, Verwaltung) Verringerung der individuellen Spitzenlastvorhaltung Verbesserte, abgestimmte Planung der Investitionstätigkeiten Bündelung der Personalkompetenz	Economies of Scale des Vertragnehmers Professionalisierung der Aufgabenerledigung Wettbewerbssituation bei Ausschreibung
Potenzielle Kosten	Verringerung der demokratischen Mitsprachemöglichkeiten Suche nach der richtigen Rechtsform Lernaufwand der politischen Entscheidungsträger: Steuerung mit Zielen statt mit Ressourcen	Verringerung der demokratischen Mitsprachemöglichkeiten Verhandlungskosten Potenzielle Verringerung des Grundwasserschutzes Wissen und seine Dokumentation schwerer zugänglich	Kosten für Ausschreibung, Verhandlungen, Kontrolle etc. Zentralisierung, evtl. Privatisierung des Wissens Lernaufwand der politischen Entscheidungsträger: Steuerung mit Zielen statt mit Ressourcen

(SIG), die als selbstständige öffentlich-rechtliche Anstalt weit reichende Handlungsfreiheit im operativen Bereich aufweisen: Bei einer formellen Privatisierung findet hingegen eine Umwandlung in eine privatrechtliche Form statt, bei der die Gemeinde meist alleiniger oder Mehrheitsanteilsseigner bleibt. Beispiele finden sich in Weinfelden, Luzern und Aarau.

Für die kleineren Wasserversorgungen steht die Sicherstellung der rechtlichen Anforderungen und der Investitionen im Mittelpunkt. Als Lösungsansatz wurde die Nutzung von Grössenvorteilen z.B. durch Zusammenschlüsse und Vergabe von (Betriebsführungs-)Aufgaben an Externe angeführt. Im Hinblick auf Kosten und Qualitätsanforderungen bedarf es oft keiner physischen Zusammenlegung der Netze, vielmehr genügt meist eine organisatorische Zusammenlegung zu einer gemeinsamen Betriebseinheit. In der Schweiz kann bereits auf positive Erfahrungen aufgebaut werden, z.B. in Herisau oder bei den Wasserwerken Zug. In Deutschland hat die Stadt Schriesheim (14 000 Einwohner) mit einem Betreibermodell gute Erfahrungen in den letzten beiden Jahren gemacht.

Die Reformen in der Siedlungswasserwirtschaft bedingen so genannte Transaktionskosten, z.B. durch die Suche nach einer neuen Rechtsform, einem geeigneten Partner, die Vertragsgestaltung oder den Kontrollaufwand nach Vertragsabschluss. Erfahrungen aus dem Ausland zeigen, dass Gemeinden ohne externe Experten (Steuerberater, Juristen, Ökonomen) kaum zu positiven Ergebnissen kommen. Transaktionskosten können bereits beim Contracting-Out von einfachen Serviceverträgen zwei bis zehn Prozent des zugrunde liegenden Umsatzes ausmachen. Bei komplexeren Verträgen wird dieser Wert leicht überschritten. Eine zentrale Frage ist auch, ob die Gemeinden die Kompetenz haben, die Wasserversorgungen auch nach einer Reform zu kontrollieren. Die Kontrollfordernisse nehmen mit steigendem Spielraum für die Wasserversorgung zu. Insbesondere bei Verträgen für private Unternehmen zeigt die Erfahrung in Frankreich, dass die Kontrolle relativ schwierig umzusetzen ist.

Die Situation der Siedlungswasserwirtschaft in der Schweiz ist gerade im internationalen Vergleich relativ gut und Entscheidungen über Reformen sollten daher nicht auf einer «Zeitgeist»-Ideologie beruhen, die sich unkritisch auf die Entwicklung in anderen Sektoren, z.B. in der Telekommunikation, beruft.

Gleichzeitig sollte die Diskussion über Strukturveränderungen, insbesondere hinsichtlich der Grössenvorteile und sonstiger Optimierungspotenziale, offen geführt werden. Das (nicht nur) in der Schweiz verbreitete Kirchturmdenken zu überwinden, kann für die Sicherstellung

einer nachhaltigen Siedlungswasserwirtschaft sehr förderlich sein.

Literatur

Rothenberger D. (2002): Herausforderungen in der Wasserversorgung – Die zukünftige Rolle der Gemeinden. Die Schweizer Gemeinde 39 (11), 14–16.

Rothenberger D., Moosmann L., Boller M. (2002): «Reformen in der Schweizer Siedlungswasserwirtschaft» – EAWAG-Workshop – Ein zusammenfassender Rückblick. gas wasser abwasser 82 (9), 691–694.

Stickstoff rezyklieren oder eliminieren – Ökobilanzvergleich von Urinseparation und Denitrifikation

Max Maurer, Peter Schwegler

Die separate Sammlung und Verwertung von Urin hat das Potenzial, die Abwasserbehandlung sehr viel effizienter zu gestalten. Ob die theoretischen Überlegungen auch einer genaueren Betrachtung standhalten, ist Motivation für eine Reihe von Forschungsanstrengungen. So wurde mit Hilfe einer Ökobilanz gezeigt, dass zur Stickstoffelimination die Urinseparation vorteilhafter ist als die gegenwärtig verwendete Technik in Kläranlagen.

Neben den Fäkalien ist Urin einer der konzentriertesten Stoffe, welcher im Haushalt über das Abwasser entsorgt wird. Dreiviertel des im Abwasser enthaltenen Stickstoffs stammen aus Urin, beim Phosphor ist es gut die Hälfte. Dazu kommen noch signifikante Mengen an Kohlenstoff, Kalium, Schwefel, aber kaum Schwermetalle. Wenn man bedenkt, dass das Abwasser in der Schweiz weniger als 0,5% Urin enthält, dann realisiert man, wie hoch konzentriert die Nährstoffe in diesem speziellen «Saft» vorliegen. Gesammelter Urin ist aus diesen Gründen auch ein ausgezeichnete Mehrkomponentendünger.

Gemäss dem Nordseeschutzabkommen muss die Schweiz 2000 Tonnen Stickstoff pro Jahr eliminieren. Wir wollten der Frage nachgehen, ob es aus ökologischer Sicht vorteilhaft ist, statt einer Denitrifikation in der Kläranlage den Stickstoff über die separate Sammlung des Urins zu erfassen. Als Vergleichsmethode verwendeten wir die Ökobilanzierung nach ISO 14 040 ff.

Die zwei Techniken im Detail:

- **Denitrifikation:** Basierend auf dem Ausbaustand der Kläranlagen im Jahre 1993, werden für die Elimination von 2000 Tonnen Stickstoff rund 142 000 m³ neue Beckenvolumen und 11 300 MWh pro Jahr mehr Elektrizität benötigt.
- **Urinseparation:** Dieses Szenario nimmt an, dass Urin in den einzelnen Haushalten in Tanks gesammelt wird.

Halbjährlich wird dieser dann per Tanklastwagen in eine Aufkonzentrationsanlage gebracht. Dort werden 90% des Wassers verdampft und das Konzentrat gelagert. Der konzentrierte Urin steht dann der Landwirtschaft als Dünger zur Verfügung. Dabei wurde angenommen, dass pro Einwohnerwert 356 l lokales Tankvolumen und 11,7 m Leitungen benötigt werden. Die Transportwege wurden mit 60 km für die Anlieferung zur Eindampfstation und mit 100 km für die Belieferung der Landwirtschaft angenommen.

Für den direkten Vergleich der beiden Szenarien wurden die Auswirkungen in Klassen zusammengefasst: Verbrauch von Energie (Primärenergie), Treibhauspotenzial, Ozonbildungspotenzial und Säurebildungspotenzial. Die folgenden Resultate sind dabei besonders interessant:

- Der Energieverbrauch für die Sammlung und Wiederverwertung des Stickstoffes über die Urinseparation ist trotz Eindampfung verglichen mit der Denitrifikation rund halb so gross (65 verglichen mit 153 MJ/kg N). Gründe sind die erhöhte Belüftungsleistung für die Umwandlung des Stickstoffes in der Kläranlage und die Gutschrift für die eingesparten Kunstdünger im Fall der Urinseparation.
- Beim Treibhauspotenzial schneidet die Urinseparation ebenfalls deutlich besser ab (4093 verglichen mit 7871 g CO₂-Äquivalente/kg N). Das Ozonbildungspotenzial ist dagegen leicht günstiger für die Stickstoffelimination in der Kläranlage (12 verglichen mit 15 g Ethen-Äquivalente/kg N).
- Weniger deutlich ist das Resultat beim Säurebildungspotenzial. Da die Umweltauswirkungen von Urin als Dünger bisher noch nicht detailliert untersucht wurden, musste hier auf die Einschätzung von Experten zurückgegriffen werden. Je nach Einschätzung und gewählter Ausbringungstechnik schneidet die Urinseparation bezüglich Säurebildungspotenzial deutlich schlechter (112 verglichen mit 39 g SO_x-Äquivalente/kg N) oder leicht besser (25 verglichen mit 39 g SO_x-Äquivalente/kg N) als die Kläranlagentechnik ab.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Urinseparation trotz all den zusätzlichen Tanks und Leitungen eine ökologisch günstige Alternative zur klassischen Stickstoffelimination auf der Kläranlage ist. Allerdings benötigt die umweltfreundliche Applikation von Urindünger in der Landwirtschaft noch einiges an Forschung.

Dank

Diese Diplomarbeit ist eine Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Umwelttechnik der Fachhochschule bei der Basel in Muttenz und dem Prozess Ingenieurwissenschaften der EAWAG. Besonderer Dank gilt Fredy Dinkel, carbotech ag, Basel, für die Mitbetreuung der Diplomarbeit.

Wissensproduktion in Ausgründungsprozessen – ein neuartiges Verhältnis zwischen Wissenschaft und Praxis?

Bernhard Truffer

Staatlich finanzierte Forschungsinstitute sind zunehmend gefordert, die Relevanz ihrer Arbeit für die Lösung drängender gesellschaftlicher Probleme sichtbar zu machen. Eine Expertise für das Deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung ging der Frage nach, inwiefern dieser zunehmende Legitimierungsdruck Art und Qualität der Wissensproduktion beeinflusst. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf Erfahrungen im Zusammenhang mit Ausgründungen aus ausseruniversitären Forschungsinstituten in Deutschland gelegt.

Wissenschaft sieht sich zunehmend einem gesellschaftlichen Rechtfertigungsdruck ausgesetzt. Forschungseinrichtungen nehmen die Ergebnisverwertung daher immer stärker in die eigene Hand. Neben der eigentlichen Forschungsarbeit wird zunehmend auch der Einbau des gewonnenen Wissens in die Praxiskontexte angegangen. Inwiefern führt dies zu einer grundlegenden Änderung des Selbstverständnisses und der Arbeitsweise bei den Forschungsinstituten und ihren Mitarbeitern?

Dieser Frage wurde im Rahmen einer explorativen Expertise nachgegangen, welche vom Deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung (bmb+f) in Auftrag gegeben worden war (Knie, Simon, Truffer, von Grote 2002). Es sollten Hypothesen formuliert und spezifiziert werden, die als Basis für die spätere Ausschreibung eines Forschungsprogrammes im Bereich Wissenschaftspolitik dienen sollten.

Empirisch wurde die Fragestellung anhand von «Ausgründungsprozessen» aus ausseruniversitären Forschungsinstituten in Deutschland untersucht. Unter Ausgründungen werden Unternehmensgründungen verstanden, deren Geschäftsidee in einem mittel- oder unmittelbaren Zusammenhang mit Forschungsergebnissen einer Forschungseinrichtung steht und an deren Entstehung Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen dieser Einrichtungen (voll- oder teilzeitlich) beteiligt sind. In Deutschland waren zwischen 1996 und 2000 etwa 2500 Ausgründungen (im engeren Sinne) pro Jahr aus universitären und ausseruniversitären Forschungsinstitutionen zu verzeichnen. Diese Zahl muss in Relation gesetzt werden zu etwa 30 000 akademischen Start-ups und circa 64 000 Unternehmensgründungen, die in den entsprechenden Branchen jährlich zu verzeichnen sind.

In der Studie wurden neben sekundäranalytischen Untersuchungen circa zwei Dutzend Interviews mit Verantwort-

lichen der ausseruniversitären deutschen Forschungseinrichtungen, mit Transferstellen, einzelnen Instituten und mit Ausgründern durchgeführt. Als wichtigste Resultate können die folgenden Aspekte festgehalten werden:

- Austauschprozesse zwischen Forschungsinstituten und ihren Ausgründungen lassen sich im Regelfall nicht als blosse lineare Transferprozesse beschreiben und begreifen. Das Verhältnis ist durch verschiedene Aspekte geprägt, die je nach Forschungsfeld und Kultur des Mutterinstitutes sehr unterschiedlich sein können.
- Ausgründungsprozesse lassen sich nach der Intensität ihrer Anbindung ans Mutterinstitut typisieren. Der Grad der Koppelung alleine sagt aber noch nichts über die Qualität dieses Verhältnisses hinsichtlich der Wissensproduktion aus, das heisst, weder eng gekoppelte noch stark entkoppelte Beziehungen sind *per se* wünschenswert und führen zu besseren Forschungsergebnissen oder zu effizienteren Implementationen.
- Ein umfassenderes Verständnis von Ausgründungsprozessen hat weit reichende Konsequenzen für deren Bewertung und Förderung durch die forschungspolitischen Akteure.

Es zeigt sich damit, dass das herkömmliche Verständnis dieser Prozesse zu kurz greift und dass eine zunehmende Hybridisierung der Wissensproduktion bei steigendem Rechtfertigungsdruck durchaus zu erwarten ist. Eine abschliessende Beurteilung dieser Entwicklungen in Bezug auf die Qualität der Wissensproduktion konnte in der vorliegenden Studie nicht vorgenommen werden. Die formulierten Hypothesen sollen nun im Rahmen des Forschungsprogramms Wissenschaftspolitik eingehender untersucht werden. Grundsätzlich sind diese Fragestellungen auch für die Schweiz und insbesondere für die Praxisorientierung der EAWAG von grosser Bedeutung.

Literatur

Knie A., Simon D., Truffer B., von Grote C. (2002): Wissenschaft als Cross-over-Projekt: Die Wandlung der Forschungseinrichtungen von Teilleieferanten zu Komplettanbietern. Eine Sondierungsstudie auf Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. BMBF, Bonn, Juni 2002, 40 S.

Ein Computerprogramm zur Analyse der Identifizierbarkeit von Modellparametern

Peter Reichert

Zur Beurteilung der Eindeutigkeit von Modellgrössen, die indirekt aus empirischen Daten bestimmt werden, wurde ein Computerprogramm entwickelt. Dieses erlaubt sowohl die Beurteilung der mit Hilfe von vorliegenden Messwerten erhaltenen Schätzwerte für die Modellgrös-

sen als auch die Analyse der für eine gegebene experimentelle Auslegung zu erwartenden Schätzwerte. Die zweite Art der Analyse kann bereits vor der Durchführung des Experiments zur Verbesserung der experimentellen Auslegung im Hinblick auf die Optimierung des zu erwartenden Informationsgewinns genutzt werden.

Bei der Datenanalyse mit mathematischen Modellen werden oft Modellgrössen verändert, bis die Modellresultate gut mit den gemessenen Daten übereinstimmen. Anschliessend werden Schlussfolgerungen über die erhaltenen Werte gezogen. Werden die Analysen mit detaillierten mechanistischen Modellen für das Verhalten des untersuchten Systems durchgeführt, so sind die so erhaltenen Modellgrössen oft nicht eindeutig und damit solche Schlussfolgerungen heikel.

Um die Analyse solcher Situationen zu verbessern, wurden Methoden zur Beurteilung der Eindeutigkeit von auf diese Art bestimmten Modellgrössen in ein Computerprogramm implementiert und zur allgemeinen Benutzung zur Verfügung gestellt (<http://www.ident.eawag.ch>). Diese Methoden und die dazu verwendeten Computerprogramme werden auch innerhalb des Fortbildungsprogramms PEAK der EAWAG und im Rahmen von Vorlesungen an der ETH Zürich vermittelt.

Neben der Beurteilung, welche Kombinationen von Modellgrössen aus einem vorliegenden Datensatz bestimmt werden können, ist die Verwendung dieser Methoden zur Experimentplanung besonders interessant. Dabei werden die für verschiedene Auslegungen des Experiments oder verschiedene Messstrategien (räumliche und zeitliche Auflösung der Messungen, gemessene Grössen etc.) bestimmbar Modellgrössen beurteilt und diese Information wird zur Optimierung der Messauslegung verwendet. Diese prospektive Anwendung gilt nur unter dem Vorbehalt, dass das verwendete Modell das untersuchte System bereits relativ gut abbildet. Die Beurteilung muss deshalb bei Vorliegen der Messdaten revidiert werden.

Die Verwendung solcher systemanalytischer Werkzeuge kann die Qualität der Datenanalyse verbessern und sie kann dazu beitragen, die Effizienz des Informationsgewinns aus Experimenten oder Messkampagnen zu steigern.

Organigramm

Direktion



Alexander J.B. Zehnder **Direktor**
 Ueli Bundi **Stv. Direktor**
 Willi Gujer
 Roland Schertenleib
 René Schwarzenbach

Stab



Peter Häni **Leitung**
 Yvonne Uhlig **Public Relations**
 Herbert Güttinger **Weiterbildung, Umweltmanagement**
 Isabel Wiedmer **Wissens-transfer**

IGW



René Schwarzenbach
Institut für Gewässerschutz und Wassertechnologie

Prozesse



Urs von Gunten **W+T**
 Bernhard Wehri **SURF**
 Marc Suter **AQU**
 Rik Eggen **MIX**
 Mark Gessner (ad interim) **LIM**
 Hansruedi Siegrist **ING**
 Peter Reichert **SIAM**



Alfred Wüest **APEC**
 Markus Boller **SWW**
 Roland Schertenleib **SANDEC**
 Stephan Müller **W+L**
 Walter Giger **CHEMPRO**
 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/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
- 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: 1. Januar 2003

Beratende Kommission 2002



Ursula Mauch

Mauch Consulting, Oberlunkhofen
(Präsidentin)



Dr. Mathias Hohl

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



Dr. André Bachmann

Direktor BMG Engineering AG, Schlieren



Dipl. Ing. Bernhard Jost

Amt für Gewässerschutz und Wasserbau
des Kantons Zürich, Zürich



Dr. Ursula Brunner

Anwaltskanzlei Aeppli, Ettler & Partner, Zürich
(seit 1. Januar 2002)



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

Umweltschutz an der EAWAG

Herbert Güttinger in Zusammenarbeit mit dem Umwelt-Team*

Die EAWAG kann ihre ehrgeizigen Ziele zur Senkung des Konsums an Wärme und Strom aus nicht erneuerbaren Quellen tatsächlich erfüllen. Voraussetzung dazu ist allerdings die Realisierung des geplanten nachhaltigen Neubaus und die Beschaffung oder Produktion von Ökostrom. Beim Sorgenkind Verkehr konnte dank eines erhöhten Beitrags der EAWAG zu den Kosten der Generalabonnements bereits eine Zunahme der GA-Bezüger registriert werden. Zur Kompensation des CO₂-Ausstosses wurde bei den Flugreisen die Erhebung einer Abgabe vorbereitet. Das Jahr 2002 stand ansonsten ganz im Zeichen der Einführung von RUMBA, dem Ressourcen- und Umweltmanagementsystem der Bundesverwaltung.

Ein nachhaltiger Neubau für die EAWAG

Im Sommer erarbeiteten sechs Architekten-Teams Studien für einen Neubau, der neben einer gemeinsamen EAWAG/EMPA-Bibliothek, einem neuen Personalrestaurant und Schulungsräumen auch einen Ersatz für die Mietliegenschaft Chriesbach beinhaltet. Der Neubau soll Pioniercharakter bezüglich Wasser und Energie aufweisen und die Rolle der EAWAG als Wasserinstitut sichtbar machen. Das Pflichtenheft wurde unter Beteiligung von Mitgliedern des Umwelt-Teams und mit Unterstützung des EMPA-Zentrums für Energie und Nachhaltigkeit im Bau (ZEN) erarbeitet. Wichtige Forderungen waren die Erfüllung des Minergie-Plus-Standards, der Einbau von NoMix-Toiletten, die Regenwassernutzung, die Verwen-



Abbildung 2: Ein Elektro-Scooter für kurze Reisen.
(Foto: Andreas Peter)

dung umweltverträglicher Materialien, die Einplanung einer Photovoltaikanlage und nicht zuletzt eine naturnahe und menschenfreundliche Umgebungsgestaltung. Werden diese Forderungen erfüllt, so ist damit ein wesentlicher Schritt zur Erreichung der Energieziele von 1994 getan (Abbildung 1), zumindest beim Wärme- und Strombedarf. Der Verbrauch fossiler Treibstoffe beim Verkehr hingegen ist nur durch Verzicht und durch Umsteigen auf elektrisch betriebene oder verbrauchsärmere Fahrzeuge reduzierbar. Die EAWAG hat daher die SBB-Generalabonnements verbilligt, einen Elektroscooter (Abbildung 2) und zusätzliche Leih-Fahrräder beschafft und finanziert geschlossene Velounterstände an den umliegenden Bahnhöfen. Die Erhebung einer CO₂-Emissions-kompensierenden Abgabe auf Flugreisen wurde vorbereitet

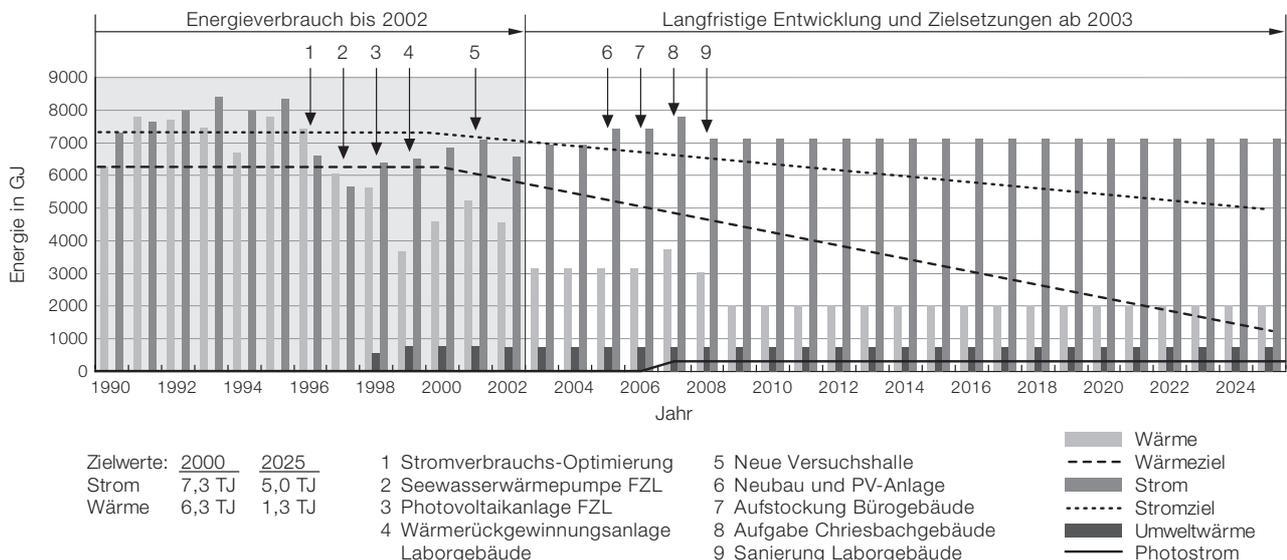


Abbildung 1: Der Energieverbrauch der EAWAG von 1990 bis 2025.

EAWAG-Umweltpolitik

Grundsatz

Die EAWAG strebt eine weltweit anerkannte wissenschaftliche Führungsrolle bei der Förderung des nachhaltigen Umgangs mit Wasser an. Sie erbringt ihre Leistungen ressourcen- und umweltschonend und orientiert sich dabei an den höchsten Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung (Sustainable Development).

Zweck

Diese Umweltpolitik bildet den Rahmen für die Festlegung umweltbezogener Zielsetzungen und ist integrierender Bestandteil der Geschäftspolitik. Sie dient einer permanenten Optimierung der Umweltleistung.

Umsetzung

- Die Geschäftsleitung der EAWAG ist für die aktive Umsetzung dieser Umweltpolitik verantwortlich.
- Jede Mitarbeiterin und jeder Mitarbeiter verhält sich umweltgerecht.
- Wir kennen die massgeblichen Umweltvorschriften und halten sie ein.
- Von unseren Partnern erwarten wir einen aktiven Ressourcen- und Umweltschutz.
- Wir dokumentieren unsere Umweltleistungen und Erkenntnisse und informieren regelmässig darüber.

Von der Geschäftsleitung verabschiedet am
28. Januar 2003

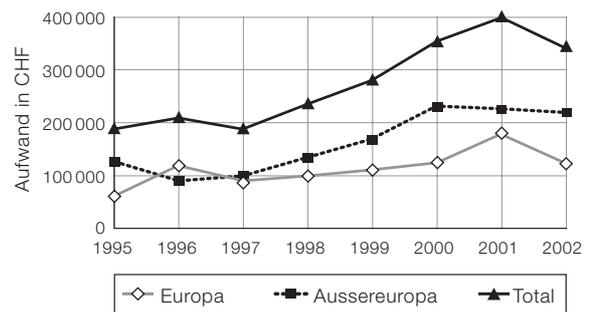


Abbildung 3: Entwicklung des Aufwands für Flugreisen.

Umweltschutz zu erreichen. Im Auftrag der Geschäftsleitung hat das Umwelt-Team mit Unterstützung von Thomas Schindler (Praktikant von der Fachhochschule Schmalkalden, Deutschland) die Einführung von RUMBA an der EAWAG vorbereitet (Abbildung 4). Eine grobe Relevanzanalyse der wichtigsten Bereiche und Tätigkeiten hat gezeigt, dass neben der Energie, dem Wasser, Geräten, Verkehr und Materialien auch der Umgang mit den Arealen umweltrelevant ist. Das EAWAG-Gelände ist mit Bauten und befestigten Plätzen übersät und hat (noch) wenig Grün- und Erholungsfläche. RUMBA fordert neben dem betrieblichen Umweltschutz auch die Berücksichtigung von direkten und indirekten Umweltwirkungen von Produkten und Dienstleistungen der EAWAG, d.h. von Forschung, Lehre und Beratung. Dafür sind jedoch noch kaum Instrumente verfügbar und die Relevanzanalyse in diesen Bereichen ist entsprechend rudimentär.

(Abbildung 3). Noch zeichnen sich aber keine Patentlösungen für eine nachhaltige Mobilität ab; neue Ansätze (Videokonferenzen, dezentrales Arbeiten etc.) sind gefragt.

Stand der RUMBA-Einführung an der EAWAG

Das Ressourcen- und Umweltmanagementsystem der Bundesverwaltung RUMBA bezweckt, durch eine Systematisierung der Anstrengungen mit effizienten Managementstrukturen eine kontinuierliche Verbesserung im

Für die relevanten Umweltbelastungen hat das Umwelt-Team Vorschläge für Ziele und Massnahmen zur Verbesserung erarbeitet, die in den nächsten Monaten konkretisiert und umgesetzt werden sollen. Dazu gehören z.B. die Realisierung der erwähnten CO₂-Abgabe, die Umgebungsgestaltung, die Senkung des Verbrauchs an weissem Papier, die Einführung von mehr vegetarischen Nahrungsmitteln und Bioprodukten in der Cafeteria.

Der externe Auftrag zur Einführung der Energie- und Stoffflussanalyse konnte mit der Inbetriebnahme der

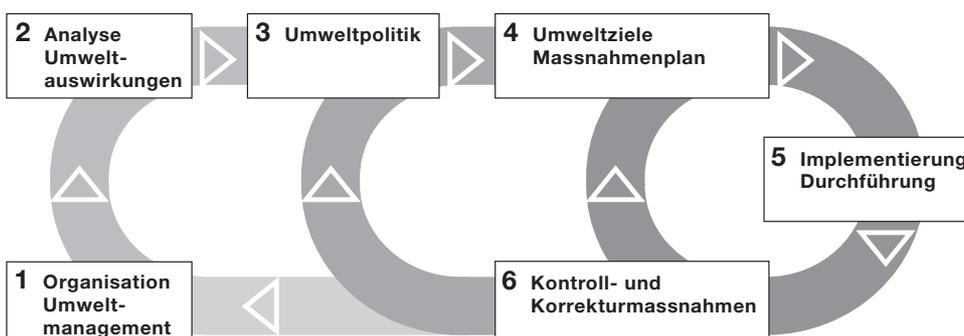


Abbildung 4: Das Ressourcen- und Umweltmanagementsystem der Bundesverwaltung RUMBA.

Kennzahlen-Datenbank abgeschlossen werden. Damit und mit SIMBOX verfügt die EAWAG nun über geeignete Hilfsmittel für die Erhebung und Auswertung der Umwelt-Kennzahlen. Die sechs Bausteine von RUMBA liegen damit vor. Ihre Funktionalität soll durch ein Audit 2003 bestätigt werden.

Was hat das Umwelt-Team sonst noch gemacht?

Das Umwelt-Team hat seine Homepage neu und attraktiver gestaltet, es hat die EAWAG-(Umwelt-)Exkursion zur NEAT-Baustelle in Sedrun organisiert, einen Probebetrieb mit Bio-Joghurts in der Cafeteria durchgeführt und die Photovoltaikanlage am Forschungszentrum für Limnologie in Kastanienbaum an Überwachungsgeräte angeschlossen, ein Chemikalien-Beschaffungs-Konzept entwickelt und eine Vielzahl von kleinen und grösseren Anfragen beantwortet.

* Die Mitglieder des Umwelt-Teams sind:

Martin Elsner, Kai-Uwe Goss, Herbert Güttinger, Claude Jaques, Yvonne Lehnhard, Thomas Lichtensteiger, Max Mauz, Bouziane Outiti, Christiane Rapin, Christine Roth, Torsten Schmidt, Michael Schurter, Nina Schweigert, Michele Steiner, Alexander Zehnder.

Zusammenarbeit EAWAG– Technische Universität Prag (2001–2002)

Vladimir Krejci

Mit der dritten Etappe des Zusammenarbeitsprojektes zwischen der EAWAG und der Technischen Universität Prag (2001–2002) wurde dieses 1995 begonnene Projekt abgeschlossen. Das im Rahmen dieses Projektes an der Technischen Universität Prag gegründete Institut LERMO (Laboratorium für ökologische Risiken der Siedlungsentwässerung) ist soweit konsolidiert, dass eine direkte Unterstützung durch die EAWAG nicht mehr nötig ist.

Das «Laboratorium für ökologische Risiken der Siedlungsentwässerung» (LERMO) an der Technischen Universität Prag (CVUT) ist auf den 1. Januar 1998 aufgrund eines Programms der tschechischen Regierung zur Unterstützung der Forschung und des akademischen Nachwuchses an den Hochschulen in der Tschechischen

Republik gegründet worden. Im Rahmen dieses Programms wurde die materielle Unterstützung für die Dauer von vier Jahren zugesichert. In dieser Zeit sollte die neu gegründete Institution ihre Lebensfähigkeit beweisen.

Die Gründung des LERMO wurde massgebend durch die Zusammenarbeit zwischen EAWAG und CVUT in den Jahren 1995–1997 beeinflusst. Nach der Gründung des LERMO wurde diese Zusammenarbeit zunächst bis 2000 und anschliessend nochmals um zwei Jahre bis 2002 verlängert. Dabei standen folgende Aufgaben im Vordergrund:

- Unterstützung des LERMO auf dem Gebiete der Siedlungswasserwirtschaft bei der Einführung in die internationale wissenschaftliche Gemeinschaft und bei der Vergrösserung der fachlichen Kompetenz in der Siedlungsentwässerung auf dem nationalen Niveau;
- Unterstützung des LERMO beim Ausbau der Unterrichtsaktivitäten an der Fakultät für Bauingenieurwesen der CVUT, insbesondere auf dem Gebiete der Integrierten Siedlungsentwässerung im Rahmen des Studienprogramms für das «Wasserwirtschafts-» und Umweltingenieurwesen.

Die wichtigsten Resultate der Zusammenarbeit in der Periode 2001–2002:

- Die EAWAG hat das Institut LERMO vor allem bei der Durchführung von zwei Wahlfach-Vorlesungen («Wasserwirtschaftliche Systeme urbaner Gebiete» und «Monitoring und Modellierung in der Siedlungsentwässerung») im Umfang von 58 Lektionen im Winter- und Sommersemester unterstützt. Die Mehrheit der Vorlesungsunterlagen wurden im Jahre 2002 als Grundlage für ein neues Lehrmittel/Fachbuch verarbeitet, das im Frühling 2003 herausgegeben wird [1]. In dieser Periode wurde auch ein Doktorand betreut, dessen Dissertation kurz vor dem Abschluss steht.
- Das 5th EU Frame Programme «Assessing Infiltration and Exfiltration on the Performance of Urban Sewer System», an dem die EAWAG und das LERMO beteiligt sind, ist ebenfalls aus dieser Zusammenarbeit entstanden. In diesem Rahmen sind je zwei Dissertationen an der EAWAG und am LERMO vorgesehen; zudem wurde auch ein Praktikant der CVUT für ein Jahr an der EAWAG angestellt (2002–2003).
- Im Jahre 1998 wurde mit der Stadt Prag die Unterstützung der EAWAG bei der Bearbeitung der Generellen Entwässerungsplanung (GEP) vereinbart. Die GEP-Bearbeitung in Prag erfolgt nach dem Konzept der VSA-GEP-Richtlinie. Ab 2001 wurden diese Beratungen zum Teil durch die «Prager Wasserwirtschaftliche Gesellschaft» bezahlt.

Nach fünf Jahren der Aktivitäten ist das LERMO sowohl bei der CVUT als auch bei nationalen Verbänden und

Umweltbehörden etabliert. LERMO beteiligt sich an verschiedenen Veranstaltungen (analog zu VSA-Veranstaltungen) und es werden auch Beratungsaufträge an LERMO vergeben. Das EU-Projekt bietet dem LERMO auch eine sehr gute Möglichkeit zur Profilierung im internationalen Rahmen.

Literatur

- [1] Krejci V. et al. (2003): Odvodnění urbanizovaných povodí – Koncepční přístup (Entwässerung der urbanisierten Gebiete – Konzeptuelle Grundlagen), Verlag NOEL Brunn, 550 Seiten.

Lust auf Russland oder Biogeochemie am Polarkreis

Maria Dittrich

Im Sommer 2002 veranstaltete die EAWAG zusammen mit dem Lehrstuhl für Mikrobiologie der Universität Moskau einen zweiwöchigen Praktikumsaufenthalt in Russland für Studentinnen und Studenten der Umweltwissenschaften an der ETH Zürich. Für die sechs TeilnehmerInnen stand neben dem Besuch von Forschungseinrichtungen der Moskauer Universität auch ein fünftägiger Aufenthalt in der biologischen Station am Weissen Meer auf dem Programm.

Zum ersten Mal sollte ein Praktikum für Studenten der Umweltwissenschaften in Russland stattfinden – bei dem ich als Reiseleiterin wirken sollte. Schon bei der Gestaltung des Flyers kamen mir die ersten Zweifel: Hatte man hier schon mal vom Weissen Meer gehört (Abbildung)? Falls nicht, wäre es wohl doch besser «Polarkreis» zu schreiben. Das tat ich und fügte zur Sicherheit auch noch «im Norden Russlands» hinzu. Aber wird jemand, statt im Sommer am Strand zu liegen, von Zürich aus zweitausend Kilometer Richtung Nordnordosten reisen wollen? Die Antwort auf diese Frage gaben schliesslich sechs mutige StudentInnen, die, wie sich später herausstellte, allen Herausforderungen dieser Unternehmung gewachsen waren.

Bevor das Praktikum starten konnte, gab es einiges zu organisieren, Visa, Unterkunft und Programm in Moskau, aber auch die Bahnreise von Moskau zum Weissen Meer. Das Abstimmen mit der Moskauer Universität erwies sich als unkompliziert. Von Vorteil war, dass das Praktikum

gleichzeitig auch für BiologiestudentInnen der Moskauer Universität veranstaltet wurde. Ziel des Praktikums war es, die ökologischen Besonderheiten des Weissen Meeres kennenzulernen und auch mikrobiologische Untersuchungen durchzuführen.

Am 5. August begann die Reise mit dem Flug von Zürich nach Moskau. Die StudentInnen der ETH waren im Wohnheim der Moskauer Universität untergebracht. Dort angekommen, dienten die ersten Tage und Nächte der Erkundung der Universität Moskau und natürlich der Stadt selbst. In verschiedenen Führungen durch die Labors des Instituts für Mikrobiologie konnten wir Einblicke in aktuelle Forschungsarbeiten der Russischen Akademie der Wissenschaften gewinnen. Zwei Tage später fuhren wir mit dem Zug weiter in Richtung Norden via Petrozavodsk nach Pojakonda. Die Zugfahrt dauerte zwei Nächte und einen Tag. Die Reise war sehr spannend und führte durch riesige Wälder und an einsamen Seen vorbei. An fast allen grösseren Stationen kamen Anwohner zum Zug, um Lebensmittel wie geräucherten Fisch, mit Blaubeeren gefüllte Teigwaren und Fleisch oder Kartoffeln aus eigenem Anbau zu verkaufen.

Die meeresbiologische Station der Moskauer Universität liegt auf 66° 34' nördlicher Breite, in nächster Nähe des Polarkreises. Für die ETH-StudentInnen standen mikrobiologische Untersuchungen von phototrophen purpurnen und grünen Schwefelbakterien sowie von Cyanobakterien auf dem Programm. Ein weiterer Programmpunkt war die Bestimmung des Methanfluxes in einer Flussmündung nahe der Forschungsstation. Darüber hinaus



Abbildung: Lage des Weissen Meeres und der Forschungsstation bei Pojakonda (Stern).

führten wir Litoral- und Meereselexkursionen inklusive Probenahmen aus unterschiedlichen Wassertiefen durch. Mit dem Schiff erkundeten wir auch die der Küste vorgelagerten Inseln, wobei uns Professoren der Universität Moskau begleiteten, um über die spezifischen ökologischen Bedingungen vor Ort zu informieren. Die Vegetation, von höheren Pflanzen bis hin zu Moosen und Algen, muss nördlich des Polarkreises mit extremen klimatischen Bedingungen zurechtkommen. Im Litoral gibt es ausserdem Zonen, in denen die Organismen infolge des Tidenhubs und zahlreicher Quellen sowohl mit Süss- als auch mit Salzwasser in Berührung kommen.

Neben dem Praktikum blieb aber auch Freizeit. Manch einer von uns fischte dann Seesterne aus dem Wasser oder beobachtete Medusen. Dank der Mitternachtssonne wurde es nachts kaum dunkel und so hatte man auch abends noch Zeit für die Erkundung der Umgebung.

Nach fünf Tagen neigte sich unser Aufenthalt leider dem Ende zu. Wir fuhren zurück nach Moskau, während das Praktikum der russischen Studierenden noch eine Woche länger dauerte.

Die letzten zwei Tage der Reise waren wiederum Moskau gewidmet, insbesondere den kulturellen Aspekten dieser Stadt. Auch wenn es Monate dauern würde, die 10-Millionen-Metropole wirklich kennenzulernen, konnten wir in der kurzen Zeit viele interessante Einblicke gewinnen: Wir besuchten Museen, den Kreml und das grosse Kloster von Zagorsk.

Die Reise zum Weissen Meer, die Tage in Moskau und der Aufenthalt in der biologischen Station waren sicher für alle ein unvergessliches Erlebnis, was Natur, Leute und Leben in Russland betrifft. Aufgrund meiner persönlichen Erfahrung empfehle ich, das Praktikum zukünftig in ähnlicher Form anzubieten und auch zu verlängern, um mehr Zeit für den Aufenthalt in der Forschungsstation am Weissen Meer zu haben.

Aus dem Personal

Rudolf Koblet unter Mitarbeit von Ursula Mohlberg Büchel, Max Reutlinger, Erika Vieli, Margrit Weber, Bernhard Wehrli

Im Laufe des Jahres 2001 wurden die folgenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter pensioniert:

Ursula Mohlberg Büchel trat im Herbst 1970 in die EAWAG ein und wirkte fortan als Sekretärin für verschiedene Auftraggeber. Dies führte zu lustigen Begebenheiten, weil jede Person die eigene Schreibearbeit für die wichtigste hielt und dies mit den entsprechenden Argumenten unterstrich. Später betreute sie den Empfang, wo sie neben dem Schalterdienst (bis Ende 1997) weiterhin diverse Schreibarbeiten erledigte; vor allem der Geologe, Paul Nänny, war ein guter Kunde von ihr. Auch Prof. Werner Stumm holte sie in der ersten Zeit seines Daseins als neuer Direktor für die Bearbeitung seiner Nationalfonds-Projekte ins Diktat, wenn seine Sekretärin überlastet war. Nach der Reorganisation des Empfangs Anfang 1998 übernahm sie administrative Aufgaben im Rahmen des Personaldienstes und des Technischen Dienstes. Nach 45 Berufsjahren bei einem Beschäftigungsgrad von 100% freut sich nun Ursula Mohlberg Büchel darauf, Dinge tun zu können, für die sie früher keine Zeit hatte. Bereits geplant sind Reisen in die Toscana und nach China. China möchte sie schon lange besuchen, und sie freut sich nun darauf, dass es Wirklichkeit wird.

Per Ende September 2002 ist auch Prof. *James Vernon Ward* in Pension gegangen. Eine Würdigung seines Wirkens an der EAWAG finden Sie ab Seite 3.

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.

Am 6. Januar 2003 ist Frau *Elisabeth Kriemler* gestorben. Sie nahm am 1. April 1986 ihre Tätigkeit in der Cafeteria auf. Rasch gewöhnte sie sich ein und führte das Personal schon bald auf ihre Weise. Ilse, wie sie genannt wurde, liebte geregelte Abläufe und ging äusserst flink an die Arbeit. Ihr Engagement für unsere Cafeteria war gross. Sie war stolz darauf, dass sie nach entsprechender Ausbildung die Prüfung für das kantonale Wirtpatent bestand. 1988 brannte unsere Cafeteria ab, für ein Jahr bezog man das «Panoramastübli» im H-Stock des Laborgebäudes. Mit viel Elan und Flexibilität nahm

Ilse auch diese Hürde. Die EAWAG wuchs in dieser Zeit und das Bedürfnis nach Verpflegung nahm zu. Auch mit dem Bezug des Chriesbach-Gebäudes wuchs der Arbeitsumfang, wurde doch dort eine Kaffeemaschine aufgestellt und ein zunehmend grösseres Angebot brachte Mehrarbeit mit sich. Neben der Arbeit freute sie sich besonders über ihre Familie, die ihr alles bedeutete. Sie erzählte viel von ihren Enkeln und freute sich an jedem Entwicklungsschritt, den diese taten. Einen grossen Teil ihrer Freizeit verbrachte sie in ihrem Wohnwagen in Hüttenberg, wo sie am liebsten mit Freunden jastete. Die Ferien aber verbrachte sie gerne in ihrer alten Heimat, dem Burgenland, wo sie ihre Verwandten besuchte. Im September 2002 erkrankte sie während einer solchen Ferienreise und musste vorzeitig zurückkehren. Die Diagnose des Arztes war beunruhigend, sie litt an einer unheilbaren Krankheit. Ihre Kräfte verliessen sie unheimlich rasch. Am 6. Januar 2003 durfte sie einschlafen. Wir werden Ilse Kriemler nie vergessen.

Der Otto-Jaag-Gewässerschutz-Preis 2002 ging an Dr. *Marco C.M. Jaspers* aus den Niederlanden für seine ausgezeichnete Dissertation «Using Reporter Bacteria to Study the Bioavailability of Pollutants in Aqueous Environments». Die Arbeit wurde von Dr. Jan-Roelof van der Meer betreut.

Christian Jakob erhielt für seine an der EAWAG ausgeführte Diplomarbeit der ETHZ «The Effects of Artificial Floods on the Ecology of a Regulated River. The River Spöl, Swiss National Park» den «Prix Jeunes Chercheurs 2002» der Schweiz. Akademie der Naturwissenschaften (SANW).

Im Berichtsjahr wirkten folgende Gastwissenschaftlerinnen und Gastwissenschaftler an der EAWAG:

- *Bagó Bàrbara*, Universidad Ramon Llull, Barcelona, Spanien (1. März–31. August 2002, im Prozess CHEMPRO)
- *Bäuerle Erich*, Universität Konstanz, Konstanz, Deutschland (Januar 2002, im Prozess APEC)
- *Chen Jining*, Prof. Dr., Head of the Department of Environmental Sciences and Engineering, Tsinghua University, Beijing, China (8.–10. Dezember 2002, im Prozess SIAM)
- *Franco Pierre*, PhD, Department of Geosciences, University of Massachusetts, Amherst, USA (Mai–Juni 2002, im Prozess SURF)
- *Grimberg Stefan J.*, Associate Professor, Clarkson University, Potsdam, NY 13699-5710, (August 2002–Juli 2003, auf Einladung der Direktion im Prozess MIX)
- *Ingendahl Detlef*, Dr., Philipps-Universität, Marburg, Deutschland (18.–29. November 2002, im Prozess SIAM)
- *Jia Shaofeng*, Dr., Associate Professor, Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China (21.–28. November 2002, im Prozess SIAM)
- *Little John*, Virginia Tech, Bladesburg, USA (9. Juli–20. August 2002, im Prozess APEC)
- *Mariña Benito*, Prof., University of Illinois, Champaign, USA (November–Dezember 2002, im Prozess W+T)
- *McGinnis Dan*, Virginia Tech, Bladesburg, USA (Januar–Dezember 2002, im Prozess APEC)
- *Morris Jeff*, University of Wyoming, Laramie, USA (November–Dezember 2002, im Prozess SURF)
- *Mousavi Sayed-Farhad*, Prof. Dr., Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran (5.–17. August 2002, im Prozess SIAM)
- *Nozhevnikov Alla*, Prof. Dr., Institute of Microbiology, Russian Academy of Science, Moscow (Juli–Dezember 2002, im Prozess SURF)
- *Odzak Niksa*, Institute of Oceanography and Fisheries, Split, Croatia (mehrmals im Jahr 2002, im Prozess AQU)
- *Ohlendor Christian*, Dr., GEOPOLAR (Geomorphologie und Polarforschung), Universität Bremen, (Mai–Juli 2002, im Prozess SURF)
- *Rutherford Kit*, Dr., National Institute of Water and Atmospheric Research, Hamilton, Neuseeland (12. August–6. September 2002, im Prozess SIAM)
- *Schmid Tina-Simone*, University of Linköping, Sweden (22. Oktober 2001–15. Juli 2002, im Prozess S+E)
- *Wantzen Matthias*, Dr., Max-Planck-Institut für Limnologie, Abt. Tropenökologie, Plön, Deutschland (1. Februar–30. Juni 2002, im Prozess Limnologie)
- *Zhang Lubiao*, Prof., Institute of Agricultural Economics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China (23.–27. April 2002, im Prozess SIAM)

Ressourcen

Peter Häni, Ueli Joss, Verena Cajochen, Max Mauz, Ueli Bundi

Personal

Es wurden total 289,58 Personenjahre finanziert (2001 = 274,42). Die Zahl der aus Budgetmitteln finanzierten Stellen erhöhte sich von 217,38 in 2001 auf 220,27 in 2002, was einer Zunahme von 1,3% entspricht. Hinter dieser bescheidenen Veränderung der Totalzahl verbirgt sich eine stetige Reallokation von Stellen aus Abbaubereichen in Bereiche, die gezielt gefördert und ausgebaut werden. Aus Drittmitteln sind 2002 79,51 Personenjahre finanziert worden.

Auf Beginn des Jahres 2002 wurden im Gefolge des neuen Bundespersonalgesetzes eine ganze Reihe von internen Weisungen und Verordnungen den geänderten Rahmenbedingungen angepasst (Arbeitszeit/Ferien, Prämien und Belohnungen, Ombudspersonen etc.), die praktische Umsetzung konnte erfolgreich abgewickelt werden. Im Laufe des Jahres konnte die überarbeitete Weisung zur Aus- und Weiterbildung in Kraft gesetzt werden, mit der der Anspruch der EAWAG als «Learning organization» und die zunehmende Bedeutung der Personalentwicklung unterstrichen wird. So ist eine ganze Reihe von Weiterbildungsveranstaltungen für die EAWAG-Angehörigen angeboten worden. Dazu gehören insbesondere auch Sprachkurse (Englisch, Französisch, Deutsch), Führungskurse, Schreibkurse etc. Die Mehrheit dieser Angebote wird gemeinsam mit der WSL und der EMPA organisiert. Spitzenreiter bei der Nachfrage ist der Kurs «Writing English for Science».

Auf den 1. August 2002 konnte die neue Doktoratsverordnung in Kraft gesetzt werden, die eine Vereinheitlichung der Anstellungsbedingungen der Doktorierenden und klare Regelungen für die Finanzierung bringt. Die Anstellung der Doktorierenden erfolgt zu einem in Anlehnung an die Vorgaben des Nationalfonds festgelegten einheitlichen Lohn für die ganze Anstellungsdauer von maximal vier Jahren. Die Anstellungen werden neu als volle Anstellungen gezählt, zu den Pflichten gehören neben der Forschungsarbeit für die Dissertation auch Unterstützungsaufgaben im Bereich der Lehre oder für Dienstleistungen.

Wie bereits in den früheren Jahren sind die Forscherinnen und Forscher der EAWAG begehrt für leitende Aufgaben an Hochschulen und an anderen Forschungs-

institutionen. So erhielten in 2002 nicht weniger als sechs EAWAG-Angehörige einen Ruf auf eine Professur an Hochschulen im Ausland. Zudem wurden die wissenschaftlichen Leistungen von vier EAWAG-Angehörigen mit der Verleihung des Professorentitels gewürdigt, davon drei von der ETH Zürich.

Im Berichtsjahr ist an der EAWAG eine Gender-Analyse durchgeführt worden, die Defizite im Bereich der Lohntransparenz, der Möglichkeiten für Teilzeitarbeit, der Wertschätzung der unterstützenden Funktionen und der Kenntnisse bezüglich Karrieremöglichkeiten zutage gefördert hat. Im Rahmen eines Workshops sind die kritischen Punkte sowie Lösungsmöglichkeiten diskutiert worden. Als Fazit der Veranstaltung ist ein 8-Punkte-Programm zur Verbesserung der Gleichstellung an der EAWAG erarbeitet worden. Das Programm sieht einerseits Massnahmen zur Verbesserung der Informationen zu Lohngestaltung und -entwicklung, zu Anstellungsbedingungen und Beförderungsmöglichkeiten vor. Andererseits wird ein Weiterbildungsangebot geschaffen, um die Kommunikationsfähigkeiten und die Führungskompetenzen zu fördern. Dieses Angebot richtet sich an Frauen und an Männer.

Bauten und Räume

2002 wurden die Vorgaben für die bauliche Entwicklung der EAWAG am Standort Dübendorf weiter konkretisiert. Gemeinsam mit der EMPA wurde eine Arealstrategie formuliert, die unter Berücksichtigung der absehbaren Veränderungen im Umfeld die durch die beiden Institutionen zu nutzenden Flächen definiert. Im Rahmen des Konzepts «EAWAG-Bauten 2010» ist für einen Neubau ein Studienwettbewerb mit 6 Teilnehmenden durchgeführt worden. Aus den eingegangenen Projekten wurden im Herbst zwei zur weiteren Bearbeitung ausgewählt. Die Jury hat am 21. Januar 2003 entschieden, welches Projekt zur Ausführung gelangen soll. Mit der Realisierung des Neubaus sollen nicht nur die räumlichen und betrieblichen Bedürfnisse besser abgedeckt werden, der Bau soll auch die Bedeutung und Funktion der EAWAG als nachhaltiges wissenschaftliches Wasserinstitut sichtbar machen. Der Neubau soll bezüglich nachhaltiger Nutzung der Ressourcen vorbildlich sein. Neben dem Energiehaushalt (Betrieb, graue Energie) und den verwendeten Materialien findet der Umgang mit Wasser besondere Beachtung. Zu diesem Zweck sollen die neuesten Wasserentsorgungs- und Aufbereitungstechnologien, an denen an der EAWAG geforscht wird, zur Anwendung kommen. Dazu gehören sowohl Urin-Separations-Toiletten als auch die Membrantechnologie. Der energetisch optimierte Bau ist ein notwendiger Schritt zur Erreichung des 1994 gesetzten Energieziels –

Reduktion des Anteils der nicht erneuerbaren Energien auf 20% des Standes von 1990 bis ins Jahr 2025.

Finanzen

Die Bilanzsumme stieg von 18,98 Mio. Fr. in 2001 auf 27,55 Mio. Fr. wegen Rückstellungen für die geplanten Neubauten von 8,23 Mio. Fr. und höheren Drittmittel-Beständen (2001 = 8,90 Mio. Fr., 2002 = 9,41 Mio. Fr.).

Der Gesamtertrag erhöhte sich gegenüber dem Vorjahr um 8,19 Mio. Fr. auf Grund des um 3,64 Mio. Franken erhöhten Finanzierungsbeitrags und der Kreditabtretungen aus den Reserven des ETH-Rats und unserer Schwesteranstalten für das Innovations- und Kooperationsprojekt Soziökonomie. Die Kreditabtretungen für das finanziell in der EAWAG betreute Projekt «Strategie Nachhaltigkeit, NOVATLANTIS» und diverse CRICEPF-Projekte sowie RUMBA im ETH-Bereich (s. Beitrag Güttinger et al., S. 77) (Total 2,94 Mio.Fr.) trugen ausserdem

BILANZ Institution: EAWAG	Bilanz 2001	Bilanz 2002
Flüssige Mittel und Wertschriften	77 431	306 701
Forderungen	889 097	826 183
Finanzmittel und Drittmittel	9 535 760	9 857 356
Vorräte	0	0
Rechnungsabgrenzung	3 655 306	11 562 380
Total Umlaufvermögen	14 157 594	22 552 620
Sachanlagen (Investitionsgüter)	2 236 482	3 516 948
Finanzanlagen (Darlehen netto)	0	0
Finanzanlagen (Beteiligungen netto)	0	0
Übrige Aktivierte Aufwendungen	2 582 603	1 475 865
Vorschüsse aus Spezialfinanzierungen	0	0
Total Anlagevermögen	4 819 085	4 992 813
AKTIVEN	18 976 679	27 545 433
Laufende Finanzverbindlichkeiten	1 062 304	619 570
Verbindlichkeiten gegenüber staatlichen Stellen	153 988	42 681
Verpflichtungen für Sonderrechnungen	0	0
Rechnungsabgrenzung	40 000	765 244
Total Fremdkapital kurzfristig	1 256 292	1 427 495
Finanzverbindlichkeiten	0	0
Sonstige Verbindlichkeiten	0	0
Rückstellungen	7 283 903	14 796 245
Total Fremdkapital langfristig	7 283 903	14 796 245
Total Fremdkapital	8 540 195	16 223 740
Forschungsförderung	1 661 755	1 613 555
Ressortforschung	1 358 900	1 562 681
Wirtschaftsorientierte Forschung	4 856 450	5 535 654
Europäische Forschungsprogramme	830 802	492 621
Total zweckgebundenes Fondskapital	8 707 907	9 204 511
Ertragsüberschuss	0	563 613
Reserven	827 853	652 845
Kapital	900 724	900 724
Total Eigenkapital	1 728 577	2 117 182
PASSIVEN	18 976 679	27 545 433

zur Erhöhung bei. Zusätzlich wurden gegenüber dem Vorjahr um 1,61 Mio. Franken mehr Forschungs-Drittmittel (Total 8,83 Mio. Franken) eingeworben.

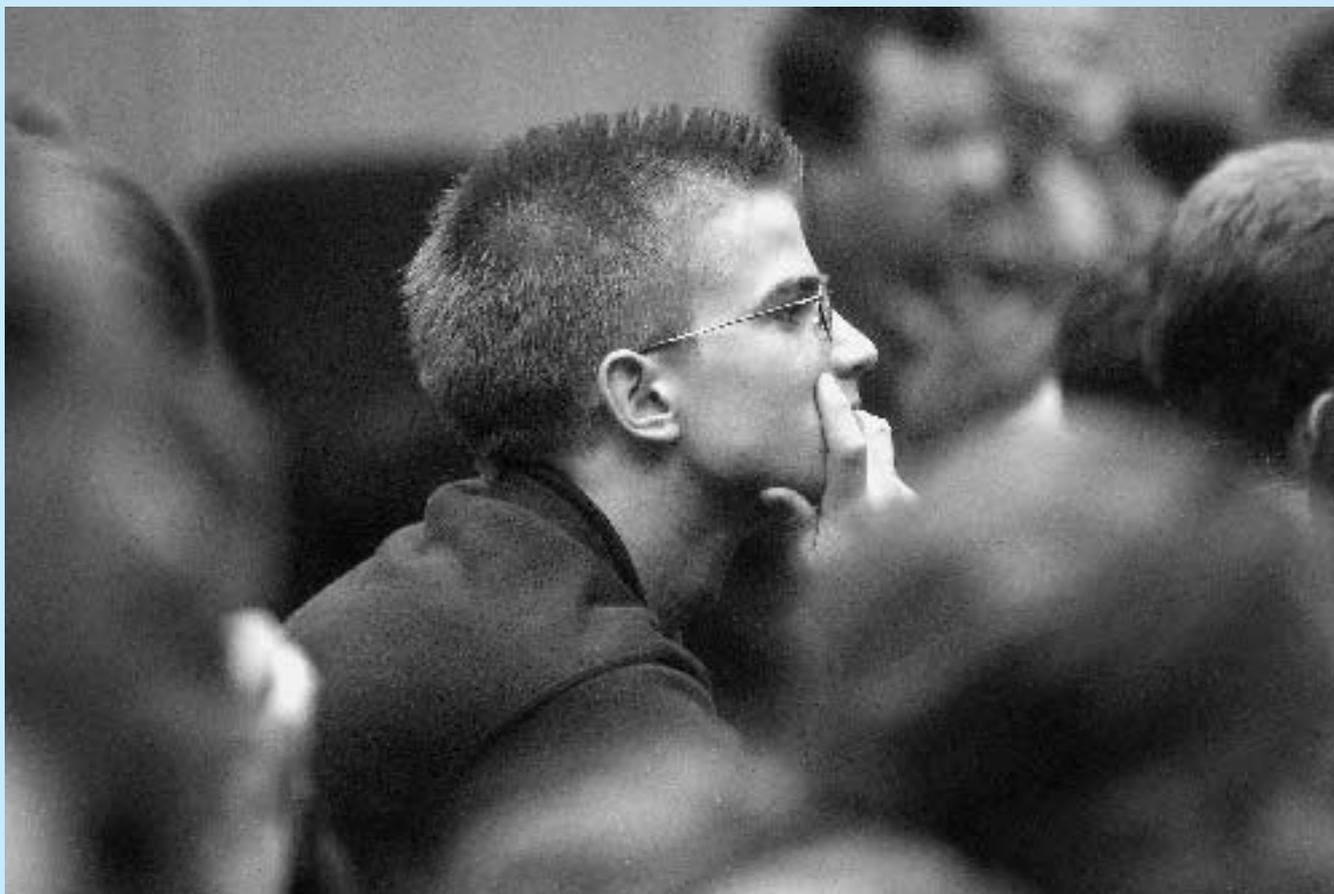
Der Gesamtaufwand erhöhte sich in den Personalausgaben wegen gesamthaft 15 zusätzlich finanzierten Personenjahren. Die aus Drittmitteln finanzierten Stellen erhöhten sich von 57,04 auf 69,31 oder um gut 12 Personenjahre. Die Honorare für wissenschaftliche Dienstleistungen und Beratungen stiegen u.a. wegen den vertraglichen Vereinbarungen des Projektes «NOVATLANTIS» und neuen Zusammenarbeitsverträgen mit lokalen Institutionen in Entwicklungsländern zwecks Umsetzung des Projektes SODIS (s. Beitrag Meierhofer et al., S. 67) gegenüber dem Vorjahr um 1,8 Mio. Fr.

Die Investitionsausgaben erhöhten sich bei Mobilien und Informatik um 1,05 Mio. Fr., unter anderem wegen neuer Netzwerk-Komponenten und der Einführung von Windows XP. Die Investitionen im Bauwesen verringerten sich wegen terminlichen Verschiebungen gegenüber dem Vorjahr um 1,1 Mio. Fr. und gegenüber dem Budget

um 4,1 Mio. Fr., was höhere als geplante Bau-Rückstellungen ermöglichte.

Dieser Beitrag entspricht weitgehend dem Kapitel 13.5 des Rechenschaftsberichtes für das Jahr 2002 an den ETH-Rat.

Erfolgsrechnung Institution: EAWAG	Rechnung R 2001	Budget VA 2002	Rechnung R 2002
Finanzierungsbeitrag des Bundes	37 603 413	41 239 300	44 151 600
Entgelte aus Drittmitteln	7 223 772	6 413 182	8 833 085
Diverse Erlöse	405 150	406 918	440 714
Auflösung Drittmittel-Rückstellung	0	0	0
Ausserordentlicher Ertrag	0	0	0
Betriebsfremder Ertrag	0	0	0
Auflösung übrige Rückstellungen	0	0	0
Finanzertrag	0	179 900	0
Gesamtertrag	45 232 335	48 239 300	53 425 399
Material	1 658 731	1 855 888	1 728 830
Personal	30 562 860	29 258 010	32 293 164
Übriger Sachaufwand	2 027 856	2 574 478	3 883 706
Infrastrukturaufwand	3 282 538	3 224 924	3 574 251
Abschreibungen	898 362	1 210 788	1 624 797
Bildung Drittmittel-Rückstellung	669 616	0	0
Ausserordentlicher Aufwand	0	0	0
Beiträge Transferausgaben	28 562	0	54 797
Betriebsfremder Aufwand	0	0	0
Bildung übrige Rückstellungen	3 657 600	3 987 500	8 226 375
Rückstellung akt. Bauinvestitionen	2 582 602	0	1 475 865
Zinsaufwand	0	0	0
Gesamtaufwand	45 368 727	42 111 588	52 861 785
GESAMTERGEBNIS	-136 393	6 127 712	563 613



Infotag 2003 «Alpine Gewässer». (Foto: Tom Kawara, Zürich)

ANHANG

Zusammengestellt von Rudolf Koblet

Kurse und Fachtagungen der EAWAG

6.–8. März

Ökotoxikologie-Kurs Hauptmodul I: Beeinträchtigung von natürlichen Systemen / Cours d'Ecotoxicologie Module Principal I: Impact sur des systèmes naturels (coetox Modul I/02)

Leitung: Kristin Becker (EPFL); Renata Behra, Herbert Güttinger; Joseph Tarradellas (EPFL)

12.–13. März

Einführung in die betriebliche Energie- und Stoffflussanalyse mit SIMBOX (PEAK-Anwendungskurs A18/02)

Leitung: Hans-Peter Bader, Georg Henseler, Ruth Scheidegger

4.–7. April 2002

Conference on Biodiversity and Aquatic Ecosystem Functioning: Synthesis and Prospects, Ascona, Switzerland

Chair of scientific and organizing committee: Mark Gessner

16. April

Workshop «Löst der Biologische Landbau die Überdüngungsprobleme der Mittellandseen?»

Leitung: Beat Müller

19. April

4. Fachseminar Fischnetz: Ursachensuche – die Spannung steigt

Leitung: Patricia Holm

25. April

Kurs in Kanalisationsmodellierung, ETH Zürich

Leitung: Oskar Wanner

3.–7. Mai

Tagliamento-Workshop, San Daniele, Italien

Leitung: Klement Tockner

5.–10. Mai

9th International Symposium on the Interactions between Sediments and Water, Banff, Canada

Member Board of Directors: Jürg Bloesch

6. Juni

Nationale Konferenz «Reformen in der Schweizer Siedlungswasserwirtschaft», Zürich

Organisatoren: Dieter Rothenberger, Lorenz Moosmann, Irene Peters

12.–13. Juni

Charakterisierung hydrologischer und biogeochemischer Prozesse für das Grundwassermanagement (PEAK-Vertiefungskurs V23/02)

Leitung: Eduard Hoehn, Jürg Zobrist

26.–27. Juni

Ökotoxikologie-Kurs Basismodul / Cours d'Ecotoxicologie Module de Base (coetox Modul Bd/02)

Leitung: Kristin Becker (EPFL); Renata Behra, Herbert Güttinger; Joseph Tarradellas (EPFL)

12.–18. August

4th International Conference on Reservoir Limnology and Water Quality, České Budejovice, Czech Republic

Member of Committee: Alfred Wüest

27.–30. August

34th Conference of the International Association for Danube Research, Tulcea, Romania

Member Scientific Committee: Jürg Bloesch

8.–12. September

3rd Symposium on Plant Litter Processing in Freshwaters, Budapest, Hungary

Member scientific committee: Mark Gessner

5. September

CIPRA Sommerakademie – Brennpunkt Alpen, Schaan, Liechtenstein: Energie in den Alpen – Aspekte einer nachhaltigen Energiepolitik, Unterrichtseinheit 14: Traditionelle alpine Energieproduktion im Lichte der Liberalisierung – Strategien einer nachhaltigen Energiepolitik

Leitung: Jochen Markard; Dieter Seifried (Ö-Quadrat, Freiburg i. Br.)

5. September

CIPRA Sommerakademie, Unterrichtseinheit: Energie in den Alpen – Aspekte einer nachhaltigen Energiepolitik, Schaan, Liechtenstein

Leitung: Dieter Seifried (Ö-Quadrat, Freiburg i. Br.); Jochen Markard

24.–26. September

System Identification and Modelling with AQUASIM (PEAK-Basic Course B7/02)

Course Direction: Karim C. Abbaspour, Mark Borsuk, Peter Reichert, Oskar Wanner

3.–5. Oktober

International Water Management Course (IWMC), Program Workshop, Nussbaumen TG

Leitung: Alexander Zehnder

15.–17. Oktober

Research and Development (r+d) in Life Sciences Conference – Analytical Symposia, Basel

Organisation: Walter Giger, Marc Suter, Franziska Pfister

28.–30. Oktober

Fische in Schweizer Gewässern (PEAK-Basiskurs B9/02)

Leitung: Rudolf Müller, Armin Peter

29. Oktober

Alpine Gewässer – Fragile Vielfalt in Bedrängnis (Infotag 2002)

Leitung: Bernhard Wehrli, Yvonne Uhlig

5.–6. November

Water Treatment at Household Level (PEAK-Basic Course B10/02)

Course Direction: Martin Wegelin; Karl Wehrle (SKAT, St. Gallen)

14.–15. November

Swiss Group for Mass Spectrometry, Annual Meeting, Beatenberg

Organisation: Hansjörg Walter (Solvias AG); Marc Suter; Andreas Stämpfli (F. Hoffmann-La Roche AG); Laurent Fay (Nestlé Research Center)

14.–15. November

Workshop on Environmental Risk Management in the Danube River Basin, Garching-Munich, Germany

Member Programme Committee: Jürg Bloesch

3.–4. Dezember

Chemische Problemstoffe (PEAK-Vertiefungskurs V24/02)

Leitung: Walter Giger, Hans-Peter E. Kohler, Urs von Gunten

5. Dezember

MTBE-Workshop (Methyl-tert-butylether)

Leitung: Walter Giger, Hans-Peter E. Kohler, Urs von Gunten

7. Dezember

Totholz und Schwemmgut – entsorgungspflichtig oder ökologisch wertvoll? (Symposium Schweiz. Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie SGHL/EAWAG)

Leitung: Klement Tockner, Armin Peter

Lehrveranstaltungen

Sommersemester 2002 und Wintersemester 2002/2003

* gemeinsam mit Dozenten, die nicht zur EAWAG gehören

ETH Lausanne

- Cycle postgrade en sciences de l'environnement. Travaux pratiques en limnologie **Dr. Alfred Wüest, Dr. Maria Dittrich, Andreas Lorke, Dr. Armin Peter, Martin Schmid, Dr. Michael Sturm, Prof. Bernhard Wehrli, Dr. Kornelia Zepp**
- Urban Environmental Management **Dipl. Geol. Christian Zurbrügg***

ETH Zürich

- Abwasserreinigung II (Vorlesung mit Übungen) **Prof. Willi Gujer**
- Allg. Toxikologie und Ökotoxikologie **Dr. Rik I.L. Eggen**
- Angewandte Limnologie **Dr. Hans Rudolf Bürgi, PD Dr. Christopher T. Robinson, Dr. Klement Tockner**
- Anthropogene Schadstoffe: Eigenschaften und Dynamik **Prof. Walter Giger, Dr. Hans-Peter E. Kohler***
- Aquatische Lebensgemeinschaften (Vorlesung und Praktikum) **Dr. Hans Rudolf Bürgi, PD Dr. Christopher T. Robinson, Prof. James V. Ward**
- Aquatische Mikroinvertebraten und Kryptogamen (Algen) **Dr. Hans Rudolf Bürgi**
- Aquatische Physik I: Einführung in die Physik aquatischer Systeme (Vorlesung mit Übungen) **Dr. Rolf Kipfer***
- Aquatische Physik II (Vorlesung mit Übungen) **Dr. Alfred Wüest***
- Biogeochemische Kreisläufe **Prof. Bernhard Wehrli, Dr. Maria Dittrich**
- Biologische Abwasserreinigung **Prof. Willi Gujer**
- Biotechnologie I: Allgemeine Biotechnologie **PD Dr. Thomas Egli***
- Chemie aquatischer Systeme **Prof. Laura Sigg**

- Chemie I + II **Dr. Werner Angst, Dr. Johanna Buschmann, Dr. Dieter Diem***
- Chemie II **Dr. Dieter Diem**
- Chemische Hydrogeologie **Dr. Eduard Hoehn**
- Diplomarbeiten in Siedlungswasserwirtschaft **Dipl. Ing. Hans Balmer**
- Einführung in die Entscheidungsanalyse **Prof. Peter Reichert, Dr. Mark Borsuk**
- Einführung in die Mikrobiologie **Prof. Alexander J.B. Zehnder, Dr. Jan-Roelof van der Meer**
- Einführung in die Umweltchemie und Umweltmikrobiologie **Prof. René P. Schwarzenbach, Prof. Bernhard Wehrli***
- Einführung in die Umweltgeologie **Dr. Eduard Hoehn***
- Entsorgungssysteme in Entwicklungsländern **PD Dr. Hasan Belevi**
- Entsorgungstechnik I: Einführung in Entsorgungssysteme **Dr. Helmut Rechberger, Dr. Thomas Lichtensteiger**
- Entsorgungstechnik II + III: Geotechnik und Geochemie von Deponien I + II **Dr. C. Annette Johnson***
- Entsorgungstechnik IV: Sekundärressourcen **Dr. Thomas Lichtensteiger**
- Exkursionen in Ökologie **Dr. Hans Rudolf Bürgi***
- Fachexkursionen **Prof. Peter Baccini, Dr. Thomas Lichtensteiger***
- Fachexkursionen **Prof. Willi Gujer***
- Fallstudie «Revitalisierung von Fliessgewässern» mit Einführung **Prof. Bernhard Wehrli***
- Fallstudie Thur **Christine Bratrach, Markus Hostmann, Dr. Bernhard Truffer**
- Fische: Biologie, Ökologie, Ökonomie **Dr. Rudolf Müller, Dr. Armin Peter**
- Grundlagen der Biochemie **Dr. Werner Angst, Dr. Hans-Peter E. Kohler, Prof. Alexander J.B. Zehnder**
- Grundwasserökologie (Vorlesung und Praktikum) **Prof. James V. Ward, Dr. Tom Gonser**
- Integriertes Grundpraktikum II: Teil Aquatische Ökologie **Dr. Hans Rudolf Bürgi, PD Dr. Christopher T. Robinson**
- Integriertes Grundpraktikum IV: Mikrobiologie **PD Dr. Thomas Egli**
- Integriertes Grundpraktikum III: Physik **Dr. Werner Aeschbach-Hertig***
- Labor für Umweltingenieure **Dr. Stefan Rubli***
- Limnogeologie **Dr. Michael Sturm***
- Limnologie: Fliessgewässer und Seen (Vorlesung und Praktikum) **Dr. Hans Rudolf Bürgi, PD Dr. Christopher T. Robinson, Dr. Urs Uehlinger**
- Mathematische Modellierung aquatischer Systeme **Prof. Peter Reichert**
- Mikrobielle Ökologie **PD Dr. Thomas Egli***
- Mikrobiologie (Wachstumskinetik) **PD Dr. Thomas Egli**
- Modellierung sozioökonomischer Systeme: Akteure als Software-agenten **Prof. Claudia Pahl-Wostl**
- Modellierung von Bodenprozessen **Dr. Karim Abbaspour**
- Nachdiplomkurs Angewandte Erdwissenschaften: Hydrogeochemie des Grundwassers **PD Dr. Wolfgang Köster**
- Nachdiplomstudium Entwicklungszusammenarbeit (NADEL): Wasserwirtschaft und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern **Dipl. Ing. Roland Schertenleib, Dipl. Ing. Martin Strauss, Dipl. Ing. Martin Wegelin, Dipl. Geol. Chris Zurbrügg***
- Natürliche Isotope in der Umwelt **Dr. Jürg Beer**
- Ökologie I: Grundlagen der Ökologie **Dr. Hans Rudolf Bürgi***
- Ökologie natürlicher Gewässer **Dr. Hans Rudolf Bürgi**
- Ökologie von Feuchtgebieten (Vorlesung und Praktikum) **PD Dr. Mark O. Gessner, Dr. Klement Tockner**
- Ökologische Genetik aquatischer Organismen (Vorlesung und Praktikum) **PD Dr. Piet Spaak**
- Physikalisch-chemische Verfahren **Prof. Hansruedi Siegrist**
- Praktikum Analytische Chemie **Dr. Stephan Müller***
- Praktikum Aquatische Systeme (für Fortgeschrittene) **Dr. Hans Rudolf Bürgi, Dr. Klement Tockner, Dr. Rolf Kipfer, Prof. Bernhard Wehrli, Dr. Kornelia Zepp Falz, PD Dr. Mark O. Gessner, Dr. Tom Gonser***
- Praktikum Limnologie II **Dr. Hans Rudolf Bürgi**
- Praktikum Systematische und ökologische Biologie II **Dr. Hans Rudolf Bürgi***
- Semester-Arbeiten in Siedlungswasserwirtschaft **Prof. Markus Boller, Dipl. Ing. Steffen Langbein**
- Seminar for Doctoral Students: Science and Politics of International Freshwater Management **Dr. Alfred Wüest, Prof. Bernhard Wehrli***
- Seminar in Siedlungswasserwirtschaft **Dr. Max Maurer**
- Seminar in Siedlungswasserwirtschaft, nur für Doktorierende **Prof. Willi Gujer**
- Seminar The Science and Politics of International River Management I + II **Prof. Bernhard Wehrli***
- Seminar in Umweltchemie und Umweltmikrobiologie **Prof. René P. Schwarzenbach, Prof. Bernhard Wehrli, Prof. Alexander J.B. Zehnder***
- Siedlungsentwässerung (Vorlesung mit Übungen) **Prof. Willi Gujer**
- Siedlungswasserwirtschaft Grundzüge **Prof. Willi Gujer**
- Siedlungswasserwirtschaft II **Prof. Willi Gujer, Dr. Tove A. Larsen**
- Stadtentwerfen (Netzstadt-Methode), Entwurf V und VII **Prof. Peter Baccini, Georg Henseler, Dr. Thomas Lichtensteiger***
- Stoffhaushalt der Anthroposphäre **Prof. Peter Baccini**
- Stoffhaushalt I: Regionaler Ressourcenhaushalt **Prof. Peter Baccini**
- Stoffhaushalt II: Mathematische Modellierung **Dr. Hans-Peter Bader**
- Stoffhaushalt III: Stoffstrommanagement **Prof. Susanne Kytzia**
- Praktikum Systematische und ökologische Biologie II **Dr. Hans Rudolf Bürgi***
- Synthesewoche 4. Semester Umweltnaturwissenschaften **Dr. Christian Stamm***
- Systematik aquatischer Makroinvertebraten **Dr. Klement Tockner**
- Systematische und ökolog. Biologie I **Dr. Rudolf Müller, Dr. Armin Peter, PD Dr. Christopher T. Robinson**
- Trinkwasser und Abwasser **Dr. Mario Snozzi, PD Dr. Urs von Gunten**
- Umweltchemie I **PD Dr. Kai-Uwe Goss, Prof. René P. Schwarzenbach, Prof. Bernhard Wehrli**
- Umweltchemie I **Prof. Bernhard Wehrli**
- Umweltchemie I: Chemische Ökologie **Prof. Bernhard Wehrli**
- Umweltchemie II **PD Dr. Kai-Uwe Goss, Prof. René P. Schwarzenbach, Prof. Bernhard Wehrli**
- Umweltchemie II **PD Dr. Barbara Sulzberger**
- Umweltchemie II: Allg. Toxikologie und Ökotoxikologie **Dr. Rik I.L. Eggen, Dr. Thomas Lichtensteiger**
- Umweltmikrobiologie I **Dr. Rik I.L. Eggen, Dr. Paolo Landini, Prof. Alexander J.B. Zehnder**
- Umweltorientierte Bewertung chemischer Produkte **PD Dr. Beate Escher***
- Vertiefungsblock Siedlungswasserwirtschaft **Prof. Willi Gujer, Dr. Max Maurer, Prof. Hansruedi Siegrist**
- Vertiefungsblock Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik **Prof. Peter Baccini, Dr. Thomas Lichtensteiger, Dr. Stefan Rubli, Dr. Helmut Rechberger***
- Wassertechnologie **Prof. Markus Boller, PD Dr. Urs von Gunten**
- Wasserversorgung **Prof. Markus Boller**

Andere Hochschulen

Fachhochschule Rapperswil

Gesellschaft, Umwelt und Kultur (GUK) **Dr. Hans Rudolf Bürgi**

Gewerbliche Berufsschule Luzern

Umweltkunde für Chemielaboranten **Dr. Peter Bossard**

Hanoi University of Civil Engineering (Vietnam)

Course on Faecal Sludge Management **Dipl. Ing. Martin Strauss**

International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering (IHE), Delft NL

Course of Integrated Water Management **Dr. Hong Yang**

International Masters Programme in Sanitary Engineering

Dipl. Ing. Agnes Montangero*

Nagoya University

Lectures on Cosmogenic Radionuclides **Jürg Beer**

Technische Universität Wien

Praktikum Wasseranalytik **Dr. Stephan Müller***

Universität Bern

Allgemeine Ökologie und Zoologie: Der Fisch und seine Umwelt

PD Dr. Patricia Holm

Einführung in die Photochemie und die Umweltphotochemie

PD Dr. Barbara Sulzberger*

Regionalwirtschaftliche Aspekte der Restrukturierung des

Versorgungssektors **Dr. Bernhard Truffer**

Universität Osnabrück

Understanding Systems and Management through Participatory

Planning and Social Learning **Dr. Matthew Hare**

Universität Wien

Floodplain ecology and biodiversity. International Postgraduate

Course in Limnology (IPCL) **Dr. Klement Tockner**

Université de Neuchâtel

Water and Sanitation in Emergency Engineering: Environmental

Sanitation **Dipl. Geol. Chris Zurbrügg***

and Biomarkers of Estrogenicity in Juvenile Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*). *Aquat. Toxicol.* 60 (3–4), 203–221. [03257]

Aldrich A.P., Kistler D., Sigg L. (2002): Speciation of Cu and Zn in Drainage Water from Agricultural Soils. *Environ. Sci. Technol.* 36 (22), 4824–4830. [03305]

Ammann A.A. (2002): Determination of Strong Binding Chelators and Their Metal Complexes by Anion-Exchange Chromatography and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. *J. Chromatogr. A* 947 (2), 205–216. [03106]

Ammann A.A. (2002): Speciation of Heavy Metals in Environmental Water by Ion Chromatography Coupled to Icp-MS. *Anal. Bioanal. Chem.* 372 (3), 448–452. [03253]

Andrade A.P., Neuenschwander P., Hany R., Egli T., Witholt B., Li Z. (2002): Synthesis and Characterization of Novel Copoly(ester-urethane) Containing Blocks of Poly-[(R)-hydroxyoctanoate] and Poly-[(R)-3-hydroxybutyrate]. *Macromolecules* 35 (13), 4946–4950. [03194]

Andrade A.P., Witholt B., Hany R., Egli T., Li Z. (2002): Preparation and Characterization of Enantiomerically Pure Telechelic Diols from mcl-Poly[(R)-3-hydroxyalkanoates]. *Macromolecules* 35 (3), 684–689. [03193]

Arcoscot D.B., Tockner K., Ward J.V. (2001): Thermal Heterogeneity along a Braided Floodplain River (Tagliamento River, Northeastern Italy). *Canad. J. Fish. Aquat. Sci.* 58 (12), 2359–2373. [03306]

Baldy V., Chauvet E., Charcosset J.-Y., Gessner M.O. (2002): Microbial Dynamics Associated with Leaves Decomposing in the Mainstem and Floodplain Pond of a Large River. *Aquatic Microbial Ecology* 28, 25–36. [03237]

Batstone D.J., Keller J., Angelidaki I., Kalyuzhnyi S.V., Pavlostathis S.G., Rozzi A., Sanders W.T.M., Siegrist H., Vavilin V.A. (2002): The IWA Anaerobic Digestion Model No 1 (Adm1). *Water Sci. Technol.* 45 (10), 65–73. [03327]

Beer J., Muscheler R., Wagner G., Laj C., Kissel C., Kubik P.W., Synal H.-A. (2002): Cosmogenic Nuclides During Isotope Stages 2 and 3. *Quaternary Sci. Rev.* 21 (10), 1129–1139. [03152]

Behra R., Landwehrjohann R., Vogel K., Wagner B., Sigg L. (2002): Copper and Zinc Content of Periphyton from Two Rivers as a Function of Dissolved Metal Concentration. *Aquat. Sci.* 64 (3), 300–306. [03344]

Binder C., Bader H.-P., Scheidegger R., Baccini P. (2001): Dynamic Models for Managing Durables Using a Stratified Approach: The Case of Tunja, Colombia. *Ecolog. Economics* 38 (2), 191–207. [03272]

Binder C., Patzel N. (2001): Preserving Tropical Soil Organic Matter at Watershed Level. A Possible Contribution of Urban Organic Wastes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 61, 171–181. [03127]

Bloesch J. (2002): Integral Water Protection Along the Danube – Trite or Concept – and How is IAD Engaged? *Arch. Hydrobiol., Suppl., Large Rivers* (13) 141, 123–128. [03100]

Wissenschaftliche

Publikationen

Beiträge in referierten Zeitschriften

Ackermann G.E., Brombacher E., Fent K. (2002): Development of a Fish Reporter Gene System for the Assessment of Estrogenic Compounds and Sewage Treatment Plant Effluents. *Environ. Toxicol. Chem.* 21 (9), 1864–1875. [03227]

Ackermann G.E., Schwaiger J., Negele R.D., Fent K. (2002): Effects of Long-Term Nonylphenol Exposure on Gonadal Development

- Bloesch J.** (2001): The International Association for Danube Research (IAD): Its Role in Danube Research in the Perspective of the Future. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27, 3939–3941. [03271]
- Bloesch J.** (2002): The Unique Ecological Potential of the Danube and its Tributaries: A Report on the 33rd IAD-Conference in Osijek, Croatia, 3–9 Sept. 2000 *Arch. Hydrobiol. Suppl., Large Rivers* (13) 141, 175–188. [03101]
- Boller M.A., Steiner M.** (2002): Diffuse Emission and Control of Copper in Urban Surface Runoff. *Water Sci. Technol.* 46 (6–7), 173–181. [03313]
- Borsuk M.E., Powers S.P., Peterson C.H.** (2002): A Survival Model of the Effects of Bottom-water Hypoxia on the Population Density of an Estuarine Clam (*Macoma balthica*). *Canad. J. Fish. Aquat. Sci.* 59, 1266–1275. [03355]
- Borsuk M.E., Stow C.A., Reckhow K.H.** (2002): Predicting the Frequency of Water Quality Standard Violations: A Probabilistic Approach for TMDL Development. *Environ. Sci. Technol.* 36 (10), 2109–2115. [03356]
- Brun R., Kühni M., Siegrist H., Gujer W., Reichert P.** (2002): Practical Identifiability of ASM2d Parameters – Systematic Selection and Tuning of Parameter Subsets. *Water Res.* 36, 4113–4127. [03221]
- Buerge-Weirich D., Hari R., Xue H., Behra P., Sigg L.** (2002): Adsorption of Cu, Cd, and Ni on Goethite in the Presence of Natural Groundwater Ligands. *Environ. Sci. Technol.* 36 (3), 328–336. [03111]
- Buesing N., Gessner M.O.** (2002): Comparison of Detachment Procedures for Direct Counts of Bacteria Associated with Sediment Particles, Plant Litter and Epiphytic Biofilms. *Aquatic Microbial Ecology* 27 (1), 29–36. [03238]
- Burgherr P., Ward J.V.** (2001): Longitudinal and Seasonal Distribution Patterns of the Benthic Fauna of an Alpine Glacial Stream (Val Roseg, Swiss Alps). *Freshwater Biol.* 46 (12), 1705–1721. [03109]
- Burgherr P., Ward J.V., Robinson C.T.** (2002): Seasonal Variation in Zoobenthos Across Habitat Gradients in an Alpine Glacial Floodplain (Val Roseg, Swiss Alps). *J. North Amer. Benthol. Soc.* 27 (4), 561–575. [03376]
- Bürgi H.R., Stadelmann P.** (2002): Alteration of Phytoplankton Structure in Lake Lucerne Due to Trophic Conditions. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 5 (1), 45–59. [03333]
- Bürgi H.R., Stadelmann P.** (2002): Change of Phytoplankton Composition and Biodiversity in Lake Sempach Before and During Restoration. *Hydrobiologia* 469 (1–3), 33–48. [03187]
- Burkhardt-Holm P.** (2002): Proliferative Kidney Disease: Why is it of Interest for the Swiss Project «Fishnet»? *J. Fish Diseases* 25 (8), 441–442. [03273]
- Burkhardt-Holm P., Peter A., Segner H.** (2002): Decline of Fish Catch in Switzerland – Project Fishnet: A Balance Between Analysis and Synthesis. *Aquatic Sci.* 64 (1), 36–54. [03188]
- Cadieux N., Bradbeer C., Reeger-Schneider E., Köster W., Mohanty A.K., Wiener M.C., Kadner R.J.** (2002): Identification of the Periplasmic Cobalamin-binding Protein BtuF of *Escherichia coli*. *J. Bacteriol.* 184 (3), 706–717. [03180]
- Cameron N.G., Schnell A., Raution M.L., Lami A., Livingstone D.M., Appleby P.G., Dearing J.A., Rose N.** (2002): High-resolution Analyses of Recent Sediments from a Norwegian Mountain Lake and Comparison with Instrumental Records of Climate. *J. Paleolimnol.* 28, 79–93. [03241]
- Catalan J., Ventura M., Brancelj A., Granados I., Thies H., Nickus U., Korhola A., Lotter A.F., Barbieri A., Stuchlik E., Lien L., Bitusik P., Buchaca T., Camarero L., Goudsmit G.H., Kopacek J., Lemcke G., Livingstone D.M., Müller B., Raution M.L., Sisko M., Sorvari S., Sporka F., Struncky O., Toro M.** (2002): Seasonal Ecosystem Variability in Remote Mountain Lakes: Implications for Detecting Climatic Signals in Sediment Records. *J. Paleolimnol.* 28, 25–46. [03242]
- Chèvre N., Becker-Van Slooten K., Taradellas J., Brazzale A.R., Behra R., Güttinger H.** (2002): Effects of Dinoseb on the Life Cycle of *Daphnia Magna*: Modeling Survival Time and a Proposal for an Alternative to the No-Observed-Effect Concentration. *Environ. Toxicol. Chem.* 21 (4), 828–833. [03138]
- Clarke T.E., Rohrbach M.R., Tari L.W., Vogel H.J., Köster W.** (2002): Ferric Hydroxamate Binding Protein FhuD From *Escherichia coli*: Mutants in Conserved and Non-conserved Regions. *BioMetals* 15, 121–131. [03167]
- Duong H.A., Hoang M.H., Pham H.V., Berg M., Giger W.** (2001): Evaluation of GC/MS/HS Method for Analysis of Volatile Organic in Water. *J. Anal. Sci. of the Vietnam Anal. Sci. Soc.* 6 (2), 31–36. (in Vietnamese) [03214]
- Duong H.A., Pham H.V., Gallard H., Berg M.** (2001): Determination of the Breakpoint in Chlorine Dosage for Typical Groundwater Sources in Hanoi Area. *J. Anal. Sci. of the Vietnam Anal. Sci. Soc.* 6 (4), 63–66. (in Vietnamese) [03213]
- Egli T., Köster W., Meile L.** (2002): Pathogenic Microbes in Water and Food: Changes and Challenges. *FEMS Microbiol. Rev.* 26 (2), 111–112. [03192]
- Enz C.A., Heller C., Müller R., Bürgi H.R.** (2001): Investigations on Fecundity of *Bythotrephes longimanus* in Lake Lucerne (Switzerland) and on Niche Segregation of *Leptodora kindtii* and *Bythotrephes longimanus* in Swiss Lakes. *Hydrobiologia* 464 (1–3), 143–151. [03105]
- Enz C.A., Müller R., Bia M.M., Heeb J.** (2002): A Population Dynamics Model for Evaluating Mortality Factors in Whitefish (*Coregonus suidteri*) Larvae in Lake Hallwil. *Arch. Hydrobiol., Spec. Issues Advances in Limnology* 57, 343–358. [03343]
- Escher B.I., Berg M., Mühlemann J., Schwarz M.A.A., Hermens J.L.M., Vaes W.J.J., Schwarzenbach R.P.** (2002): Determination of Liposome/Water Partition Coefficients of Organic Acids and Bases by Solid-Phase Microextraction. *Analyst* 127 (1), 42–48. [03094]
- Escher B.I., Eggen R.I.L., Schreiber U., Schreiber, Z., Vye E., Wisner B., Schwarzenbach R.P.** (2002): Baseline Toxicity (Narcosis) of Organic Chemicals Determined by in Vitro Membrane Potential

- Measurements in Energy-transducing Membranes, *Environ. Sci. Technol.* 36, 1971–1979. [03393]
- Escher B.I., Hermens J.L.M.** (2002): Modes of Action in Ecotoxicology: Their Role in Body Burdens, Species Sensitivity, QSARs, and Effects. *Environ. Sci. Technol.* 36 (20), 4201–4217. [03231]
- Escher B.I., Schwarzenbach R.P.** (2002): Mechanistic Studies on Baseline Toxicity and Uncoupling of Organic Compounds as a Basis for Modeling Effective Membrane Concentrations in Aquatic Organisms. *Aquat. Sci.* 64 (1), 20–35. [03157]
- Friedl G., Wüest A.** (2002): Disrupting Biogeochemical Cycles – Consequences of Damming. *Aquat. Sci.* 64 (1), 55–65. [03378]
- Friedrich J., Dinkel C., Friedl G., Pimenov N., Wijsman J., Gomoiu M.-T., Cociasu A., Popa L., Wehrli B.** (2002): Benthic Nutrient Cycling and Diagenetic Pathways in the North-western Black Sea. *Estuarine, Coastal & Shelf Sci.* 54 (3), 369–383. [03219]
- Frutiger A.** (2002): The Function of the Suckers of Larval Net-Winged Midges (Diptera: Blephariceridae). *Freshwater Biol.* 47 (2), 293–302. [03108]
- Frutiger A., Meier Bürgisser G.M.** (2002): Life History Variability of a Grazing Stream Insect (*Liponeura cinerascens minor*; Diptera: Blephariceridae). *Freshwater Biol.* 47 (9), 1618–1632. [03228]
- Furumai H., Balmer H., Boller M.** (2002): Dynamic Behavior of Suspended Pollutants and Particle Size Distribution in Highway Runoff. *Water Sci. Technol.* 46 (11–12) [03369]
- Fux C., Boehler M., Huber P., Brunner I., Siegrist H.** (2002): Biological Treatment of Ammonium-rich Wastewater by Partial Nitrification and Subsequent Anaerobic Ammonium Oxidation (Anammox) in a Pilot Plant. *J. Biotechnol.* 99 (3), 295–306. [03322]
- Gallard H., von Gunten U.** (2002): Chlorination of Natural Organic Matter: Kinetics of Chlorination and of THM Formation. *Water Res.* 36 (1), 65–74. [03072]
- Gallard H., von Gunten U.** (2002): Chlorination of Phenols: Kinetics and Formation of Chloroform. *Environ. Sci. Technol.* 36 (5), 884–890. [03126]
- Gerecke A.C., Schärer M., Singer H.P., Müller S.R., Schwarzenbach R.P., Sägesser M., Ochsenbein U., Popow G.** (2002): Sources of Pesticides in Surface Waters in Switzerland: Pesticide Load Through Waste Water Treatment Plants – Current Situation and Reduction Potential. *Chemosphere* 48 (3), 307–315. [03207]
- Gessner M.O., Chauvet E.** (2002): A Case for Using Litter Breakdown to Assess Functional Stream Integrity. *Ecol. Appl.* 12 (2), 498–510. [03235]
- Golet E.M., Alder A.C., Giger W.** (2002): Environmental Exposure and Risk Assessment of Fluoroquinolone Antibacterial Agents in Wastewater and River Water of the Glatt Valley Watershed, Switzerland. *Environ. Sci. Technol.* 36 (17), 3645–3651. [03229]
- Golet E.M., Strehler A., Alder A.C., Giger W.** (2002): Determination of Fluoroquinolone Antibacterial Agents in Sewage Sludge and Sludge-treated Soil Using Accelerated Solvent Extraction Followed by Solid-phase Extraction. *Anal. Chem.* 74 (21), 5455–5462. [03303]
- Goss K.-U., Schwarzenbach R.P.** (2002): Adsorption of a Diverse Set of Organic Vapors on Quartz, CaCO₃, and α -Al₂O₃ at Different Relative Humidities. *J. Colloid and Interface Sci.* 252, 31–41. [03332]
- Goudsmit G.-H., Burchard H., Peeters F., Wüest A.** (2002): Application of k- ϵ Turbulence Models to Enclose Basins: The Role of Internal Seiches. *J. Geophys. Res.* 107 (C12), 23-1–23-13. [03380]
- Graça M.A.S., Cressa C., Gessner M.O., Feio M.J., Callies K.A., Barrios C.** (2001): Food Quality, Feeding Preferences, Survival and Growth of Shredders from Temperate and Tropical Streams. *Freshwater Biol.* 46, 947–957. [03234]
- Gujer W.** (2002): Microscopic Versus Macroscopic Biomass Models in Activated Sludge Systems. *Water Sci. Technol.* 45 (6), 1–11. [03163]
- Haller M.Y., Müller S.R., McArdell C.S., Alder A.C., Suter M.J.-F.** (2002): Quantification of Veterinary Antibiotics (Sulfonamides and Trimethoprim) in Animal Manure by Liquid Chromatography-Mass Spectroscopy. *J. Chromatogr. A* 952, 111–120. [03166]
- Hare M., Pahl-Wostl C.** (2002): Stakeholder Categorisation in Participatory Integrated Assessment Processes. *Integrated Assessment* 3 (1), 50–62. [03387]
- Hartmann F., Bader H.-P., Scheidegger R., Baccini P.** (2001): Water Transport in a Bottom Ash Landfill from a Municipal Solid Waste («MSW») Incinerator. *J. Solid Waste Technol. & Management* 27 (2), 76–81. [03275]
- Hieber M., Gessner M.O.** (2002): Contribution of Stream Detritivores, Fungi, and Bacteria to Leaf Breakdown Based on Biomass Estimates. *Ecology* 83 (4), 1026–1038. [03236]
- Hieber M., Robinson C.T., Rushforth S.R., Uehlinger U.** (2001): Algal Communities Associated with Different Alpine Stream Types. *Arctic Antarctic & Alpine Res.* 33 (4), 447–456. [03110]
- Hieber M., Robinson C.T., Uehlinger U., Ward J.V.** (2002): Are Alpine Lake Outlets Less Harsh Than Other Alpine Streams? *Arch. Hydrobiol.* 154 (2), 199–223. [03205]
- Holocher J., Matt V., Aeschbach-Hertig A., Beyerle U., Hofer M., Peeters F., Kipfer R.** (2001): Noble Gas and Major Element Constraints on the Water Dynamics in an Alpine Floodplain. *Ground Water* 39 (6), 841–852. [03179]
- Holocher J., Peeters F., Aeschbach-Hertig W., Hofer M., Brennwald M., Kinzelbach W., Kipfer R.** (2002): Experimental Investigations on the Formation of Excess Air in Quasi-saturated Porous Media. *Geochim. Cosmochim. Acta* 66 (23), 4103–4117. [03377]
- Hug F., Baccini P.** (2002): Physiological Interactions Between Highland and Lowland Regions in the Context of Longterm Resource Management. *Mountain Res. & Developm.* 22 (2), 168–176. [03208]
- Huisman J.L., Gujer W.** (2002): Modelling Wastewater Transformation in Sewers Based on ASM3. *Water Sci. Technol.* 45 (6), 51–60. [03326]
- Hunziker R.W., Escher B.I., Schwarzenbach R.P.** (2002): Acute Toxicity of Triorganotin Compounds: Different Specific Effects on the Energy Metabolism and Role of pH. *Environ. Toxicol. Chem.* 21 (6), 1191–1197. [03169]

- Ingallinella A.M., Sanguinetti G., Fernandez R.G., Strauss M., Montanero A.** (2002): Cotreatment of Sewage and Septage in Waste Stabilization Ponds. *Water Sci. Technol.* 45 (1), 9–15. [03340]
- Ingallinella A.M., Sanguinetti G., Koottatet T., Montanero A., Strauss M.** (2002): The Challenge of Faecal Sludge Management in Urban Areas – Strategies, Regulations and Treatment Options. *Water Sci. Technol.* 46 (10), 285–294. [03341]
- Johnson C.A., Furrer G.** (2002): Influence of Biodegradation Processes on the Duration of CaCO₃ as a pH Buffer in Municipal Solid Waste Incinerator Bottom Ash. *Environ. Sci. Technol.* 36 (2), 215–220. [03124]
- Keller A., Abbaspour K.C., Schulin R.** (2002): Assessment of Uncertainty and Risk in Modeling Regional Heavy-Metal Accumulation in Agricultural Soils. *J. Environ. Quality* 31 (1), 175–187 [03097]
- Kovar K., Chaloupka V., Egli T.** (2002): A Threshold Substrate Concentration is Required to Initiate the Degradation of 3-Phenylpropionic Acid in *Escherichia coli*. *Acta Biotechnol.* 22 (3–4), 285–298. [03209]
- Krivova N.A., Solanki S.K., Beer J.** (2002): Was One Sunspot Cycle in the 18th Century Really Lost? *Astronomy & Astrophysics* 396, 235–242. [03363]
- Kulbe T., Melles M., Verkulich S.R., Pushina Z.V.** (2001): East Antarctic Climate and Environmental Variability over the Last 9400 Years Inferred from Marine Sediments of the Bunger Oasis. *Arctic, Antarctic, & Alpine Res.* 33 (2), 223–230. [03282]
- Lacour S., Kolb A., Zehnder A.J.B., Landini P.** (2002): Mechanism of Specific Recognition of the *aidB* Promoter by σ^S -RNA Polymerase. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 292, 922–930. [03171]
- Laemmli C.M., Schönenberger R., Suter M., Zehnder A.J.B., van der Meer J.R.** (2002): Tfd_{II}, One of the Two Chloromuconate Cycloisomerases of *Ralstonia eutropha* JMP134 (pJP4), Cannot Efficiently Convert 2-chloro-*cis,cis*-muconate to *trans*-dienelactone to Allow Growth on 3-chlorobenzoate. *Arch. Microbiol.* 178 (1), 13–25. [03183]
- Laj C., Kissel C., Mazaud A., Michel E., Muscheler R., Beer J.** (2002): Geomagnetic Field intensity, North Atlantic Deep Water Circulation and Atmospheric $\Delta^{14}\text{C}$ During the Last 50 kyr. *Earth & Planetary Sci. Lett.* 200 (1–2), 177–190. [03210]
- Laj C., Kissel C., Scao V., Beer J., Thomas D.M., Guillou H., Muscheler R., Wagner G.** (2002): Geomagnetic Intensity and Inclination Variations at Hawaii for the Past 98 kyr from Core SOH-4 (Big Island), a New Study and a Comparison with Existing Contemporary Data. *Physics of the Earth & Planetary Interiors* 129 (3–4), 205–243. [03137]
- Landini P., Zehnder A.J.B.** (2002): The Global Regulatory *hns* Gene Negatively Affects Adhesion to Solid Surfaces by Anaerobically Grown *Escherichia coli* by Modulating Expression of Flagellar Genes and Lipopolysaccharide Production. *J. Bacteriol.* 184 (6), 1522–1529. [03135]
- Lienert J., Diemer M., Schmid B.** (2002): Effects of Habitat Fragmentation on Population Structure and Fitness Components of the Wetland Specialist *Swertia perennis* L. (Gentianaceae). *Basic Appl. Ecol.* 3 (2) 101–114. [03175]
- Lienert J., Fischer M., Diemer M.** (2002): Local Extinctions of the Wetland Specialist *Swertia perennis* L. (Gentianaceae) in Switzerland: a Revisitation Study Based on Herbarium Records. *Biol. Conservation* 103 (1), 65–76. [03177]
- Lienert J., Fischer M., Schneller J., Diemer M.** (2002): Isozyme Variability of the Wetland Specialist *Swertia perennis* L. (Gentianaceae) in Relation to Habitat Size, Isolation, and Plant Fitness. *Amer. J. Botany* 89 (5), 801–811. [03176]
- Lorke A., Umlauf L., Jonas T., Wüest A.** (2002): Dynamics of Turbulence in Low-speed Oscillating Bottom-boundary Layers of Stratified Basins. *Environ. Fluid Mechanics* 2, 291–313. [03280]
- Lorke A., Wüest A.** (2002): Probability Density of Displacement and Overturning Length Scales under Diverse Stratification. *J. Geophys. Res.* 107 (C12), 7-1–7-11. [03379]
- Lotter A.F., Appleby P.G., Bindler R., Dearing J.A., Grytnes J.-A., Hofmann W., Kamenik A., Lami A., Livingstone D.M., Ohlendorf C., Rose N., Sturm M.** (2002): The Sediment Record of the Past 200 Years in a Swiss High-alpine Lake: Hagelseewli (2339 m a.s.l.). *J. Paleolimnol.* 28, 111–127. [03240]
- Malard F., Hofmann A., Tockner K., Uehlinger U.** (2002): Iron Concentration in the Water of a Glacial River System. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28, 134–139. [03204]
- Malard F., Tockner K., Dole-Olivier M.-J., Ward J.V.** (2002): A Landscape Perspective of Surface-Subsurface Hydrological Exchanges in River Corridors. *Freshwater Biol.* 47, 621–640. [03191]
- Mavrocordatos D., Fortin D.** (2002): Quantitative Characterization of Biotic Iron Oxides by Analytical Electron Microscopy. *Amer. Mineralogist* 87 (7), 940–946. [03211]
- Mavrocordatos D., Kaegi R., Schmatloch V.** (2002): Fractal Analysis of Wood Combustion Aggregates by Contact Mode Atomic Force Microscopy. *Atmospheric Environment* 36, 5653–5660. [03371]
- Medilanski E., Kaufmann K., Wick L.Y., Wanner O., Harms H.** (2002): Influence of the Surface Topography of Stainless Steel on Bacterial Adhesion. *Biofouling* 18 (3), 193–203. [03374]
- Meyer A., Schmidt A., Held M., Westphal A.H., Röthlisberger M., Kohler H.-P., van Berkel W.J.H., Witholt B.** (2002): Changing the Substrate Reactivity of 2-Hydroxybiphenyl 3-Monooxygenase from *Pseudomonas azelaica* HBP1 by Directed Evolution. *J. Biol. Chem.* 277 (7), 5575–5582. [03118]
- Meyer A., Würsten M., Schmidt A., Kohler H.-P E., Witholt B.** (2002): Hydroxylation Of indole by Laboratory-Evolved 2-Hydroxybiphenyl 3-Monooxygenase. *J. Biol. Chem.* 277 (37), 34161–34167. [03218]
- Min N.H., Ha P.N., Viet P.H., Giger W., Berg M.** (2000): Determination of Polar and Non-polar Pesticides in Aqueous Solutions by Solid Phase Microextraction (SPME) and Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC/MS). *J. Anal. Sci. of the Vietnam Anal. Sci. Soc.* 5, 39–46. [03215]

- Monaghan M.T., Spaak P., Robinson C.T., Ward J.V.** (2002): Population Genetic Structure of Three Alpine Stream Insects: Influences of Gene Flow, Demographics, and Habitat Fragmentation. *J. North Amer. Benthol. Soc.* 21 (1), 114–131. [03134]
- Mondi C., Leifer K., Mavrocordatos D., Perret D.** (2002): Analytical Electron Microscopy as a Tool for Accessing Colloid Formation Process in Natural Waters, *J. Microscopy* 207 (3), 180–190. [03365]
- Müller B., Granina L., Schaller T., Ulrich A., Wehrli B.** (2002): P, As, Sb, Mo, and Other Elements in Sedimentary Fe/Mn Layers of Lake Baikal. *Environ. Sci. Technol.* 36 (3), 411–420. [03125]
- Müller J., Vologina E.G., Sturm M.** (2001): Recent Clay Mineral Distribution as a Possible Indicator for Sediment Sources in the North Basin of Lake Baikal. *Russ. Geol. Geophys.* 42 (1). [03390]
- Müller R., Meng H.J., Enz C.A., Bia M.M., Schäffer E.** (2002): Forecasting Year-class Strength and Yield of Lake Hallwil Whitefish in an Eutrophic Lake. *Arch. Hydrobiol., Spec. Issues Advances in Limnology* 57, 615–625. [03342]
- Nesatyy V.J., Ross N.W.** (2002): Recovery of Intact Proteins from Silver Stained Gels. *Analyst* 127, (9) 1180–1187. [03304]
- Nguyen H.M., Pham H.V., Giger W., Berg M.** (2002): Simultaneous Determination of Polar and Apolar Organo-phosphorus Pesticides and Triazine Herbicides by Solid-phase Microextraction (SPME) in Aqueous Samples. *Anal. Sci.* 17 (Suppl.), a375–a378. [03212]
- Nguyen H.M., Pham N.H., Pham H.V., Giger W., Berg M.** (2000): Determination of Polar and Non-Polar Pesticides in Aqueous Solutions by Solid Phase Microextraction (SPME) and Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC/MS). *J. Analytical Sciences of the Vietnam Analytical Sciences Society* 5 (3), 39–46. [03215]
- Odzak N., Kistler D., Xue H., Sigg L.** (2002): *In situ* Trace Metal Speciation in a Eutrophic Lake Using the Technique of Diffusion Gradients in Thin Films (DGT). *Aquatic Sci.* 64, 292–299. [03317]
- Ohlendorf C., Sturm M.** (2001): Precipitation and Dissolution of Calcite in a Swiss High Alpine Lake. *Arctic, Antarctic & Alpine Res.* 33 (4), 410–417. [03107]
- Pahl-Wostl C.** (2002): Participative and Stakeholder-based Policy Design, Evaluation and Modeling Processes. *Integrated Assessment* 3 (1), 3–14. [03350]
- Pecher K., Haderlein S., Schwarzenbach R.P.** (2002): Reduction of Polyhalogenated Methanes by Surface-bound Fe(II) in Aqueous Suspensions of Iron Oxides. *Environ. Sci. Technol.* 36 (8), 1734–1741. [03388]
- Peters F., Livingstone D.M., Goudsmit G.-H., Kipfer R., Forster R.** (2002): Modeling 50 Years of Historical Temperature Profiles in a Large Central European Lake. *Limnol. Oceanogr.* 47 (1), 186–197. [03099]
- Rauch W., Bertrand-Krajewski J.-L., Krebs P., Mark O., Schilling W., Schütze M., Vanrolleghem P.A.** (2002): Deterministic Modelling of Integrated Urban Drainage Systems. *Water Sci. Technol.* 45 (3), 81–94. [03325]
- Rauch W., Krejci V., Gujer W.** (2002): REBEKA – a Software Tool for Planning Urban Drainage on the Basis of Predicted Impacts on Receiving Waters. *Urban Water* 4, 355–361. [03321]
- Rechberger H., Brunner P.H.** (2002): A New, Entropy Based Method to Support Waste and Resource Management Decisions. *Environ. Sci. Technol.* 36 (4), 809–816. [03316]
- Rechberger H., Graedel T.E.** (2002): The Contemporary European Copper Cycle: Statistical Entropy Analysis. *Ecol. Economics* 4 (1–2), 59–72 [03206]
- Reichert P., Schervish M., Small M.J.** (2002): An Efficient Sampling Technique for Bayesian Inference with Computationally Demanding Models. *Technometrics* 44 (4), 318–327. [03278]
- Rieger L., Siegrist H., Winkler S., Saracevic E., Votava R., Nadler J.** (2002): *In situ* Measurement of Ammonium and Nitrate in the Activated Sludge Process. *Water Sci. Technol.* 45 (4–5), 93–100. [03323]
- Roberts R.J., Wootten R.** (Eds.) (2002): Proc. of PKD-Workshop, July 2001, EAWAG, Kastanienbaum, Switzerland. *J. Fish Disease, Special Issue* 25 (8), 441–504.
- Robinson C.T., Gessner M.O.** (2000): Leaf Breakdown in an Alpine Spring Brook. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27, 744–747. [03226]
- Robinson C.T., Tockner K., Burgherr P.** (2002): Seasonal Patterns in Macroinvertebrate Drift and Seston Transport in Streams of an Alpine Glacial Flood Plain. *Freshwater Biol.* 47 (5), 985–993. [03170]
- Robinson C.T., Tockner K., Ward J.V.** (2002): The Fauna of Dynamic Riverine Landscapes. *Freshwater Biol.* 47 (4), 661–677. [03172]
- Robinson C.T., Uehlinger U., Guidon F., Schenkel P., Skvarc R.** (2002): Limitation and Retention of Nutrients in Alpine Streams of Switzerland. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28, 263–272. [03203]
- Roth C.M., Goss K.U., Schwarzenbach R.P.** (2002): Adsorption of a Diverse Set of Organic Vapors on the Bulk Water Surface. *J. Colloid Interface Sci.* 252 (1), 21–30. [03247]
- Ruckstuhl S., Suter M.J.F., Kohler H.P.-E., Giger W.** (2002): Leaching and Primary Biodegradation of Sulfonated Naphthalenes and their Formaldehyde Condensates from Concrete Superplasticizers in Groundwater Affected by Tunnel Construction. *Environ. Sci. Technol.* 36 (15), 3284–3289. [03233]
- Sarnthein M., Kennett J.P., Allen J.R.M., Beer J., Grootes P., Laj C., McManus J., Ramesh R.** (2002): Decadal-to-millennial-scale Climate Variability – Chronology and Mechanisms: Summary and Recommendations. *Quaternary Sci. Reviews* 21, (10) 1121–1128. [03285]
- Schnabel C., Lopez-Gutierrez J.M., Szidat S., Sprenger M., Wernli H., Beer J., Synal H.A.** (2001): On the Origin of I-129 in Rain Water Near Zurich. *Radiochim. Acta* 89 (11–12), 815–822. [03122]
- Schreiber J.V., Frackenhohl J., Moser F., Fleischmann T., Kohler H.-P.E., Seebach D.** (2002): On the Biodegradation of β -Peptides. *ChemBioChem* 3 (5), 424–432. [03178]

- Schweigert N., Eggen R.I.L., Escher B.I., Burkhardt-Holm P., Behra R.** (2002) Ecotoxicological Assessment of Surface Waters: A Modular Approach Integrating *in vitro* Methods. *Altex Altern. Tierexp.* 19, 30–37. [03252]
- Shieh S.-H., Ward J.V., Kondratieff B.C.** (2002): Energy Flow Through Macroinvertebrates in a Polluted Plains Stream. *J. North Amer. Benthol. Soc.* 21 (4), 660–675. [03370]
- Siegrist H., Rieger L., Koch G., Kühni M., Gujer W.** (2002): The EAWAG Bio-P Module for Activated Sludge Model No. 3. *Water Sci. Technol.* 45 (6), 61–76. [03164]
- Siegrist H., Vogt D., Garcia-Heras J.L., Gujer W.** (2002): Mathematical Model for Meso- and Thermophilic Anaerobic Sewage Sludge Digestion. *Environ. Sci. Technol.* 36 (5), 1113–1123. [03158]
- Simoni S.F., Bosma T.N.P., Harms H., Zehnder A.J.B.** (2000): Bivalent Cations Increase Both the Subpopulation of Adhering Bacteria and their Adhesion Efficiency in Sand Columns. *Environ. Sci. Technol.* 34 (6), 1011–1017. [03279]
- Singer H., Müller S.R., Tixier C., Pillonel L.** (2002): Triclosan: Occurrence and Fate of a Widely Used Biocide in the Aquatic Environment: Field Measurements in Wastewater Treatment Plants, Surface Waters, and Lake Sediments. *Environ. Sci. Technol.* 36 (23), 4998–5004. [03338]
- Snyder E.B., Robinson C.T., Minshall G.W., Rushforth S.R.** (2002): Regional Patterns in Periphyton Accrual and Diatom Assemblage Structure in a Heterogeneous Nutrient Landscape. *Canad. J. Fish. & Aquat. Sci.* 59, 564–577. [03362]
- Sulzberger B.** (2002): Why a «New» Journal in Aquatic Sciences? *Aquatic Sci.* 64 (1), i-11. [03391]
- Thomann M., Rieger L., Frommhold S., Siegrist H., Gujer W.** (2002): An Efficient Monitoring Concept with Control Charts for On-line Sensors. *Water Sci. Technol.* 46 (4–5), 107–116. [03324]
- Thompson L.G., Mosley-Thompson E., Davis M.E., Henderson K.A., Brecher H.H., Zagorodnov V.S., Mashiotta T.A., Lin P.-N., Mikhalenko V.N., Hardy D.R., Beer J.** (2002): Kilimanjaro Ice Core Records: Evidence of Holocene Climate Change in Tropical Africa. *Science* 298 (5593), 589–593. [03286]
- Tixier C., Singer H.P., Canonica S., Müller S.R.** (2002): Phototransformation of Triclosan in Surface Waters: A Relevant Elimination Process for this Widely Used Biocide – Laboratory Studies, Field Measurements, and Modeling. *Environ. Sci. Technol.* 36 (16), 3482–3489. [03320]
- Tockner K., Malard F., Uehlinger U., Ward J.V.** (2002): Nutrients and Organic Matter in a Glacial River-floodplain System (Val Roseg, Switzerland). *Limnol. Oceanogr.* 47 (1), 266–277. [03310]
- Tockner K., Stanford J.A.** (2002): Riverine Flood Plains: Present State and Future Trends. *Environ. Conservation* 29 (3), 308–330. [03300]
- Tockner K., Ward J.V., Edwards P.J., Kollmann J. (Eds.)** (2002): Riverine Landscapes. *Freshwater Biol.*, Special Issue 47, 497–907. [03307]
- Tockner K., Ward J.V., Edwards P.J., Kollmann J.** (2002): Riverine Landscapes: an Introduction. *Freshwater Biol.* 47 (4) 497–500. [03307]
- Tropel D., van der Meer J.R.** (2002): Identification and Physical Characterization of the HbpR Binding Sites of the *hbpC* and *hbpD* Promoters. *J. Bacteriol.* 184 (11), 2914–2924. [03189]
- Uehlinger U.** (2001): Periphyton Biomass in an Unpredictable Environment: Exploring the Temporal Variability with a Dynamic Model. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27, 3162–3165. [03102]
- Uehlinger U., Naegeli M., Fisher S.G.** (2002) A Heterotrophic Desert Stream? The Role of Sediment Stability. *Western North Amer. Naturalist* 62 (4), 466–473. [03291]
- van der Nat D., Schmidt A.P., Tockner K., Edwards P.J., Ward J.V.** (2002): Inundation Dynamics in Braided Floodplains: Tagliamento River, Northeast Italy. *Ecosystems* 5, 636–647. [03299]
- van der Nat D., Tockner K., Edwards P.J., Ward J.V.** (2002): Quantification of Large Woody Debris in Large Floodplain Rivers: An Area-Based Approach Using Differential GPS and GIS. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28, 332–335. [03202]
- Venkatapathy R., Bessingpas D.G., Canonica S., Perlinger J.A.** (2002): Kinetics Models for Trichloroethylene Transformation by Zero-Valent Iron. *Appl. Catalysis B. Environmental* 47 (2), 159 [03153]
- Wagner W., Gawel J., Furumai H., Pereira De Souza M., Teixeira D., Rios L., Ohgaki S., Zehnder A.J.B., Hemond H.F.** (2002): Sustainable Watershed Management: an International Multi-Watershed Case Study. *Ambio* 31 (1), 2–13. [03117]
- Wahli T., Knuesel R., Bernet D., Segner H., Pugovkin D., Burkhardt-Holm P., Escher M., Schmidt-Posthaus H.** (2002): Proliferative Kidney Disease in Switzerland: Current State of Knowledge. *J. Fish Dis.* 25 (8), 491–500. [03254]
- Ward J.V., Malard F., Tockner K.** (2002): Landscape Ecology: a Framework for Integrating Pattern and Process in River Corridors. *Landscape Ecol.* 17 (Suppl. 1), 35–45. [03168]
- Ward J.V., Robinson C.T., Tockner K.** (2002): Applicability of Ecological Theory to Riverine Ecosystems. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28, 443–450. [03331]
- Ward J.V., Tockner K., Arscott D.B., Claret C.** (2002): Riverine Landscape Diversity. *Freshwater Biol.* 47, (4) 517–539. [03308]
- Wedekind C., Müller R., Spicher H.** (2001): Potential Genetic Benefits of Mate Selection in Whitefish. *J. Evolut. Biol.* 14, 980–986. [03351]
- Wick L.M., Weilenmann H., Egli T.** (2002): The Apparent Clock-Like Evolution of *Escherichia coli* in Glucose-Limited Chemostats Is Reproducible at Large but Not at Small Population Sizes and Can Be Explained with Monod Kinetics. *Microbiology (UK)* 148, 2889–2902. [03246]
- Winder M., Monaghan M.T., Spaak P.** (2001): Have Human Impacts Changed Alpine Zooplankton Diversity over the Past 100 Years? *Arctic Antarctic & Alpine Res.* 33 (4), 467–475. [03156]

Winder M., Spaak P. (2002): Effects of Natural UV Radiation on the Life History of Alpine *Daphnia*. Verh. Internat. Verein. Limnol. 28, 355–359. [03225]

Yang H., Zehnder A.J.B. (2002): Water Scarcity and Food Import: A Case Study for Southern Mediterranean Countries. World Development 30 (8), 1413–1430. [03201]

Zeltner C., Lichtensteiger T. (2002): Thermal Waste Treatment and Resource Management – a Petrologic Approach to Control the Genesis of Materials in Smelting Processes. Environ. Engng. Policy 3, 75–86. [03136]

Ziegler F., Giere R., Johnson C.A. (2001): Sorption Mechanisms of Zinc to Calcium Silicate Hydrate: Sorption and Microscopic Investigations. Environ. Sci. Technol. 35 (22), 4556–4561. [03123]

Zwank L., Schmidt T.C., Haderlein S.B., Berg M. (2002): Simultaneous Determination of Fuel Oxygenates and BTEX Using Direct Aqueous Injection Gas Chromatography Mass Spectrometry (DAI-GC/MS). Environ. Sci. Technol. 36 (9), 2054–2059. [03186]

Bücher, Buchkapitel und Konferenz-Proceedings

Gedruckte Dissertationen s. S. 107

Ahmed N., Zurbrügg C. (2002): Organic Waste Management in Karachi, Pakistan. Conf. Proc. 28th WEDC Internat. Conf. on Sustainable Environmental Sanitation and Water Services, November 18–22, 2002, Calcutta India. [03250]

Ammann A. (2002): Analytik anionischer Schwermetallkomplexe mit IC ICP-MS in der aquatischen Umweltforschung. In: «Ionenanalyse mit modernen Trenntechniken», K. Fischer, D. Jensen (Hrsg.). Proc. 3. Fachtagung, Trier, 26.–27. Februar. Dianox GmbH, Idstein, S. 28–37. ISBN 3-00-010300-7 [03384]

Ashbolt N.J., Grabow W.O.K., Snozzi M. (2002): Indicators of Microbial Water Quality In: «Water Quality – Guidelines, Standards and Health: Assessment of Risk and Risk Management for Water-related Infectious Disease», L. Fewtrell, J. Bartram (Eds.). IWA Publishing, London 289–316. [03319]

Bader H.-P., Real M., Scheidegger R., Baccini P. (2001): Grossmassstäbliche Einführung von Solarzellen: Dynamische Modellierung von Energie und Stoffflüssen. In: «Sustainability in the Information Society», Part 2: Methods/Workshop Papers, L.M. Hilty, P.W. Gilgen (Eds.), Metropolis Verlag, Marburg, pp. 797–802. [03276]

Baumann P. (2002): Die Entwicklung des Fischnährtier-Bestandes in schweizerischen Fließgewässern zwischen 1980 und 2000. Fischnetz-Publikation, EAWAG, Dübendorf, 39 Seiten + Anhänge.

Beer J., Muscheler R., Wagner G., Kubik P.W. (2001): Past Climate Changes Derived from Isotope Measurements in Polar Ice Cores. Proc. IAEA Internat. Conf. on «Study of Environmental Change using Isotope Techniques», Vienna 23.–27.4.2001, C&S Papers Series 13/P, 265–273. [03290]

Belevi H. (2002): Material Flow Analysis as a Strategic Planning Tool for Regional Waste Water and Solid Waste Management. Proc.

Workshop «Globale Zukunft: Kreislaufwirtschaftskonzepte im kommunalen Abwasser- und Fäkalienmanagement. 13–15 May 2002, München, Deutschland. [03357]

Bloesch J. (2001): Auf zu neuen Ufern – Forschungsaktivitäten der IAD. Jubiläumsschrift «25 Jahre Österreichisches Nationalkomitee der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung – Donauforschung neu». Schr. Bundesamt für Wasserwirtschaft, Bd. 12, Wien, S. 91–109. ISBN 3-901605-12-6 [03334]

Bloesch J. (2002): The Danube River Basin – the Other Cradle of Europe: The Limnological Dimension. In: «Water in Europe: The Danube River – Life Line in Greater Europe», P.A. Wilderer, B. Huba, T. Kötzle (Eds.). Academia Scientiarum et Artium Europaea Vol. 34, Nr. 12. Georg Olms Verlag, Hildesheim, Zürich, New York, pp. 51–77. [03335]

Bloesch J. (2002): International Association for Danube Research (IAD) – 45 Years of Limnological Engagement and Embarking on New Enterprises (Extended Abstract). 21st Conference of the Danube countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management, 2–6 September 2002, Bucharest, Romania. Internat. Hydrological Programme of UNESCO. Conference Abstracts, p. 77, and Conference Proceedings + CD-ROM, National Institute of Meteorology and Hydrology, Bucharest. ISBN 973-0-02759-5 [03336]

Bloesch J. (2002): Strategies of Water Quality Monitoring in the Danube River Basin, a Review. 21st Conference of the Danube countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management, 2–6 Sept. 2002, Bucharest, Romania. Internat. Hydrological Programme of UNESCO. Conference Abstracts, p. 76, and Conference Proceedings + CD-ROM, National Institute of Meteorology and Hydrology, Bucharest. ISBN 973-0-02759-5 [03337]

Bloesch J. (2002): The River Danube – Between Conservation and Restoration. Limnological Reports, Internat. Assoc. for Danube Research, Vol. 34, Editura Academiei Române, Bucharest, pp. XV–XX. [03329]

Boller M. (2002): Membranes – Water Treatment Technology of the Future. Proc. Internat. Water Treatment Technology Conference, 22.4.–24.4.02, Kunming, China. [03366]

Boller M., Steiner M. (2002): Wasser vom Dach – Menge und Qualität. In: «Dächer – leistungsfähig und ausdrucksstark mit Holz». 34. SAH-Fortbildungskurs, 6.–7.11.2002. Schweiz. Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung, Tagungsband SAH 2002, Lignum, Zürich, S. 125–135. ISBN 3-906703-14-2 [03372]

Boller M., Wagner W. (2001): Urban Water Management in Switzerland. Conference-Proceedings EurAqua, Sixth Scientific and Technical Review, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, LNEC, Lisbon, Portugal, Lisbon 20–21 October 1999 [03216]

Borsuk M.E., Burkhardt-Holm P., Reichert P. (2002): A Bayesian Network for Investigating the Decline in Fish Catch in Switzerland. Proc. Conf. Internat. Environmental Modelling and Software Society, A.E. Rizzoli et al. (Eds.). June 24–27, 2002, Lugano, Switzerland, Vol. 2, pp. 108–113. [03348]

Bucher R. (2002): Feinsedimente in schweizerischen Fließgewässern; Einfluss auf die Fischbestände. Fischnetz-Publikation, EAWAG, Dübendorf, 87 Seiten.

- Egli T.** (2002): Metabolism of Mixtures of Organic Pollutants. In: «Encyclopedia of Environmental Microbiology», G. Bitton (Ed.). John Wiley, New York, pp. 1869–1877. [03173]
- Egli T.** (2002): Microbial Degradation of Pollutants at Low Concentrations and in the Presence of Alternative Carbon Substrates: Emerging Patterns. In: «Biotechnology for the Environment: Strategy and Fundamentals», S.N. Agathos, W. Reineke (Eds.). Kluwer Academic Publ., pp. 131–139. [03199]
- Egli T., Köster W., Meile L.** (Eds.) (2002): Pathogenic Microbes in Water and Food. Special Issue FEMS Microbiology Reviews 26 (2), 111–222.
- Egli T., Witschel M.** (2002): Enzymology of the Breakdown of Synthetic Chelating Agents. In: «Biotechnology for the Environment: Strategy and Fundamentals», S.N. Agathos, W. Reineke (Eds.). Kluwer Academic Publ., pp. 205–217. [03200]
- Escher M.** (2002): Zwischenbericht «Projekt Schwarze Forellen», Fischnetz-Publikation, EAWAG, Dübendorf, 7 Seiten.
- Frutiger A., Müller R.** (2002): Der Rote Sumpfkrebs im Schübelweiher (Gemeinde Küsnacht ZH) – Auswertung der Massnahmen 1998–2001 und Erkenntnisse. EAWAG, Dübendorf, 26 S. [03182]
- Fux C., Böhler M., Huber P., Siegrist H.-R.** (2001): Stickstoff-elimination durch anaerobe Ammoniumoxidation (Anammox). In: «Der Stickstoff im Wasser/Abwasser». Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft Bd. 166, Oldenbourg Verlag, München, S. 35–50. [03392]
- Gehrels H., Peters N.E., Hoehn E., Jensen K., Leibundgut C., Griffioen J., Webb B., Zaadnoordijk W.J. (Eds.)** (2001): Impact of Human Activity on Groundwater Dynamics. IAHS-Publ. 269. Internat. Assoc. of Hydrological Sciences, Wallingford, UK, X + 369 pp. ISBN 1-901502-56-2
- Gessner M.O., Newell S.Y.** (2002): Biomass, Growth Rate, and Production of Filamentous Fungi in Plant Litter. In: «Manual of Environmental Microbiology», 2nd ed., C.J. Hurst et al., (Eds.). ASM Press, Washington, D.C., pp. 390–408. [03232]
- Gessner M.O., Van Ryckegem G.** (2002): Water Fungi as Decomposers in Freshwater Ecosystems. In: «Encyclopedia of Environmental Microbiology», G. Bitton, (Ed.). John Wiley & Sons, pp. 3353–3363. [03230]
- Granina L., Müller B., Wehrli B., Martin P.** (2000): Oxygen, Iron, and Manganese at the Sediment-water Interface in Lake Baikal. Terra Nostra 2000/9, Baikal, First Workshop and Symposium, pp. 87–93. [03222]
- Gremion B., Aristanti C., Wegelin M.** (2002): From Theory to Practice. In: «Message in a Bottle. Solar water Disinfection», Simavi World Waterfund, Haarlem NL pp. 10–28. [03155]
- Gujer W.** (2002): Siedlungswasserwirtschaft, 2. Auflage. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, XV + 421 Seiten. ISBN 3-540-43404-6
- Hare M., Deadman P., Lim K.** (2002): Towards a Taxonomy of Agent-based Simulation Models in Environmental Management. Proc. «Socioeconomic Systems», Vol. 3, F. Ghassemi et al. (Eds.), Internat. Congress on Modelling and Simulation 10–13 December 2001, Canberra, Australia», pp. 1115–1122. [03345]
- Hare M., Heeb J., Pahl-Wostl C.** (2002): An Applied Methodology for Participatory Model Building of Agent-based Models for Urban Water Management. 3rd Workshop on Agent-Based Simulation, C. Urban (Ed.). April 7–9, 2002, Passau, Germany, pp. 61–66. [03346]
- Hare M., Letcher R.A., Jakeman A.J.** (2002): Participatory Natural Resource Management: A Comparison of Four Case Studies. In: «Integrated Assessment and Decision Support», A.E. Rizzoli et al. (Eds.). Proc. 1st Biennial Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society, Vol. 3 SEA, Como, pp. 73–78. [03354]
- Hoehn E.** (2001): Exchange Processes between Rivers and Ground Waters – The Hydrological and Geochemical Approach. In: «Groundwater Ecology», C. Griebler et al. (Eds.). European Commission Environment and Climate Programme, Brussels, pp. 55–68. [03116]
- Hoehn E.** (2002): Hydrogeological Issues of Riverbank Filtration – A Review. In: «Riverbank Filtration: Understanding Contaminant Biogeochemistry and Pathogen Removal», C. Ray (Ed.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht NL, pp. 17–41. [03302]
- Holm P.** (2001): Das Projekt «Netzwerk Fischrückgang Schweiz»: Ziele, Chancen und Hindernisse. In: «Fortbildungskurs für Fischereiaufseher, 30. August bis 1. September 2000 in Jongny/Vevey (VD)». Mitt. zur Fischerei Nr. 68, BUWAL, Bern. [03281]
- Hooper D.U., Solan M., Symstad A., Diaz S., Gessner M.O., Buchmann N., Dégrange V., Grime P., Hulot F., Mermillod-Blondin F., Roy J., Spehn E., van Peer L.** (2002): Species Diversity, Functional Diversity and Ecosystem Functioning, In: «Biodiversity and Ecosystem Functioning – Synthesis and Perspectives», M. Loreau, S. Naeem, P. Inchausti (Eds.), Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 195–208. [03359]
- Hügel K., Larsen T., Gujer W., Reichert P.** (2002): Ökobilanz als Massstab für die Ressourcen-Effizienz in der Abwasserentsorgung. Schr. Wasserforschung 7, 129–141. [03220]
- Kipfer R., Peeters F.** (2002): Using Transient Conservative and Environmental Tracers to Study Water Exchange in Lake Issyk-Kul. In: «Lake Issyk-Kul: Its Natural Environment», J. Klerkx, B. Imanackunov (Eds.). NATO Science Series. IV. Earth and Environmental Sciences, Vol 13. Kluwer Academic Publ., Dordrecht NL, pp 89–100. ISBN 1-4020-0899-6 [03289]
- Klingel F., Montangero A., Strauss M.** (2001): Nam Dinh – Planning for Improved Faecal Sludge Management and Treatment. Vietnam Water and Sanitation Association's Yearly Conference, Hanoi, Dec. 6–7. [03339]
- Küttel S., Peter A., Wüest A.** (2002): Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten Schweizerischer Fließgewässer. Rhone-Thur Projekt, EAWAG, Kastanienbaum, Publ. Nr. 1, 36 Seiten.
- Larsen T.A., Lienert J.** (2002): Societal Implications of Re-engineering the Toilet. Extended abstract. Proc. IWA Leading Edge Conference Series: Sustainability in the Water Sector, Venice, Italy 25–26 November. Invited Presentation. [03385]

- Maurer M., Muncke J., Larsen T.A.** (2002): Technologies for Nitrogen Recovery and Reuse. In: «Water Recycling and Resource Recovery in Industry», P. Lens et al. (Eds.). IWA Publishing, London, pp. 491–510. [03360]
- Meierhenrich U., Thiemann W., Schubert C., Barbier B., Brack A.** (2001): Isoprenoid Enantiomers as Molecular Biomarkers in Ancient Sediments. In: «Geochemistry and the Origin of Life», A. Brack et al. (Eds.). Universal Academic Press, Tokio, pp. 269–284. [03318]
- Montangero A., Koné D., Strauss M.** (2002): Planning Towards Improved Excreta Management. Proc. 5th IWA Conference on Small Water and Wastewater Treatment Systems, 24–26 September 2002, Istanbul, Turkey. [03386]
- Moosmann L., Jorde K., Schneider M., Meier W., Peter A., Wüest A.** (2002): Restwasserbemessung für Ökostrom mit Beispiel Brenno (Bleniotal, TI). Ökostrom Publ. Bd 9. EAWAG, Kastanienbaum, 121 S. ISBN 3-905484-08-0
- Müller B., Märki M., Dinkel C., Stierli R., Wehrli B.** (2002): *In Situ* Measurements in Lake Sediments Using Ion-Selective Electrodes with a Profiling Lander System. In: «Environmental Electrochemistry: Analyses of Trace Element Biogeochemistry», T.F. Rozan, M. Taillefert (Eds.). ACS Symposium Series 811. Amer. Chem. Soc., Washington DC, pp. 126–143. [03154]
- Müller R., Bia M.M.** (2001): Poissons à jeun: les petits corégones du lac des Quatre-Cantons. Effets de la ré-oligotrophisation sur la population de petits corégones et conséquences pour l'exploitation piscicole. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage(OFEFP/BUWAL), Informations concernant la pêche no 68, Berne, p. 37–49. [03364]
- Peters I., Brassel K.-H., Spörri C.** (2002): A Microsimulation Model for Assessing Urine Flows in Urban Wastewater Management. In: «Integrated Assessment and Decision Support», A.E. Rizzoli et al. (Eds.), Proc.1st Biennial Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society SEA, Como, pp. 508–513 (2002) [03353]
- Pianta R., Boller M.** (2001): Bericht über quantitative und qualitative Eigenschaften von Karstquellwasser und dessen Aufbereitung zu Trinkwasser mittels Membrantechnologie. EAWAG, Dübendorf. [03120]
- Reichert P., Borsuk M.E.** (2002): Uncertainty in Model Predictions: Does it Preclude Effective Decision Support? Proc. Conf. International Environmental Modelling and Software Society, A.E. Rizzoli et al. (Eds.), June 24–27, 2002, Lugano, Switzerland, Vol. 2, 43–48 [03347]
- Reinartz R., Bloesch J., Ring T., Stein H.** (2002): Sturgeons Are More than Caviar: A Plea for the Revival of Sturgeons in the Danube River (Extended Abstract). Internat. Assoc. Danube Res. 34, 505–516. [03330]
- Santiago S., Becker K., Chèvre N., Pardos M., Benninghoff C., Dumas M., Thybau E., Garrivier F.** (2002): Guide pour l'utilisation des tests écotoxicologiques avec les daphnies, les bactéries lumineuses et les algues vertes, appliqués aux échantillons de l'environnement. S. Santiago (Ed.).Groupe de travail «Tests écotoxicologiques» de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman. SOLUVAL SANTIAGO, Couvet, 55 p.
- Schager E., Peter A.** (2002): Bachforellensömmerlinge – Phase II. Fischnetz-Publikation, EAWAG, Dübendorf, IV + 218 Seiten.
- Schälchli U.** (2002): Innere Kolmation; Methoden zur Erkennung und Bewertung. Fischnetz-Publikation, EAWAG, Dübendorf, 24 Seiten.
- Schmidt T.C., Morgenroth E., Schirmer M., Effenberger M., Haderlein S.B.** (2002): Use and Occurrence of Fuel oxygenates in Europe. In: «Oxygenates in Gasoline – Environmental Aspects», A.F. Diaz, D.L. Drogos (Eds.). ACS Sympos. Series 799. Washington: Amer. Chem. Soc. 2002, pp. 58–79. [03083]
- Schwarzenbach R.P., Gschwend P.M., Imboden D.M.** (2002): Environmental Organic Chemistry, 2nd Edition. Wiley Interscience, Hoboken, USA, 1313 pp. ISBN 0-471-35053-2 (cl); 0-471-35750-2 (pb)
- Steiner M., Boller M.** (2002): Granulated Iron-hydroxide (GEH) for the Retention of Copper from Roof Runoff. In: «Chemical Water and Wastewater Treatment VII», H.H. Hahn, E. Hoffmann, H. Oedegaard (Eds.). IWA Publishing, London, pp. 233–242. [03314]
- Strehler A.** (2002): Immissionsstudie: Beschreibung der Immissionsdatenbank. Fischnetz-Publikation. EAWAG, Dübendorf, 20 Seiten.
- Suter M.J.-F., Aerni H.-R., Kobler B., Faller P., Rutishauser B.V., Wettstein F.E., Burkhardt-Holm P., Fischer R., Giger W., Hungerbühler A., Peter A., Schönenberger R., Eggen R.I.L.** (2002): The Combination of Biological and Chemical Analysis for the Determination of Estrogenicity in Swiss Wastewater Treatment Plant Effluents. Center of Excellence in Analytical Chemistry, ETH Zurich, Annual Report 2001, 14–18. [03381]
- Tockner K., Ward J.V., Edwards P.J., Kollmann J., Gurnell A.M., Petts G.E.** (2001): Der Tagliamento (Norditalien): Eine Wildflussauae als Modellökosystem für den Alpenraum. Laufener Seminarbeitrag Bd. 3. Bayer. Akad. für Naturschutz und Landschaftspflege, Laufen/Salzach, S. 25–34 [03217]
- Tockner K., Paetzold A., Karaus U.** (2002): Leben in der Flussdynamik zwischen Trockenfall und Hochwasser. In: «Rundgespräche der Kommission für Ökologie». Bd. 24. Verlag F. Pfeil, München, S. 37–46. [03224]
- Truffer B., Bruppacher S., Behringer J.** (2002): Nachfrage nach Ökostrom: Ergebnisse einer Fokusgruppenerhebung in den Städten Bern, Zürich und Stuttgart. Ökostrom Publ. Bd. 8. EAWAG, Kastanienbaum, 103 S. ISBN 3-905484-07-2
- Truffer B., Bloesch J., Bratrich C., Gonser T., Markard J., Hoehn E., Peter A., Wehrli B., Wüest A.** (2002): Ökostrom aus Wasserkraft – ein transdisziplinäres Forschungsprojekt. Schlussbericht (1997–2001). EAWAG Kastanienbaum, Ökostrompublikationen, Bd.10. EAWAG, Kastanienbaum. 80 S. ISBN 3-905484-09-9
- Wanner O.** (2002): Modeling of Biofilms. In: «Encyclopedia of Environmental Microbiology», G. Bitton (Ed.). John Wiley & Sons, New York, pp. 2083–2094. ISBN 0-47135450-3 [03174]
- Ward J.V., Kondratieff B.C., Zuelling R.E.** (2002): An Illustrated Guide to the Mountain Stream Insects of Colorado, 2nd Ed. University Press of Colorado. 195 p. ISBN 0870816535

Wegelin M., Meierhofer R., del Rosario Torres X., Gremion B., Mäusezahl D., Hobbins M., Indergand-Echeverria S., Grimm B., Aristanti C. (2002): Solar Water Disinfection – a Guide for the Application of SODIS. SANDEC Report No. 06/02, EAWAG, Dübendorf/Switzerland. 58 + 22 pp. ISBN 3-906484-24-6

Xue H.B., Sigg L. (2002): A Review of Competitive Ligand-exchange/Voltammetric Methods for Speciation of Trace Metals in Freshwater. In: «Environmental Electrochemistry: Analyses of Trace Element Biogeochemistry.» T.F. Rozan, M. Taillefert, (Eds.). ACS Symposium Series 811, Amer. Chem. Soc., Washington D.C., 336–370. [03185]

Yang H., Abbaspour K.C., Zhang Y.L. 2002): Desertification Control and Sandstorm Mitigation in the Area Encircling Beijing – with a Discussion on the Application of Bayesian Network and Hydrological Modeling. In: «Sustainable Utilization of Global Soil and Water Resources», Proc. 12th International Soil Conservation Organization Conference, Vol. IV, May 26–31, 2002, Beijing, China, pp. 1–6. [03352]

Zurbrügg C., Drescher S., Rytz I., Sinha M., Enayetullah I. (2002): Decentralised Composting in Dhaka, Bangladesh – Production of Compost and its Marketing. In: «Appropriate Environmental and Solid Waste Management and Technologies for Developing Countries» 2nd Ed., G. Kocasooy et al., (Eds.). Proceedings International Solid Waste Association (ISWA), Istanbul, pp. 1285–1292. [03248]

Zurbrügg C., Drescher S., Sharatchandra H.C. (2002): Decentralised Composting in India – Lessons Learned. Conf. Proc. 28th WEDC Internat. Conf. on Sustainable Environmental Sanitation and Water Services, November 18–22, 2002, Calcutta India. [03249]

Beiträge in nicht referierten Zeitschriften

Becker A., Rey P., Willi G. (2002): Grossversuch Totholz. fischnetz-info Nr. 10, 11–13 / Le bois mort, objet d'une expérimentation de grande envergure. fischnetz-info no. 10, 27–29.

Beer J., Wehrli B. (2002): Tracers – Making the Invisible Visible. EAWAG news 52e, 3–5 / Les traceurs: rendre visible l'invisible. EAWAG news 52f, 3–5.

Behra R. (2001): Editorial: Gewässer bewerten – Gewässer bewirtschaften. (Chinesisch: EAWAG news 51c, 2).

Berg M. (2002): Arsen im Trinkwasser – neuer Brennpunkt Vietnam. EAWAG news 53d, 12–14 / Arsenic in Drinking Water – Vietnam, New Focus of Attention. EAWAG news 53e, 12–14 / De l'arsenic dans l'eau potable – le Vietnam nouveau point de mire. EAWAG news 53f, 12–14.

Berg M., Hug S., van der Meer J.R., Zobrist J. (2002): Neue Herausforderung: Arsen im Trinkwasser. Aqua Press Internat. 4, 15–17 [03358]

Berg M., Hug S., Zobrist J. (2002): Arsen, eine neue Herausforderung für Wasserfachleute. CHemie 10, 3–13. [03243]

Bratrich C. (2001): Gewässerschutz mit Marktinstrumenten – das EAWAG-Projekt «Ökostrom». (Chinesisch: EAWAG news 51c, 20–22).

Broggi M.F. (2002): Schützt die Alpenkonvention das Wasserschloss Alpen? EAWAG news 55d, 7–8.

Bucher R. (2002): Feinsedimente in Fließgewässern – Auswirkungen auf den Fischfang fischnetz-info Nr. 9, 6–8 / Les sédiments fins dans les cours d'eau – Implication dans le phénomène de régression des populations de poisson. fischnetz-info no. 9, 27–29.

Bundi U. (2002): Alpiner Wasserreichtum im Visier. EAWAG news 55d, 3–6.

Bundi U. (2002): Gewässer integral aufwerten. PUSCH – praktischer umweltschutz schweiz: Thema Umwelt H. 3, S. 2–3. [03297]

Bundi U. (2002): Hannes Wasmer und sein Wirken an der EAWAG. EAWAG news 53d, 31 / Hannes Wasmer and his activity at EAWAG. EAWAG news 53e, 31 / Hannes Wasmer et son oeuvre à l'EAWAG. EAWAG news 53f, 31.

Bundi U., Karagounis I. (2002): Ziel: Nachhaltige Gemeindewerke. PUSCH – praktischer umweltschutz schweiz: Thema Umwelt H. 2, S. 2–3. [03298]

Bundi U., Truffer B. (2001): Integriertes Gewässermanagement als Perspektive. (Chinesisch: EAWAG news 51c, 3–6).

Burgherr P., Hieber M., Klein B., Monaghan M.T., Robinson C.T., Tockner K. (2002): Biodiversity of Zoobenthos in Alpine Streams: The Val Roseg. EAWAG news 54e, 22–23.

Burkhardt-Holm P. (2002): Projekt «Fischnetz»: Die Spannung steigt. Wasser, Boden, Luft, Umwelttechnik 38 (3), 22–23. [03274]

Drescher S., Zurbrügg C. (2002): Dezentrale Kompostierung in Indien. Müllmagazin 3, 17–21. [03251]

Eggen R.I.L. (2002): Biological Tracers in Ecotoxicology. EAWAG news 52e, 8–9 / L'emploi de traceurs biologiques en écotoxicologie. EAWAG news 52f, 8–9.

Eigenmann K. (2002): Das Fachseminar vom 19. April 2002 in Fribourg. fischnetz-info Nr. 9, 3–5 / Le séminaire spécialisé le 19 avril à Fribourg. fischnetz-info no. 9, 23–25.

Escher M. (2002): Veränderung der Geschlechtsorgane bei Felchen aus dem Thunersee. fischnetz-info Nr. 10, 9–11 / Modifications des organes génitaux des corégones du Lac de Thoune. fischnetz-info no. 10, 25–27.

Fette M., Wehrli B., Pätzold A., Tockner K. (2002): Dritte Rhonekorrektur: Revitalisierung trotz Kraftwerksbetrieb? EAWAG news 55d, 21–23.

Friedl G. (2002): Silver as a New Tracer for Diatom Production. EAWAG news 52e, 14–15 / L'argent: Nouveau traceur pour l'étude de la production de diatomées. EAWAG news 52f, 14–15.

Friedl G. (2002): Staudämme stören den Nährstoffkreislauf. Hotspot 6, 12. [03294]

Giger W. (2002): Umgang mit Risikofaktoren. EAWAG news 53d, 3–5 / Dealing with Risk Factors. EAWAG news 53e, 3–5 / Produits chimiques: Facteurs de risque pour l'environnement et la santé. EAWAG news 53f, 3–5.

- Giger W., Alder A.C.** (2002): Sediments – Archives of Detergents. EAWAG news 52e, 10–11 / Les sédiments – archives pour détergents. EAWAG news 52f, 10–11.
- Gonseth R., Bauchrowitz M.** (2002): Emerging Water Contaminants. An Interview with Ruth Gonseth. EAWAG news 52e, 22–23 / Les facteurs de risque dans l'eau. Une interview avec Ruth Gonseth. EAWAG news 52f, 22–23.
- Greber E., Baumann A., Cornaz S., Herold T., Kožel R., Muralt R., Zobrist J.** (2002): Grundwasserqualität in der Schweiz. GWA Gas, Wasser, Abwasser 82 (3), 191–201. [03181]
- Güttinger H., Hari R.** (2002): Fliessgewässer sind in den 90er Jahren 0,5–1,0 °C wärmer als in den 80er Jahren. fischnetz-info Nr. 10, 14–16 / Les cours d'eau sont réchauffés de 0,5 à 1,0 °C entre les années 80 et la dernière décennie. fischnetz-info no. 10, 30–32.
- Hermens J.** (2002): Herausforderungen in der ökologischen Risikobeurteilung. EAWAG news 53d, 29 / Challenges in Ecological Risk Assessment. EAWAG news 53e, 29 / Les défis de l'évaluation des risques écologiques. EAWAG news 53f, 29.
- Hertig A.** (2002): Einfluss von veränderten hydrologischen Bedingungen auf das Lebensraumangebot von Äschenlarven im Linthkanal. fischnetz-info Nr. 10, 7–9 / Influence des changements des conditions hydrologiques sur la disponibilité en habitats pour les larves d'ombres dans le canal de la Linth. fischnetz-info no. 10, 23–25.
- Hieber M., Burgherr P., Uehlinger U., Tockner K.** (2002): Alpine Fliessgewässer: vielfältige und empfindliche Ökosysteme. EAWAG news 55d, 9–11.
- Hieber M., Robinson C.T., Uehlinger U.** (2002): Alpine Lake Outlets: Distinctive Alpine Stream Types? EAWAG news 54e, 9–11.
- Hoehn E., Gonser T., Hohmann D., Stierli R.** (2002): Identification of Groundwater Habitats Using Radon as a Tracer. EAWAG news 52e, 18–19 / Distinction de divers habitats phréatiques à l'aide du radon utilisé comme traceur. EAWAG news 52f, 18–19.
- Holm P.** (2001): Fische – Indikatoren und Gewinner. (Chinesisch: EAWAG news 51c, 23–25).
- Holm P.** (2002): «Fischnetz»-Projekte und Prioritäten im letzten Drittel. fischnetz-info Nr. 9, 20–21 / «Fischnetz»-Projets et priorités dans le dernier tiers. fischnetz-info no. 9, 41–42.
- Holm P.** (2002): Fische in Not – Detektivarbeit im Projekt Fischnetz. Hotspot 6, 11. [03293]
- Holm P., Güttinger H., Baumann P.** (2002): Die Entwicklung des Fischnährtierbestandes in schweizerischen Fliessgewässern zwischen 1980 und 2000. fischnetz-info Nr. 10, 5–7 / L'évolution des ressources alimentaires animales de la faune piscicole des eaux courantes en Suisse 1980 à 2000. fischnetz-info no. 10, 21–23.
- Karagounis I., Bundi U.** (2002): Ein nachhaltiges Gemeindegewerk – was nun? PUSCH – praktischer umweltschutz schweiz: Thema Umwelt H. 2, S. 4–6. [03296]
- Kipfer R.** (2002): Conservative Elements on New Trails. EAWAG news 52e, 20–21 / Éléments conservatifs vers de nouveaux horizons. EAWAG news 52f, 20–21.
- Kobler B., Peter A.** (2002): Veränderungen bei Bachforelleneiern und -brütlingen in einem belasteten Fluss. fischnetz-info Nr. 9, 15–17 / Perturbation des oeufs et des alevins de truite fario dans une rivière polluée. fischnetz-info no. 9, 36–37.
- Kohler H.-P.E.** (2002): Editorial: Risikofaktoren im Wasser. EAWAG news 53d, 2 / Editorial: Risk Factors in Water. EAWAG news 53e, 2 / Editorial: Facteurs de risque dans l'eau. EAWAG news 53f, 2.
- Köster W.** (2002): Krankheitserreger im Trinkwasser. Oekoskop Nr. 2, 14–18. [03288]
- Köster W., Egli T.** (2002): Molekulare Methoden in der mikrobiellen Trinkwasseranalytik. BIOSpektrum 8 (4), 368–372. [03287]
- Köster W., Egli T., Rust A.** (2002): Krankheitserreger im (Trink-) Wasser? EAWAG news 53d, 26–28 / Pathogens in (Drinking) Water? EAWAG news 53e, 26–28 / Des agents pathogènes dans l'eau (potable)? EAWAG news 53f, 26–28.
- Küttel S., Uhlmann V.** (2002): Zustand der aquatischen Fauna im Rhonesystem. fischnetz-info Nr. 9, 17–18 / Etat de la faune aquatique dans l'hydrosystème rhodanien. fischnetz-info no. 9, 37–39.
- Larsen T.A., Gujer W.** (2002): Waste Design, Source Control und On-Site-Technologien: Der Weg zu einer nachhaltigen Siedlungswasserwirtschaft. Korrespondenz Abwasser 49 (10), 1372–1379. [03375]
- Leentvaar J.** (2001): Integrierte Wasserwirtschaft in Flusseinzugsgebieten. (Chinesisch: EAWAG news 51c, 18–19).
- Lichtensteiger T.** (2002): Auf dem Weg zum Endlager: Auswirkung thermischer Behandlungen auf den Stoffhaushalt von Deponien. Österr. Wasser- & Abfallwirtschaft 54 (3/4), 29–36. [03184]
- Lienert J., Larsen T.A.** (2002): Urinseparierung – eine Alternative für die schweizerische Siedlungswasserwirtschaft? GWA Gas, Wasser, Abwasser 82 (11), 819–826. [03373]
- Lièvre A., Périat G., Degiorgi F., Vergon J.-P.** (2002): Untersuchungen zum Fischrückgang in den Jura-Fliessgewässern. fischnetz-info Nr. 9, 8–11 / Etude des causes de diminution des populations de poissons dans les cours d'eau jurassiens. fischnetz-info no. 9, 29–31.
- Malard F.** (2002): Biodiversity in a Glacial Hyporheic Corridor. EAWAG news 54e, 16–17.
- McArdell C.S., Alder A.C., Golet E.M., Molnar E., Nipales N.S., Giger W.** (2002): Antibiotika: Kehrseite der Medaille. EAWAG news 53d, 21–23 / Antibiotics – The Flipside of the Coin. EAWAG news 53e, 21–23 / Antibiotiques: Le revers de la médaille. EAWAG news 53f, 21–23.
- Meier Bürgisser G.** (2001): Der Dialog geht weiter – BürgerInnen und Forschende am zweiten Runden Tisch von «Science et Cité». (Chinesisch: EAWAG news 51c, 29).
- Meier W.K., Reichert P.** (2001): Modelle im Gewässerschutz – wie Modelle und Expertenurteile zur Lösung von Umweltproblemen beitragen. (Chinesisch: EAWAG news 51c, 13–15).

Monaghan M.T., Spaak P., Robinson C.T. (2002): Habitat Fragmentation and Genetic Diversity. What We can Learn by Studying Alpine Aquatic Insects. EAWAG news 54e, 24–26.

Mosler H.-J., Bächtli M., Soligo O., Mosler-Berger C. (2002): Angler über sich selbst – Verhalten, Motive, Zufriedenheit 1980 bis heute. Eine Umfrage in fünf Schweizer Kantonen. fischnetz-info Nr. 9, 18–21 / Les pêcheurs vus par eux-mêmes – Comportement, motivation et degré de satisfaction de 1980 à nos jours. Un sondage réalisé dans cinq cantons suisses. fischnetz-info no. 9, 39–41.

Müller B. (2002): Biolandbau – eine Lösung für das Phosphorproblem der Mittellandseen? Kommunalmagazin 19 (10), 27–30. [03283]

Peter A. (2001): Das Modul-Stufen-Konzept – Grundlagen für die Bewertung von Fließgewässern. (Chinesisch: EAWAG news 51c, 7–9).

Pfeifer H.-R., Zobrist J. (2002): Arsen im Trinkwasser – auch ein Schweizer Problem? EAWAG news 53d, 15–17 / Arsenic in Drinking Water – also a Problem in Switzerland? EAWAG news 53e, 15–17 / De l'arsenic dans l'eau potable – la Suisse également concernée? EAWAG news 53f, 15–17.

Poremski H.-J., Wiandt S. (2002): Die Strategie der OSPAR-Kommission gegen den Eintrag gefährlicher Stoffe in die Meere. EAWAG news 53d, 6–8 / The OSPAR Strategy Against the Introduction of Hazardous Substances into the Marine Environment. EAWAG news 53e, 6–8 / La stratégie de la Commission OSPAR pour lutter contre le rejet en mer des produits dangereux. EAWAG news 53f, 6–8.

Psenner R. (2002): Alpine Seen: Extremökosysteme unter dem Druck globaler Veränderungen. EAWAG news 55d, 12–14.

Real M., Bader H.-P., Scheidegger R. (2001): Minimizing the Environmental Impact of Large-scale Rural PV. Renewable Energy World 4 (1), 41–54. [03277]

Rechberger H. (2002): Ein Beitrag zur Bewertung des Stoffhaushaltes von Metallen. Technikfolgeabschätzung – Theorie und Praxis 11 (1), 25–31. [03315]

Renz H. (2002): Kleine Saane – Bestandesaufbau, Besatz und Naturverlaichung von Bachforellen. fischnetz-info Nr. 9, 11–13 / La Petite-Sarine – Structure du peuplement de truite fario, alevinages et reproduction. fischnetz-info no. 9, 31–33.

Renz H. (2002): Editorial: Partnerschaftliche Zusammenarbeit. fischnetz-info Nr. 10, 2 / Editorial: Coopération entre partenaires. fischnetz-info no. 10, 18.

Robinson C.T., Uehlinger U. (2002): Glacial Streams in Switzerland: A Dominant Feature of Alpine Landscapes. EAWAG news 54e, 6–8.

Robinson C.T., Uehlinger U., Monaghan M.T. (2002): Stream Response to Experimental Floods. EAWAG news 54e, 27–29.

Rothenberger D., Moosmann L., Boller M. (2002): Reformen in der Schweizer Siedlungswasserwirtschaft – EAWAG-Workshop – ein zusammenfassender Rückblick, GWA Gas, Wasser, Abwasser 82 (9), 691–694. [03368]

Schädler B. (2002): Auswirkungen der Klimaveränderung auf alpine Gewässersysteme. EAWAG news 55d, 24–26.

Schälchli U. (2002): Die innere Kolmation von Fließgewässersohlen – eine neue Methode zur Erkennung und Bewertung. fischnetz-info Nr. 9, 5–6 / Le colmatage interne du fond des cours d'eau – une nouvelle méthode d'identification et d'évaluation. fischnetz-info no. 9, 25–27.

Schertenleib R. (2002): Globale Wasserproblematik. Umwelt Focus Nr. 4, 45–49. [03309]

Scheurer K. (2002): Netzwerk Fischrückgang Schweiz – nationale und internationale Vernetzung von «Fischnetz». fischnetz-info Nr. 10, 3–5 / Réseau suisse poissons en diminution – Contacts de «Fischnetz» avec d'autres projets nationaux et internationaux. fischnetz-info no. 10, 19–21.

Scheurer T. (2002): Limnological Research in the Swiss National Park. EAWAG news 54e, 30–32.

Schmidt T., Haderlein S., Zwank L. (2002): Gefährdet der Benzin-zusatz Methyl-*tert*-butylether (MTBE) das Grundwasser? EAWAG news 53d, 18–20 / Does the Fuel Oxygenate Methyl-*tert*-butylether (MTBE) Threaten the Ground Water? EAWAG news 53e, 18–20 / Les eaux souterraines sont-elles menacées par le méthyl-*tert*-butyl-éther (MTBE), un additif d'essence? EAWAG news 53f, 18–20.

Schweigert N., Behra R., Eggen R., Escher B., Holm P. (2001): Wie können Schadstoffeinflüsse auf Fließgewässer nachgewiesen werden? (Chinesisch: EAWAG news 51c, 10–12).

Stadelmann F.X., Külling D., Herter U. (2002): Klärschlamm: Dünger oder Abfall? EAWAG news 53d, 9–11 / Sewage Sludge: Fertilizer or Waste? EAWAG news 53e, 9–11 / Les boues d'épuration: Engrais ou déchets? EAWAG news 53f, 9–11.

Steiner M., Boller M. (2002): Meteorwasser von Kupfer-Dachflächen muss künftig gefiltert werden. Kommunalmagazin 19 (10), 23–25. [03367]

Strauss M., Montangero A. (2002): Faecal Sludge Treatment and Management – Research, Extension and Dissemination. SANDEC News No. 5, 3–4.

Sturm M., Kulbe T., Ohlendorf C. (2002): Archive in der Tiefe von Hochgebirgsseen. EAWAG news 55d, 15–17.

Suter M.J.-F., Aerni H.-R., Kobler B., Rutishauser B., Wettstein F., Fischer R., Hungerbühler A., Marazuela M.D., Schönenberger R., Eggen R.I.L., Giger W., Peter A. (2002): Hormonaktive Verbindungen in schweizerischen Gewässern – Ergebnisse des EU-Projekts COMPREHEND. fischnetz-info Nr. 9, 13–15 / Substances à effets endocriniens dans les eaux suisses – Résultats du projet européen COMPREHEND. fischnetz-info No. 9, 33–35.

Suter M.J.-F., Aerni H.-R., Kobler B., Rutishauser B., Wettstein F., Fischer R., Hungerbühler A., Marazuela M.D., Schönenberger R., Eggen R.I.L., Giger W., Peter A. (2002): Wie wirkt die Pille auf den Fisch. EAWAG news 53d, 24–25 / How Does the Pill Affect Fish? EAWAG news 53e, 24–25 / Les effets de la pilule sur les poissons. EAWAG news 53f, 24–25.

Tillmann D.E., Larsen T.A., Pahl-Wostl C., Gujer W. (2002): Risikoverminderung durch Steuerung des Wasserverbrauchs. GWA Gas, Wasser, Abwasser 82 (10), 743–750. [03349]

Tockner K. (2002): Ausgedehnte Wildflusslandschaft durch Hochwasserschutz bedroht. *Garten+Landschaft* 12, 42. [03361]

Tockner K., Peter A. (2002): Totholz spielt im Ökosystem der Gewässer eine wichtige Rolle. *Kommunalmagazin* 19 (10), 31. [03284]

Tockner K., Uehlinger U., Malard F. (2002): Habitat Dynamics in the Val Roseg Flood Plain. *EAWAG news* 54e, 14–15.

Uehlinger U. (2001): Vom Bachabschnitt zum Einzugsgebiet – die ökologische Bedeutung räumlicher und zeitlicher Heterogenität. (Chinesisch: *EAWAG news* 51c, 16–17).

Uehlinger U., Malard F., Tockner K. (2002): Val Roseg: A Glacial Flood Plain in the Swiss Alps. *EAWAG news* 54e, 12–13.

Uehlinger U., Naegeli M., Fisher S.G. (2002): A Heterotrophic Desert Stream? The Role of Sediment Stability. *Western North Amer. Naturalist* 62 (4), 466–473. [03291]

Uehlinger U., Robinson C. (2002): Auswirkungen künstlicher Hochwasser auf die Ökologie des Spöl. *Cratschla H.* 2, 20–21. [03295]

Uehlinger U., Tockner K., Burgherr P. (2002): Vielfalt im Gebirgsbach – Resultate aus dem Val-Roseg-Projekt. *Hotspot* 6, 9. [03292]

Uehlinger U., Tockner K., Malard F. (2002): Ecological Windows in Glacial Stream Ecosystems. *EAWAG news* 54e, 20–21.

Uehlinger U., Zah R., Gessner M., Robinson C.T. (2002): Organic Matter Dynamics in Alpine Streams. *EAWAG news* 54e, 18–19.

Ward J.V. (2002): The Ecology of Alpine Streams. *EAWAG news* 54e, 3–5.

Wegelin M., Meierhofer R. (2002): SODIS – A New Method Gradually Used Worldwide to Improve the Drinking Water Quality. *SANDEC News* No. 5, 5.

Wehrli B. (2002): Alpine Gewässer – Fragile Vielfalt in Bedrängnis. Editorial: Die Alpen im Fluss. *EAWAG news* 55d, 2.

Wehrli B. (2002): Editorial: Tracers: Elements of Evidence in Environmental Research: Detective Work. *EAWAG news* 52e, 2 / Editorial: Traceurs: Éléments de dépistage de la recherche environnementale: Un travail de détective. *EAWAG news* 52f, 2.

Wicky J.-D. (2002): Rückgang der Nasen (*Chondrostoma nausius*) in der Kleinen Saane (FR). *fischnetz-info* Nr. 10, 13–14 / Déclin des populations de nases (*Chondrostoma nausius*) dans la Petite Sarine (FR). *fischnetz-info* no. 10, 29–30.

Widmer W. (2002): Editorial: Fischnetz auf der Zielgeraden. *fischnetz-info* Nr. 9, 2 / Editorial: Le projet «Fischnetz» dans la dernière ligne droite. *fischnetz-info* No. 9, 22.

Willi H.P. (2001): Synergie von Hochwasserschutz und Gewässerökologie – der Raum als Schlüsselgröße. (Chinesisch: *EAWAG news* 51c, 26–28).

Wüest A., Jonas T., Lorke A., Schurter M. (2002): Temperature Microstructure as a Tracer of Turbulence and Mixing. *EAWAG news* 52e, 16–17 / Les microstructures thermiques: Traceurs pour l'étude des turbulences et du brassage des eaux. *EAWAG news* 52f, 16–17.

Wüest A., Moosmann L., Friedl G. (2002): Alpine Wasserkraftwerke und ihre «Fernwirkung» auf talwärts liegende Gewässer. *EAWAG news* 55d, 18–20.

Zeh M. (2002): Brienzersee: Nach der Systemanalyse sind weitere Untersuchungen nötig. *fischnetz-info* Nr. 10, 16–17 / Lac de Brienz: des recherches complémentaires s'imposent au vu de l'analyse systémique. *fischnetz-info* no. 10, 32–33.

Zehnder A.J.B. (2002): Editorial: Alpine Streams. *EAWAG news* 54e, 2.

Zehnder A.J.B. (2002): Wasserressourcen und Bevölkerungsentwicklung. *Nova Acta Leopoldina* NF 85 (323), 399–418. [03165]

Zepp K. (2002): RNA – A Tracer to Detect Microorganisms. *EAWAG news* 52e, 12–13 / L'ARN: un traceur pour identifier des microorganismes. *EAWAG news* 52f, 12–13.

Zurbrügg C., Drescher S. (2002): Solid Waste Management – Biological Treatment of Municipal Solid Waste. *SANDEC News* No. 5, 6–7.

Zwank L. (2002): Determination of the Compound-Specific Isotope Signature of Chemical Pollutants. *New Perspectives in Contaminant Hydrology*. *EAWAG news* 52e, 6–7 / Détermination de la composition isotopique de polluants chimiques. De nouveaux horizons dans le domaine de l'hydrologie des polluants. *EAWAG news* 52f, 6–7.

Tätigkeit in Kommissionen, Arbeitsgruppen etc.

- 3rd European Meeting on Environmental Chemistry, Honorary and Scientific Committee, Member **Laura Sigg**
- 7th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, International Committee, Member **Laura Sigg**
- Ad-hoc-Arbeitsgruppe «DDT im Lago Maggiore», Mitglied **Stephan Müller**
- Aguasan, Schweiz. Koordinationsgruppe im Bereich Wasserversorgung und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern, Mitglieder **Hasan Belevi, Roland Schertenleib, Martin Strauss, Martin Wegelin, Christian Zurbrügg**
- Alliance for Global Sustainability (AGS), Scientific Council, Member **Roland Schertenleib**
- American Academy of Microbiology, Colloquium «Re-evaluation of Microbial Water Quality, Powerful New Tools for Detection and Risk Assessment», Member **Wolfgang Köster**
- American Water Works Association Research Foundation (AWWARF), Emerging Technology Group, Member **Markus Boller**
- Annales Zoologici Fennici, Guest Editor **Rudolf Müller**
- Antonie van Leeuwenhoek, Editorial Board Member **Alexander J.B. Zehnder**
- Aquatic Geochemistry, Editorial Board, Member **Laura Sigg**
- Aquatic Sciences – Research across Boundaries, Editorial Board, Editor-in-Chief **Barbara Sulzberger**; Editorial Assistant **Silvia Jost**; Members **Klement Tockner, Alfred Wüest**

- Arbeitsgemeinschaft «Material- und Energieflussrechnung» (Deutschland), Mitglied **Susanne Kytzia**
- Arbeitsgemeinschaft «Renaturierung des Hochrheins», Mitglied **Jürg Bloesch**
- Arbeitsgemeinschaft zum Schutz der Aare, Vizepräsident **Jürg Bloesch**
- Arbeitsgruppe «Projektbegleitung der Kläranlage Luzern», Mitglied **Hansruedi Siegrist**
- Arbeitsgruppe «Veterinärpharmaka in der Umwelt», Vorsitzender **Stephan Müller**; Mitglieder **Alfredo Alder, Christa McArdell**
- Archiv für Hydrobiologie, Supplement, Editorial Board, Member **James V. Ward**
- ATV-DVWK – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Arbeitsgruppe 2.1.2 «Nachhaltige Siedlungswasserwirtschaft», Mitglieder **Tove A. Larsen, Irene Peters**
- ATV-DVWK, Arbeitsgruppe GB 5.1: «Nachhaltige Siedlungswasserwirtschaft», Mitglied **Tove A. Larsen**
- ATV-DVWK, Fachausschuss 2.6. «Aerobe biologische Abwasserreinigungsverfahren», Mitglied **Willi Gujer**
- ATV-DVWK, Arbeitsgruppe «Wassersparen», Mitglied **Irene Peters**
- Auenberatungsstelle, Yverdon, Komitee-Mitglied **Armin Peter**
- AWEL – Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich, Koordinationsstelle für Störfallvorsorge, Task Force für Biologische Sicherheit, Biologie-Fachberater **Rik I.L. Eggen, Thomas Egli, Paolo Landini**
- AWEL, Wissenschaftlicher Beirat für Abfallkonzept 2002–2006, Mitglieder **Hans Peter Bader, Thomas Lichtensteiger**
- BAG – Bundesamt für Gesundheit, Arbeitsgruppe «Übernahme internationaler normierter Methoden», Mitglied **Jürg Zobrist**
- BAG, Expertengruppe «Umweltradioaktivität», Experte **Jürg Beer**
- BAG, Wissenschaftliche Arbeitsgruppe «Viren», Mitglied **Wolfgang Köster**
- Biodegradation, Editorial Board, Managing Editor **Thomas Egli**
- BirsVital, Begleitkommission, Mitglied **Armin Peter**
- bmb+f, Deutsches Bundesministerium für Bildung und Forschung, Expertise zur Ausschreibung eines künftigen Forschungsschwerpunktes «Wissenschaftspolitik», **Bernhard Truffer**
- bmb+f, Shaping Sustainable Transformation – Forschungsnetzwerk finanziert durch das Deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung, **Bernhard Truffer**
- Bundesamt für Energiewirtschaft, Kommission für die nukleare Entsorgung (KNE), Mitglieder **C. Annette Johnson, Rolf Kipfer**
- Bundesamt für Landwirtschaft, Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Schweiz (KVU), Arbeitsgruppe «Phosphorüberschüsse», Mitglied **Beat Müller**
- Bundesamt für Landwirtschaft, Projektgruppe «Evaluation der Ökomassnahmen», Mitglieder **Stephan Müller, Heinz Singer**
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (Deutschland), Mitglied Gutachtergremium **Laura Sigg**
- BUWAL – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Arbeitsgruppe «Abfallentsorgung in Zementwerken», Revisionskommission, Mitglied **Thomas Lichtensteiger**
- BUWAL, Arbeitsgruppe «Abschätzung der konkreten Gefahr gemäss Altlasten-Verordnung mittels TRANSSIM», Mitglied **Stefan Haderlein**
- BUWAL, Arbeitsgruppe «Endokrine Effekte», Mitglieder **Walter Giger, Patricia Holm**
- BUWAL, Arbeitsgruppe «Kormoran und Fische», Mitglied **Rudolf Müller**
- BUWAL, Arbeitsgruppe «Ökologische Kriterien mineralischer Baustoffe», Mitglied **Thomas Lichtensteiger**
- BUWAL, Kommission, Revision der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA), Mitglieder **C. Annette Johnson, Rolf Kipfer**
- BUWAL/EAWAG/EMPA, Benthosbiologische Beurteilung der Fließgewässer (Stufe F), Erarbeitung der Methode, Vorsitz (zusammen mit U. Sieber, BUWAL) **Andreas Frutiger**
- BUWAL/EAWAG/Gewässerschutzamt des Kantons Bern/Wasserversorgung Zürich, Arbeitsgruppe Modulkonzept Seen, Mitglieder **Beat Müller, Rudolf Müller, Stephan Müller**; Vorsitzender Fachgruppe «Litoral» **Hans Rudolf Bürgi**
- BUWAL/EAWAG/Gewässerschutzamt des Kantons Bern/Wasserversorgung Zürich, Task Force Modul-Stufenkonzept Zustandsbeurteilung der Fließgewässer, Mitglieder **Andreas Frutiger, Armin Peter, Klaus Dieter Schulz**
- BUWAL/Schweiz. Gesellschaft für Hydrogeologie, Arbeitsgruppe «Wegleitung zur Ausscheidung von Grundwasserschutz zonen und Zuströmbereichen», Mitglieder **Eduard Hoehn, Jürg Zobrist**
- BWG – Bundesamt für Wasser und Geologie, Gruppe «Isotope und Umwelt», Experte **Jürg Beer**
- BWG, Gruppe für operationelle Hydrologie, Mitglied **Eduard Hoehn**; Arbeitsgruppe «Feststoffbeobachtung», Mitglied **Michael Sturm**
- Canada Research Chairs Program; Reviewer **Laura Sigg**
- Centre Européen de Recherche et d'enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE), Aix-en-Provence, France, Comité d'Evaluation, Membre **Laura Sigg**
- Chemosphere, Editorial Board, Member **Marc Suter**
- Collaborative Council for Water Supply and Sanitation (CCWSS), Working Group «Environmental Sanitation», Chairman **Roland Schertenleib**
- Collaborative Working Group for the Promotion of Municipal Solid Waste Management in Lower and Middle Income Countries, Member **Christian Zurbrugg**
- Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (CIP AIS), Esperta **Renata Behra**
- Deutsche Forschungsgemeinschaft, Expertengruppe «Schwerpunktprogramm Grundwasser», Mitglied **Bernhard Wehrli**
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Stuttgart, Expertenhearing zur Umweltbewertung der Wasserkraft, **Bernhard Truffer**
- DVGW – Deutscher Verband des Gas- und Wasserfachs, Arbeitskreis «Partikelentfernung», Gast **Markus Boller**
- EAWAG/BUWAL, Projekt «Fischnetz», Projektleiterin **Patricia Holm**; Mitglieder der Projektleitung **Roman Bucher, Peter Dollenmeier, Walter Giger, Herbert Güttinger, Ueli Ochsenbein, Armin Peter, Heinz Renz, Karin Scheurer, Helmut Segner, Erich Staub, Marc Suter**
- Ecohydrology + Hydrobiology, Member of Editorial Board **James V. Ward**
- Eidg. Departement des Innern (EDI), Informations- und Koordinationsorgan «Umweltbeobachtung» (IKUB), Mitglied **Jürg Zobrist**
- Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz, Begleitende Expertengruppe, Mitglied **Ueli Bundi**
- Eidg. Kommission für AC-Schutz (KOMAC), Arbeitsgruppe Messorganisation, Mitglied **Jürg Beer**
- Entsorgung und Recycling Zürich, Arbeitsgruppe «Optimierung Kläranlagenbetrieb Werdhölzli», Mitglied **Hansruedi Siegrist**
- Environmental Science and Technology, European Office, Editorial Board, Senior Associate Editor **Alexander J.B. Zehnder**; Associate Editors **Walter Giger, Laura Sigg**; Advisory Board **René P. Schwarzenbach**
- ETH Zürich, Doktorats-Ausschuss Umweltwissenschaften, Mitglied **James V. Ward**
- ETH Zürich, Forschungskommission, Mitglied **Bernhard Wehrli**
- ETH Zürich, Interdepartementale Unterrichtskommission «Umwelt und natürliche Ressourcen», Vorsitz **René P. Schwarzenbach**

- ETH Zürich, Kompetenzzentrum Analytische Chemie (CEAC), Mitglieder des Leitenden Ausschusses **Marc Suter, Bernhard Wehrli**; Wilhelm Simon Scholarship, Award Committee, Member **Marc Suter**
- ETH Zürich, Silbermedaille, Umweltnaturwissenschaften, ETH, Mitglied der Jury **James V. Ward**
- ETH Zürich, Studiendelegierter für den Studiengang Umweltingenieurwissenschaften am Departement Bau, Umwelt und Geomatik (D-BAUG) **Willi Gujer**
- ETH Zürich, Unterrichtskommission Departement Umweltnaturwissenschaften, Vorsitzender **René P. Schwarzenbach**; Mitglied **Bernhard Wehrli**
- ETH-Bereich, ECOINVENT 2000. Centre for Life Cycle Inventories, Representative of EAWAG, Member **Susanne Kytzia**
- ETH-Bereich, Erfahrungsaustausch-Gruppe «Verwertung von Wissen», Mitglied **Isabel Wiedmer**
- ETH-Bereich, Erfahrungsaustausch-Gruppe Informatik, Mitglied **Gabriel Piepke**
- ETH-Bereich, Implementierung Strategische Planung (ISP), Vertreter der EAWAG **Peter Häni**
- ETH-Bereich, Informatikkommission (IK-EB), Mitglied **Gabriel Piepke**
- ETH-Bereich, Neues Lohnsystem im ETH-Bereich, Teilprojekt Leistung, Vertreter der EAWAG **Peter Häni**
- ETH-Bereich, Ressourcen- und Umweltmanagement in der Bundesverwaltung RUMBA, Gesamtprojektleitung Einführung von RUMBA im ETH-Bereich **Herbert Güttinger**
- ETH-Bereich, Sounding Board «Neues Lohnsystem», Mitglied **Gabriel Piepke**
- ETH-Rat, Lenkungsausschuss Strategie Nachhaltigkeit, Vorsitzender **Alexander J.B. Zehnder**
- ETH-Zürich, Scientific Council of the Alliance of Global Sustainability (AGS), Member **James V. Ward**
- EU-COST – European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research, Action 520 «Biofouling and Materials», Member **Oskar Wanner**
- EU-COST, Action 629 «Impact and Indicators of Water Pollution in Natural Porous Media», Swiss Representatives **Jürg Zobrist, Nina Schweigert**
- EU-COST, Program 624 «Optimal Management of Wastewater systems», Working group 2, «Integrated Modelling», Head **Wolfgang Rauch**; Member **Leiv Rieger**
- EU-COST, Program 624 «Optimal Management of Wastewater systems», Management committee and Working Group 4 «Biological processes», Member **Hansruedi Siegrist**
- European Chemical Industry Council (CEFIC), External Science Advisory Panel, «The Long-range Research Initiative», Chairman **Alexander J.B. Zehnder**
- European Federation for Biotechnology, Section Microbial Physiology, Member, (Delegierter Schweiz. Gesellschaft für Mikrobiologie) **Thomas Egli**
- European Federation of the Chemical Societies (FECS), Division of Chemistry and the Environment, Member **Walter Giger**
- European Green Electricity Network (EUGENE), Head of the Working Group «Hydropower», **Bernhard Truffer**
- European Mountain Lake Ecosystems: Regionalization, Diagnostics and Social Economic Evaluation (EMERGE), EU Project, Steering Group, Convenor and Member **David M. Livingstone**
- European Network of Fresh Water Research Organizations (EurAqua), Member **Peter Häni**
- European Photochemistry Association (EPA), Executive Committee, Member **Silvio Canonica**
- European Science Foundation (ESF), European Lake Drilling Project (ELDP), Steering Committee, Member **Michael Sturm**
- European Society for Quantum Solar Energy Conversion (ESQSEC), Scientific Board, Member **Barbara Sulzberger**
- European Society of Limnology and Oceanography (ESLO), Organizing Committee, Member **Gabriela Friedl**
- Expertenhearing zur Definition eines Deutschen Ökolabelstandards für Wasserkraftanlagen (WWF Deutschland), **Bernhard Truffer**
- Fachgruppe RUMBA der Bundesverwaltung, Mitglied als Vertreter des ETH-Bereichs **Herbert Güttinger**
- FAO Food and Agriculture Organization, European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC), Chairman **Rudolf Müller**; Working Group «Habitat – Fish», Member **Armin Peter**
- Flughafen Zürich-Kloten, Expertengruppe «Enteisung», Mitglieder **Markus Boller, Stefan Haderlein, Hans Peter E. Kohler**
- Freshwater Biological Association, UK, Council, Member **Mark O. Gessner**
- Freshwater Biology, Special Issue Editor **Mark O. Gessner**
- GDCh – Gesellschaft Deutscher Chemiker, Arbeitsgruppe «Chemikalienbewertung, Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie», Mitglied **Stefan Haderlein**
- GDCh, Arbeitskreis Chemie und Biologie der Altlasten, Mitglied **Stefan Haderlein**
- GDCh, Expertengremium «Wirkungsbezogene Verfahren zur Gewässerbewertung» im Hauptausschuss II der Fachgruppe Wasserchemie, Mitglied **Rik I.L. Eggen**
- GDCh, Kommission «Biochemische Arbeitsmethoden» der Fachgruppe Wasserchemie, Mitglied **Hans-Peter E. Kohler**
- GDCh, Koordinierungsgremium des Hauptausschusses II «Stoffe und Gewässergüte» der Fachgruppe Wasserchemie, Mitglied **Rik I.L. Eggen**
- Geochemical Society, Scientific Program Committee Goldschmidt Conference, Member **Bernhard Wehrli**
- Geochemical Society, V.M. Goldschmidt Award Committee, Member **Laura Sigg**
- Gewässer- und Bodenschutzlabor (GBL) des Amts für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern (GSA), Projekt «Ökosystemveränderungen Brienzensee», Leiter der begleitenden Expertengruppe **Alfred Wüest**
- Global Applied Research Network (GARNET), Advisory Committee, Member **Roland Schertenleib**
- Global Water Partnership, Member **Roland Schertenleib**
- Gothenburg Symposium, Scientific Committee, Member **Markus Boller**
- Greifensee-Projekt, Mitglied der Steuergruppe **Stephan Müller**
- Gruppierung Gewässer- und Umweltschutzlaboratorien der Kantone, Mitglieder **Michael Berg, David Kistler**
- gtz Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Arbeitsgruppe «Profitable Environmental Management» des Pilotprojektes P3U **Dieter Rothenberger**
- gtz, «Near-East Environment, Water and Solid Waste Network», Vorsitzender einer Arbeitsgruppe über Alternativen zur Beteiligung Privater an der Wasserversorgung **Dieter Rothenberger**
- Hermann-von-Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, Senatsmitglied **Alexander J.B. Zehnder**
- Hochschulgruppe «Erfahrungsaustausch Simulation», Mitglied **Leiv Rieger**
- Holocene Climate Variability (HOLIVAR), Steering Committee, Member **Jürg Beer**
- Hydrobiologia, Guest Editor **Piet Spaak**
- Hydrologischer Atlas der Schweiz, Atlaskommission, Mitglied **Jürg Bloesch**
- Institut National de la Recherche Agronomique, Commission d'Evaluation collective du champ thématique «Fonctionnement et Gestion des Ecosystèmes Aquatiques (FEA)», Membre **Rudolf Müller**

- Institut National des Sciences Appliquées (INSA), Département des Etudes Doctorales et Relations Internationales Scientifiques Villeurbanne, France, Jury de soutenance de l'habilitation à diriger des recherches en science, Membre **Paolo Landini**
- Interessengemeinschaft Ökologische Beschaffung (IGÖB), Vertreter der EAWAG **Herbert Güttinger**
- Internat. Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD), Präsident **Jürg Bloesch**
- Internat. Association for Sediment Water Science (IAWS), Board of Directors, Member **Jürg Bloesch**
- Internat. Association of Hydraulic Research/Internat. Water Association (IAHR/IWA), Joint committee «Urban drainage», Member **Wolfgang Rauch**
- Internat. Committee on Microbial Ecology (ICOME), Executive Committee, Member **Alexander J.B. Zehnder**
- Internat. Geosphere-Biosphere Programme, Landeskomitee Schweiz, Mitglied **Jürg Beer**
- Internat. Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB), Arbeitsgruppe «See», Sachverständige **Hans Rudolf Bürgi, Heinrich Bühler**; Arbeitsgruppe «Umland», Sachverständiger **Heinrich Bühler**
- Internat. Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (KHR), Mitglied **Ueli Bundi**
- Internat. Scientific Coordinating Committee for the Nyiragongo-N Kivu crisis (OCHA support) **Alfred Wüest**
- Internat. Society for Industrial Ecology, Members **Susanne Kytzia, Helmut Rechberger**
- Internat. Solid Waste Association – Switzerland, Forum Thermal Treatment of Waste, Member **Hasan Belevi**; Forum Biological Treatment of Waste, Member **Christian Zurbrügg**
- Internat. Vereinigung für Limnologie (IVL-SIL), Landesvertreter der Schweiz **Jürg Bloesch**
- International Water Management Course (IWMC), Organizing Committee **Markus Boller**
- Italian Ministry for Education, University and Research, Grant Reviewer **Marc Suter**
- IWA – Internat. Water Association, Governing Board, Member, Representative of VSA **Willi Gujer**
- IWA International Conference on «Nano- and Microparticles in Water and Wastewater Treatment, Zurich, September 2003, Organizing Committee **Markus Boller, Wouter Pronk, Denis Mavrocordatos**
- IWA, Research Committee, Member **Markus Boller**
- IWA, Specialist Group «Biofilm Processes», Chairman **Oskar Wanner**
- IWA, Specialist Group «Particle Separation», Organizing Committee, Member **Markus Boller**
- IWA, Specialist Group on Sustainable Sanitation, Member **Roland Schertenleib**
- IWA, Specialist Group on Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse, Member **Martin Strauss**
- IWA, Specialist Group on Water and Waste Technology for Developing Countries, Member **Roland Schertenleib**
- IWA, Task Force «Biofilm Modelling», Initiator **Oskar Wanner**
- IWA, Task Group «Anaerobic Modelling», Member **Hansruedi Siegrist**
- IWA, Task Group «Mathematical Modelling for Design and Operation of Biological Wastewater Treatment», Member **Willi Gujer**
- IWA, Task Group «River Water Quality Modelling», Member **Peter Reichert**
- Journal of the North American Benthological Society, Associate Editor **Christopher T. Robinson**
- Journal of Water Supply: Research and Technology – Aqua, Editorial Board, Member **Urs von Gunten**
- Kantonale Einführungskurskommission für Chemielaboranten-Lehrlinge, Mitglied **Max Reutlinger**
- Kantonale Prüfungskommission der Lehrlinge des Laborantenberufes, Präsident **Max Reutlinger**; Experte **René Schönenberger**
- Limnology Editorial Board, Advisor **Alfred Wüest**
- Mantra East «Integrated Strategies for the Management of Transboundary Waters on the European Fringe – the Pilot Study of Lake Peipsi and its Drainage Basin», Member Internat. Advisory Committee **Jürg Bloesch**
- Max-Planck-Institut für Limnologie, Plön, Deutschland, Wissenschaftlicher Beirat, Mitglied **James V. Ward**
- Microbiology Reviews, Federation of European Microbiology Societies (FEMS), Editorial Board, Member **Thomas Egli**
- Nationale Arbeitsgruppe «Dokumentation Wasserversorgung», Mitglied **Hans Balmer**
- Nationale Arbeitsgruppe «Gewässerschutzkonzeption 21», Mitglied **Hans Balmer**
- Nationales Programm für die analytische Daueruntersuchung von Fliessgewässern (NADUF), Mitglieder **Max Reutlinger, Bernhard Wehrli, Jürg Zobrist**
- Natural Environment Research Council of the UK, Grant Reviewer **Marc Suter**
- North American Benthological Society (NABS), USA, Executive Committee, Member **Klement Tockner**, Ad hoc Working Group, Member **Tom Gonser**
- OECD, Working group «Molecular technologies for safe drinking water», Members **Thomas Egli, Wolfgang Köster**
- OECD, Working Group on Human-Health-Related Biotechnologies (WG-HHRB), Delegate of Switzerland **Wolfgang Köster**
- OECD, Working Party Biotechnology (WPB), Delegate of Switzerland **Wolfgang Köster**
- OECD-Experte für aquatische Ökotoxikologie (BUWAL), Mitglied **Rik I.L. Eggen**
- Organisationskomitee zur Durchführung einer Summer School zum Thema «New sites of knowledge production» durch das Science and Technology Studies Netzwerk Schweiz, **Bernhard Truffer**
- Österreichische Akademie der Wissenschaften (ÖAW), Kuratorium Limnologie, Mitglied **James V. Ward**
- Otto-Jaag-Gewässerschutzpreis, Mitglied der Jury **James V. Ward**
- ÖWAV – Österreichischer Wasserwirtschaftsverband, Arbeitsgruppe «Entwässerungsverfahren», Mitglied **Wolfgang Rauch**
- ÖWAV, Fachgruppe Abfallwirtschaft, Ausschuss «Deponien im Festgestein» **Eduard Hoehn**
- Ozone Science and Engineering, Editorial Board, Member **Urs von Gunten**
- Pellston Conference, Organizing Committee **Walter Giger**
- Prüfungskommission für höhere Fachprüfung für Laboranten und Laborantinnen (HFP), Experte **David Kistler**
- Regulated Rivers, Editorial Board, Member **James V. Ward**
- Rheinaubund, Co-Präsident **Jürg Bloesch**
- Russian Academy of Science – Siberian Branch (RAS-SB) and National Science Foundation of Switzerland (SNF), Baikal Internat. Center of Ecological Research (BICER), Delegate **Michael Sturm**
- SANW – Schweiz. Akademie der Naturwissenschaften, Präsident **Peter Baccini**
- SANW, Ausschuss des GeoForums CH, Mitglied **Michael Sturm**
- SANW, Kommission für Ozeanographie und Limnologie (KOL), Vizepräsident **Michael Sturm**; Mitglied **David M. Livingstone**
- SANW, Permafrost-Koordinationsgruppe, Mitglied **Eduard Hoehn**
- SANW, Schweiz. Hydrologische Kommission (Chy), Mitglied **Alfred Wüest**
- Schweiz. Chemische Gesellschaft, Division «Analytische Chemie», Präsident **Walter Giger**

- Schweiz. Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie (SGHL), Vorstandsmitglied **Klement Tockner**; Präsident (seit Herbst 2002) **Armin Peter**
- Schweiz. Gesellschaft für Mikrobiologie, Kommission für Angewandte Mikrobiologie, Mitglied **Thomas Egli**
- Schweiz. Gruppe für Massenspektrometrie, Vorstandsmitglied **Marc Suter**
- Schweiz. Kommission für Forschungspartnerschaft mit Entwicklungsländern, Mitglied ad personam **Roland Schertenleib**
- Schweiz. Nationalfonds, Forschungsrat, Abteilung Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften, **René P. Schwarzenbach**
- Schweiz. Normenvereinigung, IBN/TK Nr. 107 «Wasserbeschaffenheit», Vorsitz **Jürg Zobrist**
- Schweiz. Studiengesellschaft für mineralische Rohstoffe, Fachstelle für Sekundärrohstoffe, Mitglied **Thomas Lichtensteiger**
- Schweiz. Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW), Kommission für Wasserfragen, Mitglieder **Markus Boller, Urs von Gunten**
- Science et Cité, «Runder Tisch», Mitglieder **Michael Berg, Christine Bratrich, Rolf Kipfer, Gabriella Meier Bürgisser, Martin Strauss, Alexander J.B. Zehnder**
- Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR), Working Group 117, Associate member **Jürg Beer**
- SIA, Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein, Kommission für Grundsatzfragen, Mitglied **Thomas Lichtensteiger**
- SIA, Unterarbeitsgruppe 162-4.4 «Umweltverträglichkeit von Beton», Mitglied **C. Annette Johnson**
- Societas Internat. Limnologiae (SIL-INTECOL), Internat. GAP Committee, Working group for aquatic primary productivity, Member **Peter Bossard**
- Sondermülldeponie Kölliken, Begleitkommission, Internat. Jury für einen «Ideenwettbewerb» Gesamtsanierung, Expertin **C. Annette Johnson**
- Stadt Dübendorf, Kommission für Gesundheitswesen und Umweltschutz, Mitglied **Michael Berg**
- Stiftung Praktischer Umweltschutz Schweiz (PUSCH), Präsident des Stiftungsrates **Ueli Bundi**; Mitglied Stiftungsrat und Fachausschuss **Thomas Lichtensteiger**
- Stiftung SOLAQUA, Mitglied Stiftungsrat **Roland Schertenleib**; Geschäftsführer **Martin Wegelin**
- Sustainable Performance Group (SPG), Member Board of Directors **Alexander J.B. Zehnder**
- Swiss Group for Mass Spectrometry; Board Member **Marc Suter**
- Technical University of Copenhagen, Assessment committee for the selection of a professor in environmental geochemistry, Member **C. Annette Johnson**
- Technisch-wissenschaftliche Arbeitsgruppe zur Sanierung der Mittellandseen TWA (Baldeggersee, Sempachersee, Hallwilersee), Mitglieder **Bernhard Wehrli, Alfred Wüest, Beat Müller**
- The ScientificWorld, Editorial Board, Associated Editor **Jürg Beer**
- UFZ, Umweltforschungszentrum Leipzig, Evaluationskomitee der Sektion Gewässerforschung Magdeburg, Mitglied **Bernhard Wehrli**
- UFZ, Wissenschaftlicher Beirat, Mitglied **René P. Schwarzenbach**
- Universität Zürich/ETH Zürich/EAWAG, «Zentrum für Fremdstoff- und Umweltrisikoforschung Zürich (XERR)», Mitglied des Leitungsausschusses **Rik I.L. Eggen**
- University of Girona, Spain, 6th Workshop on Physical Processes in Natural Waters, Advisor **Alfred Wüest**
- Upper Mississippi River Long-Term Research Program, Advisory Board, Member **James V. Ward**
- Verein für umweltgerechte Elektrizität (VUE), Koordinationsstelle der Fachauditorinnen und Fachauditoren, Mitglied **Christine Bratrich**
- Vereinigung Schweiz. Strassenfachleute (VSS), Subkommission «Strassenentwässerung», Experte **Markus Boller**

- VSA – Verband Schweiz. Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Vorstandsmitglied **Willi Gujer**
- VSA, Kommission «Abfall und Wasserressourcen», Mitglied **C. Annette Johnson**
- VSA, Kommission «Abwasserentsorgung im ländlichen Raum», Mitglied **Markus Boller**
- VSA, Kommission «Chemie und Ökologie», Mitglied **Urs Uehlinger**
- VSA, Kommission «Ganzheitlicher Gewässerschutz», Vorsitzende **Tove A. Larsen**
- VSA, Kommission «Messtechnik in der Siedlungsentwässerung», Mitglieder **Hansruedi Siegrist, Michael Thomann**
- VSA, Kommission «Optimierung Siedlungsentwässerung», Mitglied **Stefan Binggeli**
- VSA, Kommission «Regenwasserentsorgung», Mitglied **Markus Boller**
- VSA, Kommission «Weiterbildungskurse», Mitglied **Max Maurer**
- WasteNet, Swiss Forum for Resource Management, Member **Christian Zurbrugg**
- WWW Biofilm Scientific Discussion Group, Initiator **Oskar Wanner**
- Zürcher Hochschule Winterthur (ZHAW), Prüfungsexperte **Markus Boller**

Diplomarbeiten, Dissertationen, Habilitationen

Diplomarbeiten

Abegglen, Christian und Haag, Simon

Untersuchung der Nitrifikationskapazität der ARA Arosa (ETHZ)

Aeppli, Katrin und Möri, Cédric

Einsatz von geographischen Informationssystemen (GIS) bei der Bearbeitung des Generellen Entwässerungsplans (GEP) (ETHZ)

Alder, Laurenz

Auentümpel: Verteilung, Dynamik und ökologische Bedeutung für die Fischfauna (ETHZ)

Baur, Helene

Habitat- und Makrozoobenthosdiversität entlang drei alpiner Flüsse (ETHZ)

Benkert, Pascal

The Single Oxygen Response in the Yeast *Saccharomyces cerevisiae*. (ETHZ)

Bernet, Jaqueline

Der Einfluss aquatischer Nahrung auf die Dichte terrestrischer Uferarthropoden (ETHZ)

Biebow, Martin

Optimierung der Phosphatausfällung in urinhaltigen Lösungen (TU Dresden)

Bocaniov, Serghei

Hydrodynamics and Sediment-related Nutrient Retention in the Lower Reach of the Iron Gat 1 Reservoir (Danube River) (IHE Delft, NL)

Bona, Ralph

Calcite Precipitation by Picoplankton and Picoalga – the Role of Inorganic Phosphate (University of Technology, Delft NL)

Burger, Bastian und **Bolliger, Rita**

Ökologische Auswirkungen von Photovoltaik und Windenergie im Kraftwerkspark der Schweiz (ETHZ)

Byrde, Steven M.

Cloning and Characterisation of a Gene Encoding a Chlorocatechol 1,2-Dioxygenase in *Sphingomonas herbicidivora* MH: Evidence for a Modified Ortho Ring Cleavage Pathway to Degrade Phenoxyalkanoic Acid Herbicides (ETHZ)

Dejung, Simon

Synthesis of Tailor-made Polyhydroxyalkanoates in Bacteria under Multiple-nutrient Limitations (ETHZ)

Elmiger, Christof

Benthische Kleinfischarten des Tessins: Verbreitung und Habitatsnutzung des Ghiozzo (*Padogobius bonelli*) und der Cagnetta (*Salaria fluviatilis*) (ETHZ)

Etter, Alexandra

DNA-Array als Testmethode zur ökotoxikologischen Beurteilung von Umweltproben (Fachhochschule Offenburg)

Finger, David

Tiefenwasserbildung im Gebirgssee Issyk-Kul (ETHZ)

Forsberg, Maya

How do Electric Utilities Handle Innovation in a Liberalised Market Environment? A Case Study of Fuel Cell Technology (Chalmers University, Sweden)

Freyre-Castro, Antuané

Effect of Hydropeaking in the Isotopic Signature of the Rhone-River (IHE Delft, NL)

Gousov, Alexandre

Entwicklung einer Bewertungsmethode für Fließgewässer mit einer artenreichen Fischfauna (ETHZ)

Graute, Simone

Evaluation von Fließgewässer-Revitalisierungsprojekten unter besonderer Berücksichtigung der Erfolgskontrolle (Fachhochschule Lippe und Höxter, Deutschland)

Hager, Jascha und **Jecklin, Christian**

Konzepte und Ökonomie der Wasserversorgung: Fallstudie in der Gemeinde Gordola (TI) – Künftige Strategie der Wasserversorgung von Gordola (ETHZ)

Hauser, Andrea

Grundwasserbelastung durch Pflanzenschutzmittel im Thuratal. Vergleich Analytik und Modellierung (ETHZ)

Herbst, Sigrid

Flussaufweiterungen – Potentiale zur Entwicklung von Auenlebensräumen (Universität Hannover)

Hofer, Martina

Biologischer Abbau von kationischen Weichmachern: Mikrobielles Wachstum mit quaternen Aminoalkoholen (Fachhochschule Wädenswil)

Huber, Barbara

Der Aufwuchs in der Glatt: Wachstum und Metabolismus entlang eines Belastungsgradienten (ETHZ)

Jann, Christian

Filterung von kupferhaltigem Dachwasser (Fachhochschule beider Basel)

Leuz, Ann-Kathrin

Redox Chemistry of Antimony in Aquatic Systems: e.g. Lakes (Universität Oldenburg)

Luzi, Samuel

¹³C-Isotopenfraktionierung beim Abbau von chlorierten Substanzen im Grundwasser (ETHZ)

Meckler, Nele

Assessment of Organic Matter Degradation in Lake Sediments (Universität Bayreuth)

Niederer, Christian

Toxische Effekte und Wirkmechanismen von Reaktivchemikalien mit Chlor- und Epoxidfunktionen in Grünalgen (ETHZ)

Räber, Christian und **Truffer, Josiane**

Konzepte und Ökonomie der Wasserversorgung: Fallstudie in der Gemeinde Gordola (TI) – Verbrauchslenkende Massnahmen privater WasserbezügerInnen (ETHZ)

Roberts, Linda

Arsenic Removal from Groundwater by Co-precipitation with Iron: Effects of P and Si and of As and Fe Speciation (ETHZ)

Schwegler, Peter

Vergleich der konventionellen Abwasserreinigung und der Urinseparation zur Stickstoffelimination mittels Ökobilanzen (Fachhochschule beider Basel)

Stocker, Judith

A Whole-cell Fluorescent Biosensor for the Detection of Arsenic in Water Samples – Development of a Field Test Kit. (ETHZ)

Strassmann, Kuno

Numerische Modellierung des Transports gelöster Stoffe im Porenwasser von Seesedimenten (ETHZ)

Tobler, Nicole

Toxizität und Reaktivität von Acrylaten in *Escherichia coli* als Modell für die ökotoxikologische Risikobewertung (ETHZ)

von Känel, Christoph

Extraktion von Pharmazeutika aus Urin und deren Toxizitätsmessung mithilfe von zwei biologischen Testsystemen (ETHZ)

Walther, Andrea

Comparison of the Groundwater Fauna of Two Contrasting Reaches of the Upper Rhone River (ETHZ)

Weymann, Martin

^{10}Be , ^{14}C and the Carbon Cycle (ETHZ)

Wyss, Britta

Development of a molecular tool for the detection of estrogenicity.
An upgrade of the 48 hours Danio rerio teratogenicity assay (ETHZ)

Dissertationen**Arcscott, David B.**

Habitat Heterogeneity and Aquatic Invertebrates along an Alpine Floodplain River. Diss. ETHZ No. 14 443, Zurich 2002. [03160]

Baur Keller, Isabel

The Immobilisation of Heavy Metals and Metalloids in Cement-stabilised Waters: A Study Focusing on the Selenium Oxyanions SeO_3^{2-} and SeO_4^{2-} . Diss. ETHZ No. 14 840, Zurich 2002. [03301]

Behringer, Jeannette

Legitimität durch Verfahren? Bedingungen semi-konventioneller Partizipation. Eine qualitativ-empirische Studie am Beispiel von Fokusgruppen zum Thema «Lokaler Klimaschutz». Diss. Univ. Stuttgart. S. Roderer Verlag, Regensburg 2002. ISBN 3-89783-297-6 [03198]

Bott, Markus

Iron Sulfides in Baldeggersee During the Last 8000 Years: Formation Processes, Chemical Speciation and Mineralogical Constraints from EXAFS Spectroscopy. Diss. ETHZ No. 14 767, Zurich 2002. [03267]

Brun, Roland

Learning from Data: Parameter Identification in the Context of Large Environmental Simulation Models. Diss. ETHZ No. 14 575, Zurich 2002. [03195]

Buesing, Nanna

Microbial Productivity in Littoral Macrophyte Stands. Diss. ETHZ No. 14 667, Zurich 2002.

Dähn, Rainer

Determination of Ni(II) and Th(IV) Sorption Mechanisms on Clay Mineral Surfaces: A Combined Macroscopic, Spectroscopic, and Microscopic Approach. Diss. ETHZ No. 14 390, Zurich 2002. [03190]

Egli, Konrad

On the Use of Anammox in Treating Ammonium Rich Wastewater. Diss. ETHZ No. 14 886. Zurich 2002. [03412]

Elsner, Martin

Reductive Dehalogenation by Surface Bound Fe(II)-Kinetic and Mechanistic Aspects. Diss. ETHZ No. 14 955. Zürich 2002.

Fabian, Daniel

Sedimentation and Remobilization of Metals in Baldeggersee, from Early Diagenesis to Paleo-Indicators Diss. ETHZ No. 14 917, Zurich 2002.

Füchslin, Hans Peter

Microbial Competition and Mixed Substrate Utilisation in the Laboratory: Towards a Better Understanding of Microbial Behaviour in the Environment. Diss. ETHZ No. 14 641. Zurich 2002. [03268]

Gerecke, Andreas C.

Phenylurea Herbicides in the Aquatic Environment – Sources and Elimination Processes. Diss. ETHZ No. 14 111, Zurich 2002. [02956]

Golet, Eva M.

Environmental Exposure Assessment of Fluoroquinolone Antibacterial Agents in Sewage, River Water and Soil. Diss. ETHZ Nr. 14 690, Zurich 2002. [03269]

Harder, Angela

Assessment of the Risk Potential of Reactive Chemicals with Multiple Modes of Toxic Action. ETHZ No. 14 966 Zürich 2002. [03450]

Harms, Sylvia

Vom Routinehandeln zur bewusst rationalen Wahl zwischen Mobilitätsalternativen – Wann steigen Autobesitzer auf das Carsharing um? Universität Zürich 2002.

Hieber, Margit

Alpine Streams: Aspects of Biocomplexity. Diss. ETHZ No. 14 601, Zurich 2002. [03223]

Holocher, Johannes Oskar

Investigations of Gas Exchange in Quasi-saturated Porous Media Using Noble Gases as Conservative Tracers. Diss. ETHZ No. 14 588, Zurich 2002. [03162]

Hug, Florian

Ressourcenhaushalt alpiner Regionen und deren physiologische Interaktionen mit den Tiefländern im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung. Diss. ETHZ Nr. 14 540, Zürich 2002. [03130]

Jaspers, Marco C.M.

Using Reporter Bacteria to Study the Bioavailability of Pollutants in Aqueous Environments. Diss. ETHZ No. 14 620. Zurich 2002. [03270]

Jonas, Tobias

Convective Mixing Processes in Natural Waters. Diss. ETHZ No. 14 339. Zurich 2002.

Käch, Andreas

Microbial Degradation of Quaternary Ammonium Alcohols – Hydrolysis Products of Esterquat Surfactants Used as Fabric Softeners. Diss. ETHZ No. 14 575. Zurich 2002. [03266]

Kaiser, Edith

Sources, transformations, and fates of riverine organic matter. Diss. ETHZ No. 14 880, Zurich 2002.

Kottonau, Johannes

Simulating the Formation and Change of the Strength of Political Attitudes. Diss. ETHZ No. 14 664, Zurich 2002. [03411]

Lämml, Caroline

Comparison of Two Functional Gene Clusters for Degradation of Chlorocatechols Present on Plasmid pJP4 in *Ralstonia eutropha* JMP134. Diss. ETHZ No. 14 543, Zurich 2002. [03382]

Lass, Sandra

The Scent of Danger. Chemical Signalling and Inducible Defences in a Predator-Prey System. Diss. ETHZ No. 14 447, Zurich 2001. [03132]

Leisinger, Urs

Regulation of Gene Expression upon Oxidative Stress in *Chlamydomonas reinhardtii*. Diss. ETHZ No. 14 434, Zurich 2002. [03196]

Medilanski, Edi

Adhesion and Establishment of *Desulfovibrio Desulfuricans* on Biofilm-Covered Steel under Oxidic Conditions. Diss. EPFL-Nr. 2584, Lausanne 2002.

Meier, Werner K.

Modellierung der Auswirkungen von Wasserkraftanlagen auf physikalische und chemische Eigenschaften von Bergbächen. Diss. ETHZ Nr. 14 526. Ökostrom Publ., Bd. 11, EAWAG, Kastanienbaum 2002. ISBN 3-905484-10-2

Mettler, Suzanne

In Situ Iron Removal from Ground Water: Fe(II) Oxygenation and Precipitation Products in a Calcareous Aquifer. Diss. ETHZ No. 14 724, Zurich 2002. [03312]

Monaghan, Michael Thomas

Habitat fragmentation in alpine streams: Implications for Genetic Structure and Species Diversity of Aquatic Insects. Diss. ETHZ No. 14 561, Zurich 2002. [03197]

Thomann, Michael Peter

Datenkontrolle von Abwasserreinigungsanlagen mit Massenbilanzen, Experimenten und statistischen Methoden, Diss. ETHZ Nr. 14 824, Zürich 2002.

Udert, Kai Markus

The Fate of Nitrogen and Phosphorus in Source-separated Urine. ETHZ No. 14 847, Zürich 2002.

van der Nat, Dimitry

Island dynamics and organic matter processing (Tagliamento, Italy). Siss. ETHZ No. 14 812, Zurich 2002. [03328]

Wick, Lukas Manuel

Adaptation of *Escherichia coli* to Glucose-Limited Growth in Chemostats. Diss. ETHZ No. 14 541, Zurich 2002. [03131]

Winder, Monika

Zooplankton Ecology in High-Mountain Lakes. Diss. ETHZ No. 14 519, Zurich 2002. [03161]

Habilitationen**Escher, Beate Isabella PD, Dr.**

Molecular Mechanisms in Aquatic Ecotoxicology: Specific and Non-specific Membrane Toxicity
ETH Zürich
Lehrgebiet: Umweltchemie und Ökotoxikologie

Goss, Kai-Uwe PD, Dr.

The role of air/surface adsorption equilibrium for the environmental partitioning of organic compounds
ETH Zürich
Lehrgebiet: Umweltchemie

von Gunten, Urs PD, Dr.

Ozonation of drinking water: oxidation, disinfection and by-product formation
ETH Zürich
Lehrgebiet: Aquatische Chemie