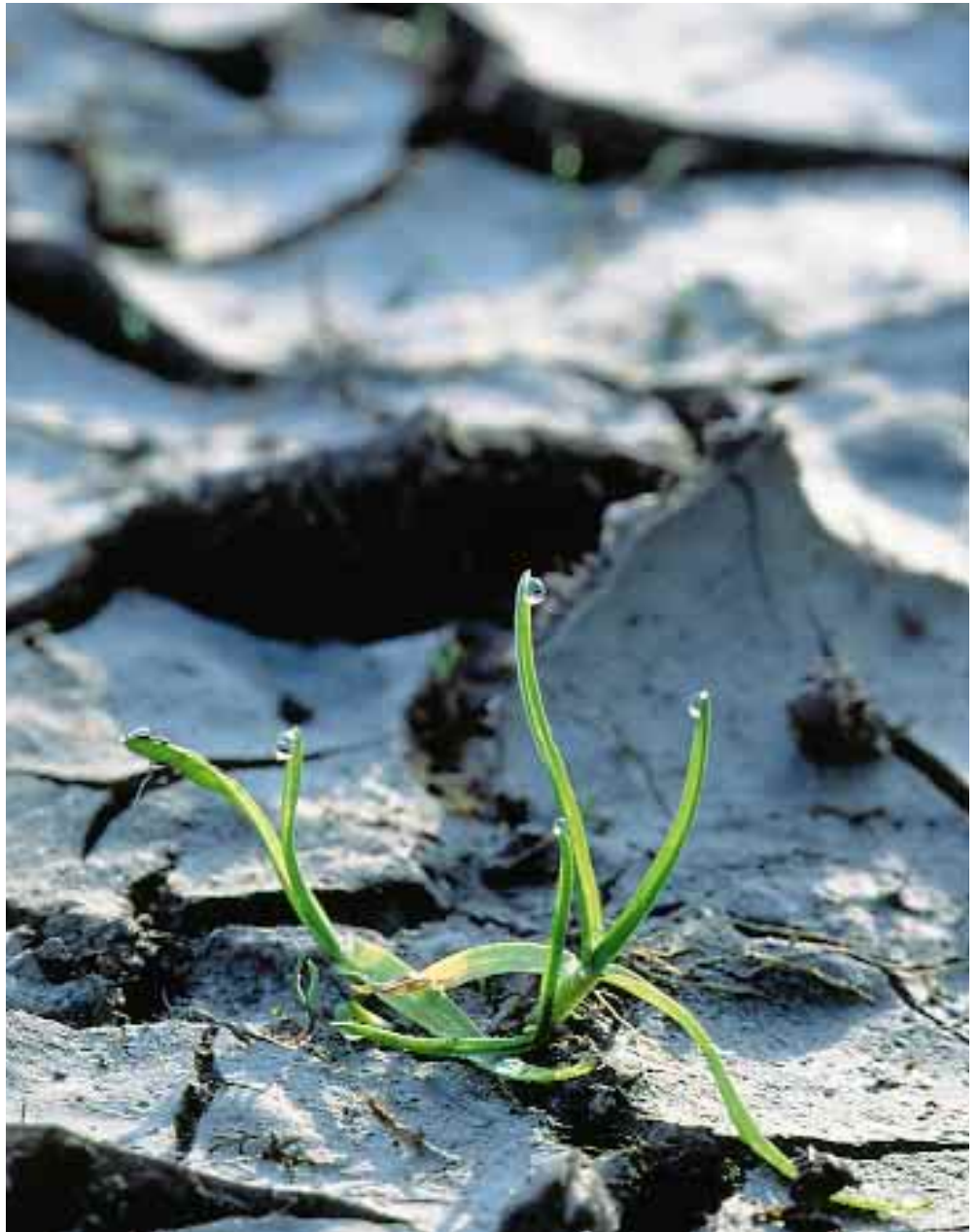




EAWAG

Eine Forschungsanstalt
des ETH-Bereichs



Jahresbericht 1997

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

Inhalt

Einleitung	1
Meilensteine von 1997	3
LEITARTIKEL	
Herausforderung Wasser	6
KURZBEITRÄGE AUS DEN TÄTIGKEITSBEREICHEN DER EAWAG	
Tag der offenen Tür in Kastanienbaum, 13. und 14. Juni 1997	13
Umweltechnologie	14
Verhalten von Stoffen in der Umwelt	22
Ökosystemforschung	32
Umwelt und Gesellschaft	47
EAWAG - INTERN	
Organigramm	58
Beratende Kommission 1997	60
Interner Umweltschutz	61
Chancengleichheit im Betrieb	62
Lehrlingswesen an der EAWAG – Verdoppelung der Neueintritte 1997	64
Aus dem Personal	65
Finanzen	67
ANHANG	
Kurse und Fachtagungen der EAWAG	70
Lehrveranstaltungen	71
Wissenschaftliche Publikationen	73
Tätigkeit in Kommissionen, Arbeitsgruppen etc.	86
Abgeschlossene Diplomarbeiten und Dissertationen	89

Impressum

Herausgeberin

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

Redaktion

Rudolf Koblet, Theresa Büsser, Jürg Beer, Gerda Thieme

Grafische Darstellungen

Lydia Zweifel

Gestaltung

Dani Schneider, Zürich

Layout

Peter Nadler, Küsnacht

Druck

Strupelpeter-Druck, Winterthur

Kontaktadresse

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

WWW-Adresse

<http://www.eawag.ch>



Foto: Alfredo Alder, EAWAG

Einleitung

Liebe Leserinnen und Leser

Planung kann zur gefährlichen Routine werden, wenn sie nicht mehr als eine Begründung zur Fortschreibung der bisherigen Tätigkeiten liefert. Stellt sich eine Institution jedoch kritische Fragen zu ihrer zukünftigen Rolle, wird die Planung zur Herausforderung. 1997 war neben vielen anderen Ereignissen das Jahr der Planung 2000–03 der EAWAG. In einem intensiven, internen Prozess haben sich alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter kritisch mit der Rolle der EAWAG im nächsten Jahrzehnt befasst. Das Resultat dieser gemeinsamen Anstrengung liegt nun als Planungspapier vor.

Haben wir in den letzten Jahren unsere Tätigkeit auf verschiedenartige Aspekte der Umwelt ausgedehnt, wollen wir uns in Zukunft wieder stärker auf das Wasser und die Gewässer konzentrieren. Dabei wollen wir noch vermehrt Synergien zwischen Natur-, Ingenieur- und Sozialwissenschaften schaffen und die Zusammenarbeit mit unseren Partnern in der Praxis fördern. Die rasante demographische Entwicklung und die enge Verknüpfung zwischen Wasser, Nahrungsmittelproduktion und Funktionsfähigkeit der Ökosysteme wird bereits am Anfang

des nächsten Jahrzehntes regional zu Engpässen führen, die sich mit den Jahren noch verschärfen werden. Sie finden mehr darüber auf Seite 6 ff. Heute liegen die Kompetenzen der EAWAG vor allem bei den qualitativen Aspekten des Wassers. Diese wollen wir in Zukunft enger mit den quantitativen Aspekten verknüpfen. Wir sehen unsere Stärke vor allem dort, wo es um die Entwicklung von gesamtheitlichen Ansätzen einer nachhaltigen Wassernutzung geht. Wir möchten ebenfalls Beiträge leisten zur europäischen Wasserpolitik, zur Bewältigung von Wasserproblemen und zur Lösung von Wasserkonflikten in Entwicklungs- und Schwellenländern. Im laufenden Jahr werden wir uns intensiv auf diese Aufgabe vorbereiten, ohne unsere Aufgaben im qualitativen Bereich zu vernachlässigen.

Im Sinne der stetigen Verbesserung der EAWAG präsentiert sich auch dieser Jahresbericht in einer leicht veränderten Form. Wir hoffen, dass wir Sie, liebe Leserin, lieber Leser, damit noch besser und ansprechender mit unseren Aktivitäten und den erreichten Resultaten bekannt machen können.

Am heute Erreichten haben viele mitgearbeitet. Wir sind dankbar für die ständige, tatkräftige und wohlwollende Unterstützung des ETH-Rates; insbesondere danken wir seinem Präsidenten, Professor Francis Waldvogel, und dem Vizepräsidenten und Delegierten, Dr. Stephan Bieri.

Sie haben uns in unseren Bemühungen, sowohl national als auch international eine wissenschaftliche Führungsrolle zu übernehmen, immer wieder stark unterstützt.

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 Arbeit mitzudenken und mitzuarbeiten. Herzlichen Dank dafür. Ich danke den beiden Kollegen Hannes Wasmer und Ueli Bundi für die gute Zusammenarbeit bei der Wahrnehmung der Direktionsaufgaben. Ohne ihre Hilfe wäre eine effiziente Leitung der EAWAG nicht möglich. Mein Dank richtet sich auch an die Leiterinnen und Leiter der Forschungs- und Fachbereiche. Sie haben im sehr hektischen und nicht immer leichten Jahr 1997 Enormes geleistet.

Besonders danken möchte ich auch der Personalvertretung für die gute 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.

Zum Schluss möchte ich allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der EAWAG danken für den äusserst positiven Einsatz und die Leistung der vergangenen Jahre. Ihre Arbeit, ihr Einsatz und ihre Begeisterung hat das positive Bild der EAWAG in der Öffentlichkeit noch verstärkt und der EAWAG verholfen, international den von uns anvisierten Spitzenplatz zu erreichen und diesen auch zu halten.

Die Redaktion des vorliegenden Jahresberichtes besorgten Dr. Rudolf Koblet, Theresa Büsser, Dr. Jürg Beer und Gerda Thieme. Die grafischen Darstellungen wurden von Lydia Zweifel angefertigt.



März 1998

Alexander J.B. Zehnder



Foto: Beat Müller, EAWAG

Meilensteine von 1997

Theresa Büsser

Aus der Forschung

Wesentlich für eine Forschungsinstitution sind die Resultate der bearbeiteten Projekte. Im Jahre 1997 verfassten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der EAWAG 327 Publikationen und hielten 265 Vorträge an Fachtagungen. Im Vergleich zum Vorjahr haben diese Aktivitäten beachtlich zugenommen. Über 20 Dissertationen und ca. 50 Diplomarbeiten konnten erfolgreich abgeschlossen werden. An welchen Themen geforscht wurde und welche Ergebnisse erzielt wurden, erfahren Sie in den über 40 Beiträgen auf den kommenden Seiten.

Beratende Tätigkeit mit externen Partnern

Verschiedentlich standen EAWAG-MitarbeiterInnen externen Stellen beratend zur Seite. Ein Beispiel ist die Anfrage des Kantons Nidwalden und des BUWAL be-

treffend die Risiken bei der «Entsorgung» des Schüttmaterials von Tunnelausbrüchen in Seen. Am konkreten Beispiel des Tunnels Hergiswil–Stansstad wurden die Vor- und Nachteile erarbeitet und zu allgemein gültigen Grundsätzen verdichtet.

Eine Reihe von beunruhigenden Phänomenen in der Umwelt wie etwa der Rückgang der Fischpopulationen und Veränderungen an den Geschlechtsorganen von Fischen unterhalb von Kläranlagen führten zu einem gemeinsamen Projekt zwischen BUWAL und EAWAG. Darin werden Stoffe mit endokriner Wirkung unter die Lupe genommen.

Umweltgesetze und Verordnungen regulieren den Schutz der Umwelt. 1997 wurde die EAWAG etwa zehnmal um Stellungnahmen bei Ämterkonsultationen und Vernehmlassungen angefragt: Gewässerschutzverordnung, Gift- und Stoffverordnung, Altlastensanierung, Landschaftskonzept der Schweiz – um nur einige zu nennen.

Ein neues Betätigungsfeld hat sich der EAWAG in Mazedonien eröffnet. Im Auftrag der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit DEZA und zusammen mit lokalen Fachleuten und Behörden wird ein neues Monitoring der Fliessgewässer aufgebaut. In einem weiteren Projekt

unter der Leitung des Bundesamtes für Aussenwirtschaft BAWI und der Ernst Basler + Partner AG, Zürich, wird das Hydrobiologische Institut in Ohrid, Mazedonien, bei der Untersuchung des Ohridsees partnerschaftlich unterstützt.

Weitere Meilensteine der internationalen Zusammenarbeit bilden verschiedene Projekte mit Frankreich. So werden gemeinsam mit der Compagnie Générale des Eaux/Anjou Recherche (CGE/AR) moderne analytische Methoden für optisch aktive Moleküle weiterentwickelt. An einem Workshop von CGE/AR wurden weitere Projekte definiert, die wesentlich von der CGE finanziert werden.

Mit dem Centre National de la Recherche Scientifique CNRS wird künftig die Zusammenarbeit intensiviert. Schon 1997 haben mehrere gegenseitige Besuche zu gemeinsamer Forschungsaktivität geführt. Dies insbesondere auf dem Gebiet des photochemischen Abbaus von Pestiziden und der Mineralneubildung bei der mikrobiellen Eisenreduktion. Im weiteren wurde für 1998 ein Workshop geplant, mit dem Ziel, das beiderseits vorhandene Wissen über das Vorkommen und Verhalten von zinnorganischen Verbindungen in der aquatischen Umwelt auszutauschen, noch verbleibende Wissenslücken zu eruieren und gemeinsam zu bearbeiten.

Im Rahmen der «Alliance for Global Sustainability AGS» wird mit dem MIT Boston und der University of Tokyo eine Analyse der regionalen Wassernutzung erarbeitet. Durch den Vergleich dreier sehr unterschiedlich genutzter Einzugsgebiete (Töss, Aberjona bei Boston, Tama bei Tokio) unter verschiedenen wirtschaftlichen und

kulturellen Rahmenbedingungen sollen Konzepte für eine regional nachhaltige Gewässerbewirtschaftung entwickelt werden, die sich verallgemeinern lassen. In Zukunft wird auch die Universität von São Paulo, Brasilien, in diese Zusammenarbeit mit einbezogen.

Nach fünf Jahren intensiver Forschungstätigkeit im EAWAG-Forschungsschwerpunkt «Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung» im Einzugsgebiet der Töss wurden die wichtigsten Resultate am Infotag vom 16. September einem breiten Publikum vorgestellt. Mit den Untersuchungen über die Auswirkungen alter Hausmülldeponien auf die Grundwasserqualität, über die Problematik der Versickerung von Dach- und Strassenabwässern und über die Rolle der regionalen Gewässersysteme als Lebensräume hat die EAWAG in partnerschaftlicher Zusammenarbeit mit Behörden und regionalen Akteuren wesentlich zur Erarbeitung von Grundlagen und zur Lösung praktischer regionaler Probleme einer nachhaltigen Wassernutzung beigetragen.

Lehre

Rund 175 Lehrveranstaltungen gaben die EAWAG-MitarbeiterInnen insgesamt. Davon fanden 97 an der ETH Zürich statt. Schon seit der Peer Review 1994 ist die EAWAG aufgefordert, ihre Lehre zu verringern – ein Vergleich mit den Lehrveranstaltungen der letzten fünf Jahre zeigt einen leichten Rückgang.

Die Abteilung der Umweltwissenschaften der ETH feierte 1997 ihr 10-Jahr-Jubiläum. Geplant, realisiert



Infotag 1997
(Foto: Clemens Casutt, Zürich).

und etabliert wurde diese Abteilung nicht zuletzt dank Initiativen verschiedener Persönlichkeiten der EAWAG.

Veranstaltungen

Der kleine amerikanische Rote Sumpfkrebs im zürcherischen Schübelweiher sorgte für grösste EAWAG-Medienpräsenz im vergangenen Jahr. Der im April lancierte EAWAG-Bericht zur «Bekämpfung des Roten Sumpfkrebses» wurde zusammen mit der Fischerei- und Jagdverwaltung des Kantons Zürich der Presse vorgestellt.

Höhepunkt der diesjährigen Anlässe war der Tag der offenen Tür in Kastanienbaum vom 12. bis 14. Juni. Rund 3000 BesucherInnen suchten das Forschungszentrum für Limnologie am Vierwaldstättersee auf – trotz intensivster Regengüsse. Über 300 Schülerinnen und Schüler liessen sich zu den einzelnen Stationen führen. Schilderungen aus Dankesbriefen verrieten uns die Anziehungspunkte des Tags der offenen Tür: die Plattform auf dem See und die türkisfarbenen Aquarien im verdunkelten Zelt.

«Krokodile im Vierwaldstättersee» lautete der Titel des Seminars für die Medien vom 12. Juni in Kastanienbaum. In die Problematik von einheimischen und nichteinheimischen Tier- und Pflanzenarten führte ein Vertreter des WWF ein. Am Beispiel von Regenbogenforelle und Sumpfkrebs illustrierten die EAWAG-ForscherInnen die auftauchenden Probleme und die entsprechenden Bekämpfungsmassnahmen. Ein Picknick am See und eine Führung auf dem Gelände boten Gelegenheit für Gespräche und Kontakte mit den Medienvertretern.

Fast der gesamte Regierungsrat des Kantons Zürich besuchte im November die EMPA und die EAWAG, um sich über laufende und künftige Projekte zu informieren.

Aufgaben vom ETH-Rat

Auf der Basis des 1996 formulierten Leistungsauftrages und den Vorgaben des ETH-Rates erstellte die EAWAG ein Planungsdokument 2000–2003. Darin wird auch der Umgang mit den knapperen Mitteln dargelegt. Bis zum Jahre 2003 erfordern die verfügbaren Mittel einen Stellenabbau bzw. eine Stellenplafonierung auf den Stand von 1994/95. Dieser Abbau soll im Rahmen von Pensionierungen und Fluktuationen erfolgen.

Die nachhaltige Betriebsführung soll gemäss Beschluss des ETH-Rates in einer ETH-Institution erprobt werden. Aufgrund ihrer Planungsvorgaben ist die EAWAG als «Versuchsbetrieb» geeignet. So gilt es, künftig Vorschläge

zur Umsetzung von Nachhaltigkeitsvorstellungen zu entwickeln und konsequent anzuwenden.

Im Rahmen der Regierungs- und Verwaltungsreform NOVE wird das Bauwesen des Bundes neu organisiert. Der ETH-Bereich wird bezüglich Bauen die Budget- und Vergabungshoheit erlangen und über eigene Baufachorgane verfügen. Die EAWAG ist in diesem Projekt stark engagiert.



Foto: Martin Wegelin, EAWAG

LEITARTIKEL

Herausforderung Wasser

Alexander J.B. Zehnder, Roland Schertenleib,
Carlo C. Jaeger

In vielen Teilen dieser Erde wird Wasser zu Beginn des nächsten Jahrhunderts eine knappe Ressource. Die meisten von uns werden entweder direkt oder indirekt von dieser Knappheit betroffen werden. Die Auswirkungen des Wassermangels stellen für die Menschheit eine bedeutende Herausforderung dar und sind ein Testfall für den nachhaltigen Umgang mit natürlichen Ressourcen.

Globale Wasserbilanz

Etwa 2.5% des gesamten Wassers dieser Erde ist Süsswasser. Davon befinden sich rund 95% in den Polarkappen, in Gletschern, im ewigen Schnee und in Grundwässern, die tiefer als 1 km unter der Erdoberfläche liegen. Nur gerade 0.13% des gesamten Wassers können direkt durch den Menschen und die belebte Natur genutzt werden (Abbildung 1).

Eine längerfristige, nachhaltige Wassernutzung kann sich ausschliesslich auf die eine, erneuerbare Süsswasserressource, den Regen, stützen. Wird dem Grundwasser und den Seen mehr Wasser entzogen, als durch Regen nachgeliefert wird, versiegen diese Quellen längerfristig. Ein Beispiel ist der Aralsee, dessen Volumen seit 1950 um 80% reduziert wurde, weil den Nebenflüssen zuviel Wasser für die Bewässerung entzogen worden ist. Falls der übermässige Wasserverbrauch anhält, degradiert der See bis zum Jahr 2010 zu einem kleinen Salzsee. In der libyschen Wüste wird jahrtausendealtes Grundwasser für Bewässerungszwecke genutzt. Jährlich wird dort dem Grundwasser 3.8mal mehr Wasser entzogen als der Regen je nachliefern kann. Einmal verbraucht, ist dieses Grundwasser verloren.

Jährlich fallen etwa 90 000 bis 119 000 km³ Regen auf die Kontinente und Inseln dieser Erde, im Durchschnitt sind es 113 000 km³. Davon verdunsten etwa 65%, etwa ein Zehntel direkt und neun Zehntel durch Evapotranspiration der Pflanzen. Von den verbleibenden 35% fliessen noch einmal zwei Drittel in Fliessgewässern ab, deren Wasser nur teilweise für die menschliche Nutzung abgezweigt werden kann. Bei der heutigen Nutzung des Wassers stehen den Menschen rund 14 000 km³ zur Verfügung. Ein Teil des Regens fällt in wenig besiedelten Gebieten (z.B. Sibirien) und kann kaum genutzt werden. Für die Trinkwassergewinnung, die Landwirtschaft oder

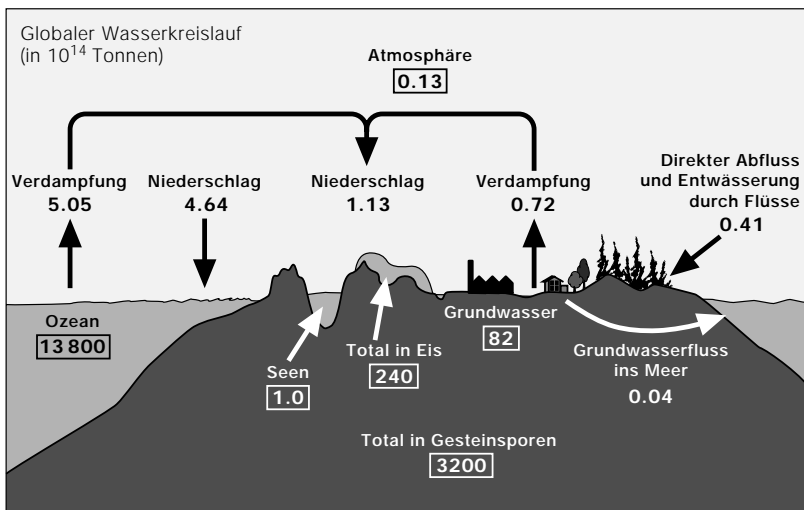


Abbildung 1: Der globale Wasserkreislauf. Die eingerahmten Zahlen repräsentieren die Reservoirs.

als Brauchwasser für die Industrie sind somit jährlich 9000 bis 12 000 km^3 verfügbar (Abbildung 2). Dies sind nur rund 10% des gesamten Niederschlags.

Regen und andere Niederschläge fallen zeitlich und regional unregelmässig. Jeder von uns hat mit dem Regen schon seine Erfahrungen gemacht. Es regnet nicht, wenn wir Regen brauchen, und wenn wir ihn nicht wünschen, giesst es in Strömen. Einige Gebiete dieser Erde erhalten regelmässig enorme Mengen, wie zum Beispiel die pazifischen Inseln (jährlich bis zu 11 500 mm in Kanuai, Hawaii) oder Orte in Indien (Cherrapunji, ebenfalls jährlich 11 500 mm) oder Indonesien (Tabing, jährlich 4500 mm). Gelegentlich werden gewisse Gebiete durch Wassermassen überflutet, so 1997 Zentraleuropa, 1996 China oder ein Jahr zuvor der mittlere Westen Amerikas. In Trockengebieten, wie z.B. Lima, Peru (jährlich 41 mm), oder der Sahara, gibt es kaum Niederschläge.

Als Mass der Wasserverfügbarkeit wird häufig die jährliche erneuerbare Wassermenge pro Person verwendet.

1990 standen jedem Bewohner der USA 9940 m^3 Wasser pro Jahr zur Verfügung, in der Schweiz 6520, in Algerien 770 und in Saudi-Arabien 160. Gemäss Falkenmark und Widstrand (1992) herrscht in Ländern mit weniger als 1700 m^3 erneuerbaren Wassers pro Kopf und Jahr bereits Wasserknappheit. Bei Werten unter 1000 m^3 herrscht eigentlicher Wassermangel, der unter 500 m^3 als extrem bezeichnet wird. Der geschätzte Wasserverbrauch pro Person und Jahr liegt weltweit im Durchschnitt zwischen 800 und 1200 m^3 pro Person und Jahr, mit Extremwerten vor allem nach oben.

Quantitativer Wassermangel steht in engem Zusammenhang mit Wasserqualität. In vielen Fällen würden Flüsse und Seen ausreichend Wasser führen, doch werden sie durch Abwasser aus Haushalten und Industrie vor allem in Städten stark verseucht und so unbrauchbar gemacht. Die armen Bevölkerungsschichten müssen sich oft mit verschmutztem Wasser begnügen, während Wohlhabende Zugang zu aufbereitetem Trinkwasser haben. Gegenwärtig hat mehr als ein Viertel der Bevölkerung in Ent-

90 000–119 000 km^3 , Durchschnitt: 113 000 km^3
davon sind

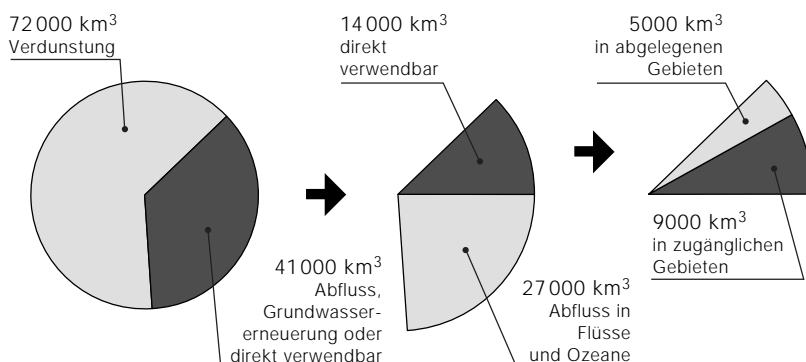


Abbildung 2: Jährlicher Niederschlag über dem Festland und den Inseln sowie das Schicksal des Regenwassers.

wicklungsländern keinen Zugang zu qualitativ akzeptablem Wasser. Die fehlende Qualität verschärft an vielen Orten die Knappheit.

Wieviel Wasser (ver)braucht der Mensch?

Bedarf für Trinkwasser, Haushalt, Service- und Industriezwecke

Je nach Klima beträgt der physiologische Trinkwasserbedarf zwischen 1 bis 3 m³ pro Person pro Jahr. Für die privaten Haushalte (duschen, kochen usw.) und den Sektorservice (Restaurants, Spitäler usw.) liegt der Verbrauch zwischen 18 m³ in Afrika, rund 100 m³ in Westeuropa und 240 m³ in Nordamerika. Der Wasserbedarf der Industrie (ohne Wasserverbrauch der Kraftwerke sowie Wasser, das zu reinen Kühlzwecken verwendet wird) variiert zwischen 7 m³ in Afrika und durchschnittlich 150 m³ in den Industrieländern. Bei effizienter Wassernutzung sollten somit rund 250 m³ Süßwasser pro Person und Jahr genügen, um den Bedarf für Trinkwasser, Haushalt-, Service- und Industriezwecke decken zu können.

Bedarf für Nahrungsmittelproduktion

Weltweit wird der grösste Teil des genutzten Wassers für die Nahrungsmittelproduktion benötigt (Abbildung 3). Als Faustregeln gelten: Aus 2 kg Weizenpflanze (Trockengewicht der gesamten Pflanze) kann 1 kg Brot hergestellt werden. Um dieses Pflanzenmaterial zu produzieren, wird mindestens 1 m³ Wasser verbraucht. Diese Menge Wasser nimmt die Pflanze auf, gibt aber einen grossen Teil davon als «Transpirationsverlust» an die Atmosphäre ab. An diesem Verlust durch Transpiration kann wenig

geändert werden. Die Züchtung kleinerer Pflanzen und genetische Modifikationen könnten den Verlust bestenfalls um einen Viertel senken.

In der Praxis benötigt die Landwirtschaft jedoch mehr als diesen theoretischen Wert von 1 m³ Wasser. Amerikanische Farmer brauchen beispielsweise pro 1 kg «Brotäquivalent» etwa 4 m³ Wasser. Für den Ertrag von 1 kg Reiskörner benötigen die Bauern in den Tropen rund 5 m³ Wasser. Ein Teil dieses überschüssigen Wassers verdunstet, ohne dass es der Pflanze zugute gekommen ist, oder es fließt aus den Feldern ab.

Die Diät des Menschen bestimmt massgebend die Menge Süßwasser, welche für die Deckung der energetischen Nahrungsbedürfnisse notwendig ist. Ein Kilogramm Weizenmehl liefert etwa 3500 kcal. Daraus lässt sich ableiten, dass bei rein vegetarischer Ernährung für die Nahrungsmittelproduktion im Idealfall rund 260 m³ Wasser pro Person und Jahr benötigt werden, um eine Nahrungszufuhr von 2500 kcal pro Tag und Person sicherzustellen. Bei Verlusten (z.B. durch Schädlingsbefall, Ernte- und Produktionseinbussen, Verderben der Nahrungsmittel etc.) steigt der Wasserbedarf entsprechend. Global gesehen liegen die Verluste in der Praxis heute bei durchschnittlich 40%.

Da Tiere nur rund 10% der Nahrung in Fleisch umsetzen, liegt bei nichtvegetarischer Diät der Wasserbedarf für die Nahrungsmittelproduktion wesentlich höher. In Zahlen bedeutet dies, dass aus 1 kg Weizen 0.175 kg Fleisch produziert werden kann, wobei 1 kg mageres Rindfleisch ungefähr 2000 kcal entspricht. Folglich werden 5.7 m³ Wasser zur Produktion von 1 kg Rindfleisch benötigt. Als Faustregel können pro Kilogramm im Mittel 5.0 m³ für alle Sorten Fleisch angenommen werden.

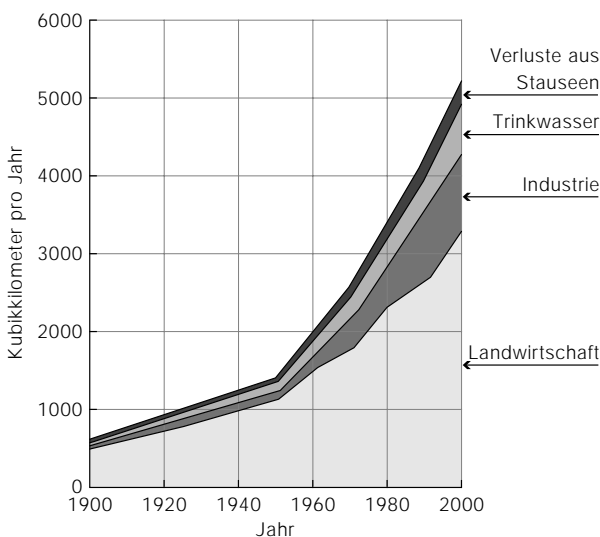


Abbildung 3: Schätzung des jährlichen Wasserverbrauchs, gesamt und sektoriell von 1900 bis 2000; Quelle: Postel (1992).

Zur Befriedigung der menschlichen Grundbedürfnisse Trinken, Hygiene, Wohnen und Essen (2500 kcal pro Tag) sowie auch für gewerbliche und industrielle Aktivitäten, verbraucht ein Vegetarier jährlich rund 600 m³ Süßwasser. Enthält die Diät etwa 20% Fleisch, verdoppelt sich der Wasserverbrauch auf über 1200 m³. Ausser den Ernteverlusten basieren diese Zahlen auf einer optimalen Wassernutzung. Infolge von übermässigem Wasserverbrauch bei der Bewässerung, überhöhtem Nahrungsmittelkonsum und Verschwendung von Nahrungsmitteln (Abfall), sind diese Zahlen für Industrie- und einige andere Länder effektiv um 30 bis 100% höher.

Entwicklung des weltweiten Wasserverbrauchs

Der gesamte jährliche Wasserverbrauch beziffert sich heute auf etwa 5500 km³ (Abbildung 3). Die weltweite

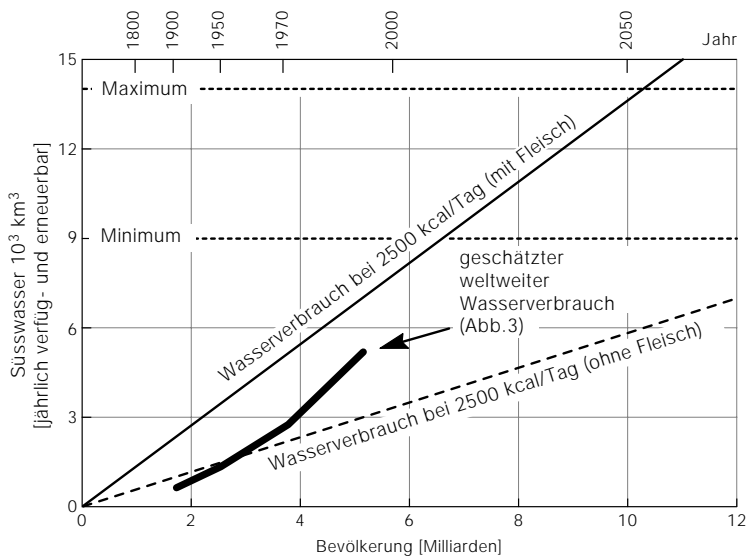


Abbildung 4: Jährlicher Wasserverbrauch bei zunehmender Weltbevölkerung bei einem Nahrungsmittelverbrauch von 2500 kcal pro Person und Tag.

Die ausgezogene Linie entspricht einer Diät von 80% pflanzlicher Nahrung und 20% Fleisch, die unterbrochene Linie einer rein vegetarischen Ernährung. Diese Linien sind unter Einbezug von 250 m³ Wasser für Haushalt, Dienstleistungen und Industrie und einem Ernteverlust von 40% berechnet.

Die horizontalen, gestrichelten Linien bei 9000 und 14 000 km³ geben das Minimum und das Maximum der jährlich verfügbaren und erneuerbaren globalen Süßwasserressourcen an. Die dicke Linie entspricht dem geschätzten effektiven weltweiten Wasserverbrauch.

Wasserentnahme liegt bei etwa 3300 km³. Ein relativ grosser Anteil des Wasserbedarfs für die Nahrungsmittelproduktion wird somit heute noch durch die natürliche Bewässerung der Niederschläge gedeckt. Mit zunehmender Weltbevölkerung nimmt auch der Verbrauch entsprechend zu. Je nach Diät kann Süßwasser früher oder später die Bevölkerungsentwicklung bremsen (Abbildung 4). Bereits in absehbarer Zeit werden wir uns mit effizienter Wassernutzung auseinandersetzen und womöglich auch die Abflüsse in die Flüsse reduzieren müssen. Die Reduktion des Abflusses ist aber nicht trivial. Flüsse dienen neben der Wasserführung zum Meer auch dem Gütertransport, und sie sind Lebensraum für Flora und Fauna. In Gebieten, in denen es mehr regnet, als für die Wasserversorgung nötig ist, fließt das Wasser ins Meer ab, ohne dass die trockenen Gebiete davon profitieren können.

Regionale Wasserverfügbarkeit

Indien. Nach der Jahrtausendwende wird Indien einer Wasserknappheit gegenüberstehen (Abbildung 5). Fast alle Oberflächengewässer werden bis dahin für Bewässerungszwecke genutzt werden, und es kann nur auf eine beschränkte Menge Grundwasser zurückgegriffen werden. Bei zunehmendem Bewässerungsbedarf, bedingt durch die Bevölkerungszunahme, wird sich der Wasserbedarf bis ins Jahr 2025 beinahe verdoppeln. Zu diesem Zeitpunkt werden auch die nutzbaren Grundwasserreserven ausgenutzt sein. Auseinandersetzungen zwischen den industrialisierten Städten und der Landwirtschaft, die den Hauptteil des Wassers für die Nahrungsmittelproduktion beansprucht, sind vorprogrammiert. In trockenen Jahren gibt es in Hyderabad bereits heute solche Konflikte.

Nordafrika. Die wahrscheinlich kritischste Entwicklung findet in Nordafrika statt. Die Verfügbarkeit des Wassers wird in den nächsten Jahren deutlich zurückgehen (Tabelle). Für Ägypten liegen die Hauptwasserquellen ausserhalb seines direkten Einflussgebietes. Es ist jetzt schon – und in der Zukunft noch vermehrt – anfällig für eventuelle Unterbrüche oder verminderte Wasserzufuhr.

Überbevölkerung und mangelnde Grundversorgung sind ein gefährliches Gemisch für ein Land. Ohne geeignete Massnahmen stellt die Migration für einen erheblichen Teil der Bevölkerung die einzige Lösung dar, dieser Knappheit zu entrinnen. In Nordafrika wird die Migration

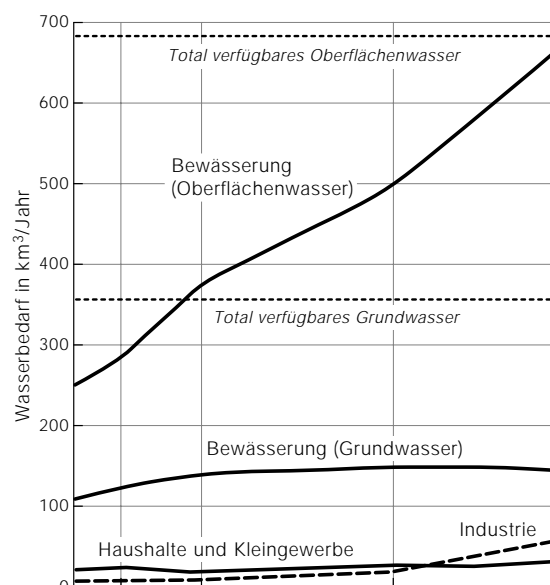


Abbildung 5: Quellen und Wassernutzung per Sektor in Indien für die Jahre 1970–2000; Quelle: Sigurdson (1977).

Land	Jährlich pro Kopf erneuerbares Süswasser (m ³)			Total jährlich erneuerbares Süswasser ¹⁾ (km ³)	Nahrungsmittelimporte in Wasseräquivalenten ²⁾ (km ³)
	1993	2000	2025		
Algerien	681	594	409	18.4	5.94
Ägypten	1041	897	648	58.3	9.91
Libyen	140	100	58	0.7	2.38
Marokko	1143	990	724	29.7	3.37
Tunesien	489	440	338	4.4	1.18

¹⁾ Das Total umfasst ebenfalls den Zufluss von Wasser aus anderen Ländern. Ägyptens eigener Regen liefert nur 1.58 km³.

²⁾ Durchschnitt für die Jahre 1992–95. Der Export betrug weniger als 5% des Imports.

Tabelle: Nahrungsmittelimporte und Verfügbarkeit von Wasser in Nordafrika.

nur Richtung Norden möglich sein. Im Süden befindet sich die Wüste Sahara, im Osten die arabische Wüste oder andere Länder mit Wasserknappheit, im Westen der Atlantische Ozean. Momentan leben in Europa (EU) legal 2.2 Millionen Menschen aus Nordafrika. Zahlen über illegale Einwanderer gibt es kaum. Die illegale Einwanderung wird in den nächsten Jahren wahrscheinlich zunehmen. Es ist im eigenen Interesse der westeuropäischen Länder, mit den Maghrebländern sowie Libyen und Ägypten eine gemeinsame Lösung für das zunehmende Ungleichgewicht zwischen Bevölkerung, Nahrungsmitteln und Wasser zu suchen. Bereits in den 90er Jahren haben diese Länder erhebliche Mengen von Wasser in Form von Nahrungsmitteln importiert (Tabelle).

Israel stehen jährlich insgesamt 2.2 km³ Süswasser zur Verfügung, was einer Menge von 450 m³ pro Person und Jahr entspricht (1995). Der Umgang mit seinen knappen Wasserressourcen lehrte das Land, innovative Bewässerungssysteme zu entwickeln, wie zum Beispiel die Tröpfchen- und die Mikrobewässerung, sowie kommunales Abwasser in der Landwirtschaft wiederzuverwerten (etwa 65% des gereinigten kommunalen Abwassers wird in der Früchte- und Gemüseproduktion wiederverwendet). Israel kontrolliert den Verbrauch, indem strikte Massnahmen ergriffen werden, wie gezielte Ertragssteigerung, sektorielle Zuteilung von Wasserquoten etc. Alle diese Massnahmen und Innovationen helfen mit, das vorhandene Wasser effizienter zu nutzen. Sie reichen jedoch nicht aus, um das Manko an Wasser auszugleichen. Die Importstatistik von Israel zeigt, dass der Wassermangel im wesentlichen ausgeglichen wird durch den Import von Wasser in Form von Lebensmitteln. In den letzten Jahren importierte Israel u.a. durchschnittlich 2.6 Millionen Tonnen Getreide. Dies entspricht ungefähr der zeh-

fachen Menge der Eigenproduktion. Ausserdem wurden 500 000 Tonnen Sojabohnen und 46 740 Tonnen Fleisch eingeführt, was einer importierte Wassermenge von total 3.4 km³ oder 630 m³ pro Person und Jahr entspricht. Die importierten landwirtschaftlichen Güter erhöhen somit den jährlichen «Wasserverbrauch» auf 1080 m³ pro Person.

Andere Gebiete. Grosse Teile Afrikas werden im nächsten Jahrhundert ebenfalls unter Wassermangel zu leiden haben. Die jährlich verfügbaren Wassermengen pro Person für das Jahr 2025 lautet gemäss Voraussage für: Burundi (280 m³), Äthiopien (980 m³), Kenia (190 m³), Nigeria (1000 m³), Ruanda (350 m³), Somalia (610 m³), Südafrika (790 m³) und Tansania (900 m³). Für alle Länder um den Persischen Golf wird der Wassermangel noch ausgeprägter. Haiti (960 m³) und Peru (980 m³) sind die einzigen Länder in Nord- und Südamerika mit beschränkter Wasserverfügbarkeit. In gewissen Teilen Chinas werden lokale Wasserquellen völlig übernutzt. Es existieren Pläne, das Wasser des Yangtze (Drei-Schluchten-Projekt) von Zentralchina in die Ebenen des Nordens zu leiten, wo heute bereits ein Viertel des heimischen Getreides produziert wird.

Ansätze für nachhaltige Lösungen

Das Problem des zunehmenden Mangels an Wasser kann langfristig nur gelöst werden mit Ansätzen, welche ökonomisch, ökologisch und sozial nachhaltig sind. So stellt beispielsweise die oft propagierte Entsalzung des Meerwassers aus ökonomischen und ökologischen Gründen keine echte Lösungsalternative dar (extrem hoher Energiebedarf).

Effizientere Wassernutzung

In vielen Städten der Entwicklungsländer führen leckere Rohrleitungen und illegale Abzweigungen zu Verlusten zwischen 20 und 50% in der öffentlichen Wasserversorgung. In Industrieländern führen die veralteten Infrastrukturen zu ähnlichen Problemen. In Grossbritannien versickern schätzungsweise 25% des Trinkwassers infolge von lecken Rohrleitungen. Das Instandstellen dieser Lecke ist ein wichtiger Beitrag zur Reduktion des Wasserbedarfs.

Gemäss FAO könnte der Wasserverbrauch in der Landwirtschaft mit wenigen gezielten Massnahmen um die Hälfte reduziert werden. Mikrobewässerung oder ähnlich effiziente Systeme zusammen mit der Reduktion der Verluste vor und nach der Ernte könnten eines Tages den Wasserverbrauch auf effektiv 1 m³ Wasser pro Kilogramm Weizenkörner reduzieren. Die gentechnologische Entwicklung kann bei gewissen Pflanzen wahrscheinlich zu

einer weiteren Reduktion des Wasserbedarfs führen. Experten schätzen das Reduktionspotential jedoch auf höchstens 10 bis 15%.

Auch in der Industrie könnte der Wasserverbrauch durch konsequentes Wasserrecycling und effiziente Abwasser- aufbereitung auf die Hälfte reduziert werden. Nach heutigen Erkenntnissen würde die strikte Optimierung des Wasserverbrauches in der Industrie die weltweite Wasserverfügbarkeit für andere Zwecke um 50 bis 80 m³ pro Person und Jahr erhöhen.

Alle diese Massnahmen, einschliesslich eines ausgeklügeltes Recyclingsystems und einer intensiven Wiederverwendung des Abwassers, könnten den Wasserbedarf um theoretisch 50% reduzieren. Damit würden 600 bis 800 m³ pro Person und Jahr an erneuerbaren Wasserressourcen genügen, um ein auf vegetarischer Nahrung basierendes Leben auf dem Niveau der Industrienationen führen zu können.

Wirtschaftliche Massnahmen

Die Motivation des Verbrauchers, sich mit einer effizienten Wassernutzung auseinanderzusetzen, hängt eng mit dem Preis zusammen. Angesichts der aufkommenden Wasserknappheit, ist es an der Zeit, dem Wasser einen entsprechenden Wert beizumessen. Bis heute erfolgte die Verteilung von Wasser für den städtischen und landwirtschaftlichen Gebrauch durch verschiedene Stellen. Obwohl die sektorielle Verteilung geschichtlich gesehen ihre Berechtigung hat, verlangen die heutigen Erkenntnisse und Entwicklungen eine Neueinschätzung der Lage. Noch heute liegt der Wasserpreis für Haushalt und Industrie viel höher als für die Landwirtschaft. Deshalb fliesst Wasser leichter in die Landwirtschaft. Eine bessere Preisgestaltung würde die Bauern veranlassen, ihre Bewässerungstechnik zu verbessern.

Wird die Industrie für ihren Wasserverbrauch belastet, geht der Bedarf entscheidend zurück. Nach Einführung einer Wassersteuer in São Paulo, Brasilien, nahm der Wasserverbrauch der Industrie innerhalb von 2 Jahren (1980–82), je nach Fabrikationszweig, um 42 bis 62% ab. Ähnliche Resultate wurden in den USA erzielt. 1980 betrug der Wasserverbrauch der Industrie 60 km³ und 1990 nur noch 40 km³. Wassersparmassnahmen setzen Investitionen voraus, doch zahlen sich diese meist früher als erwartet aus. Eine Studie aus San Jose, Kalifornien, zeigt, dass sich die Investitionen in einem Zeitraum von nur 3 bis 12 Monaten amortisieren liessen.

Selbst ein erhöhter Preis für Haushalt und Industrie deckt in vielen Ländern die Kosten der Aufbereitung und des Transportes nicht. Subventionen sind üblich. In Mexico City zum Beispiel, wo das lokale Grundwasser bloss eine

beschränkte Menge Trinkwasser liefern kann, wird das zusätzlich benötigte Wasser aus dem Fluss Cutzamala bezogen. Dieses Wasser muss über eine Höhendifferenz von 1000 m gepumpt werden. Es kostet Fr. 1.20 pro m³ und ist ungefähr 55% teurer als das Wasser aus dem lokalen Grundwasserträger. Die Haushalte zahlen jedoch nur Fr. 0.12 bis 0.15 pro m³.

In vielen schnell wachsenden Städten ist der Preis für Wasser aus neuen Aufbereitungsanlagen höher als aus bestehenden Anlagen. Wird die Wasserversorgung weiterhin subventioniert, fehlt dieses Geld unter Umständen für die städtische Entwicklung sowie für das Wirtschaftswachstum. Die offizielle Begründung für Subventionierung ist und war, dass die arme Bevölkerungsschicht keinen höheren Preis für das Wasser bezahlen kann. Dies ist irreführend. Viele Arme bezahlen bereits den Marktpreis. Da sich in der Nähe ihrer Wohnungen kein Wasseranschluss befindet, kaufen sie das Wasser beim Strassenhändler. Von den 7.9 Millionen Einwohnern Jakartas, Indonesien, erhalten bloss 14% Wasser aus den gemeindeeigenen Leitungen. 32% der Bevölkerung kaufen ihr Wasser beim Strassenhändler zu einem Preis zwischen Fr. 2.80 und 7.80 pro m³, je nach Distanz zur nächsten öffentlichen Zapfstelle. Das Preisverhältnis zwischen Händlern und Gemeinden liegt zwischen 4 und 100: In Cali, Kolumbien, liegt es bei 10, in Guayaquil, Ecuador, bei 20, in Port-au-Prince, Haiti, zwischen 17 und 100, in Karachi, Pakistan, zwischen 28 und 83, in Istanbul, Türkei, bei 10 usw. Ein höherer Wasserpreis trifft daher nicht in erster Linie die Armen. Die reiche Bevölkerungsschicht würde ebenfalls kaum tangiert, sie kann sich teures Wasser leisten. Die Industrien würden sich nach einer gewissen Zeit ebenfalls anpassen. Für den betroffenen Teil der Mittel- und Unterschicht müssten jedoch Übergangslösungen gefunden werden. Eine Preisteilung wäre eine mögliche Lösung. Bei dieser Lösung steht jedermann eine gewisse Menge zu einem tiefen Preis zur Verfügung. Zusätzliches Wasser muss zum Marktpreis erstanden werden. Die subventionierte Menge könnte schrittweise reduziert werden.

Nahrung und Wasser, Massnahmen auf regionaler und globaler Ebene

Wassermangel für die Nahrungsmittelproduktion kann durch den Import von Nahrungsmitteln kompensiert werden. Für eine gesunde Wirtschaft muss aber der Import und der Export von Gütern in einem finanziellen Gleichgewicht stehen. Israel ist ein gutes Beispiel, wie mit importierten Nahrungsmitteln die Wasserknappheit vermindert und trotzdem eine relativ gesunde Marktwirtschaft betrieben werden kann. Der Tourismus ist gut entwickelt, Israel produziert Industriegüter und landwirtschaftliche Produkte von geringem Volumen und guten Preisen (Cash Crops). Grundnahrungsmittel wie Getreide,

Pflanzenöle, Hülsenfrüchte und Fleisch werden hauptsächlich importiert. Aufgrund seiner klimatischen Bedingungen kann Israel landwirtschaftliche Luxusgüter produzieren. Solche klimatischen Bedingungen (kein Frost, viel Sonne und hohe Temperaturen) treffen für viele Länder mit Wasserknappheit zu. In einem gesamtwirtschaftlichen Zusammenhang gesehen ist die Wasserknappheit für gewisse Länder möglicherweise weniger eine Bedrohung, als aufgrund einer Analyse der Wasserverfügbarkeit angenommen werden müsste.

Bestrebungen gewisser Länder gehen dahin, wenigstens die vegetarische Grundversorgung ihrer Einwohner zu sichern. Das Fleisch lässt sich im Ausland einkaufen, wenn es den Gepflogenheiten der Bevölkerung entspricht und es die finanzielle Situation zulässt. Die chinesische Regierung hat ein vegetarisches Selbstversorgungsszenarium in ihre Planung für das nächste Jahrhundert aufgenommen. Ein grösseres Land kann die Selbstversorgung anstreben, für kleinere Länder mit grosser Bevölkerungsdichte fehlt aber die landwirtschaftlich nutzbare Fläche.

In Ländern mit genügend Wasser und fruchtbarem Boden ist ein Paradigmawechsel vonnöten. Im nächsten Jahrhundert wird eine ihrer Aufgaben darin bestehen, landwirtschaftliche Produkte für den Export zu produzieren. Demzufolge müssen auch die westeuropäischen Länder wieder vermehrt Landwirtschaft betreiben. Da grosse Teile der USA, West- und Osteuropas genügend Wasser und fruchtbaren Boden besitzen, werden sie in 10 bis 20 Jahren einen grösseren Teil an Grundnahrungsmitteln wie Weizen, Fleisch und Milchprodukte für den Rest der Welt produzieren. Gegenüber Ländern, die hinsichtlich Wasser, Bodenbeschaffenheit, natürlicher Ressourcen, klimatischer Bedingungen und Industrialisierung weniger gut ausgestattet sind, wird sich die internationale Gemeinschaft mit direkter Unterstützung solidarisch zeigen müssen.

Schlussbemerkung

Global gesehen standen in der Vergangenheit primär die qualitativen Probleme des Wassers im Vordergrund (Kontrolle der wasserbezogenen Krankheiten, ökologische Probleme infolge Einleitung von kommunalem und industriellem Abwasser). Obschon Lösungen für diese Probleme erst für eine kleine Minderheit der Weltbevölkerung realisiert bzw. absehbar sind (mehr als 1.2 Milliarden Menschen haben heute noch keinen Zugang zu sicherem Trinkwasser, und in Asien, Lateinamerika und Afrika fliessen 90–100% des Abwassers weiterhin ungereinigt in den Vorfluter), sehen wir uns für das kommende Jahrhundert bereits mit einer neuen Herausforderung

globalen Ausmasses konfrontiert: der zunehmenden Wasserknappheit. Die Probleme des Wassermangels werden sich örtlich und regional auf unterschiedliche Art und mit unterschiedlicher Dringlichkeit manifestieren. In erster Priorität wird es nötig sein, in Regionen mit knappen erneuerbaren Wasserressourcen technische und wirtschaftliche Massnahmen zur effizienten Verteilung und Nutzung des zur Verfügung stehenden Wassers zu realisieren. Zur Lösung der globalen Wasserknappheit wird es mittel- und langfristig aber auch nötig sein, die geographische Verteilung der Nahrungsmittelproduktion unter dem Aspekt der Wasserverfügbarkeit neu zu organisieren.

Dazu müssen Kenntnisse über natürliche, technische und soziale Prozesse problembezogen kombiniert werden. Es ist mit anderen Worten ein «integrated assessment» erforderlich, wie es im Bereich der Klimapolitik durch das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in regelmässigen Abständen erarbeitet wird. Noch stärker als bei der Klimapolitik sind dabei regionale Gegebenheiten zu berücksichtigen, ohne die globalen Zusammenhänge zu vernachlässigen. Organisationen wie die Weltbank und die UNEP dürften dabei eine wichtige Rolle spielen. Vor dem Hintergrund einer integrierten Beurteilung können dann auf der lokalen, nationalen und internationalen Ebene die Massnahmen entwickelt werden, die einen nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser ermöglichen können.

Literatur

Die quantitativen Informationen für diesen Artikel wurde den folgenden Publikationen entnommen:

- Cohen, J.E.* 1996. How many people can the earth support? W.W. Norton & Company, London & New York.
- Engelmann, R. und LeRoy, P.* 1995. Mensch, Wasser! Balance Verlag, Hannover.
- Falkenmark, M., and Widstrand, C.* 1992. Population and water resources: a delicate balance. Population Bulletin 47: 3. Washington D.C.: Population Reference Bureau.
- Gleick, P.H.,* Editor. 1993. Water in crisis. A guide to the world's fresh water resources. Oxford University Press, New York & Oxford.
- Postel, S.* 1992. Last Oasis. W.W. Norton & Company, London & New York.
- Raskin, P., Hansen, E. und Margolis, R.* 1995. Water and sustainability: a global outlook. Stockholm Environment Institute, Stockholm.
- Serageldin, I.* 1995. Toward sustainable management of water resources. The World Bank, Washington, D.C.
- Sigurdson, J.* 1977. Water politics in India and China. Ambio 6: 70–76.
- United Nation (UN), Population Division. 1992. Long range world population Projections: two centuries of population growth 1950–2150. U.N., New York.
- World Bank. 1992. World Development Report 1992, Development and the Environment. Oxford University Press, New York & Oxford.
- World Resources Institute (WRI), United Nations Environment Programme (UNEP), United Nations Development Programme (UNDP) und World Bank. 1996. World Resources 1996–97. Oxford University Press, New York & Oxford.



Foto: Andreas Frutiger, EAWAG

**KURZBEITRÄGE AUS DEN TÄTIGKEITS-
BEREICHEN DER EAWAG**

**Tag der offenen Tür in Kastanienbaum, 13. und
14. Juni 1997 – die Geheimnisse des Wassers**

Theresa Büsser

Am 13. und 14. Juni 1997 öffnete das EAWAG-Forschungszentrum für Limnologie in Kastanienbaum seine Türen für die breite Öffentlichkeit. Trotz der wechselhaften Witterung fanden rund 3000 interessierte Besucherinnen und Besucher den Weg zum Forschungslabor.

Auf verschiedenen Erlebnispfaden konnten die BesucherInnen hautnah Wissens- und Sehenswertes über die laufenden Forschungsarbeiten erfahren.

Besonders anziehend wirkte eine Plattform mit Forschungsgeräten auf dem Vierwaldstättersee. Mit Kleinbooten hingeführt, durften die BesucherInnen auf dem schwankenden Floss mitforschen, mit der runden weissen Secchischeibe die Sichttiefe messen oder mit dem Echolot die Fische zählen. An Land zeigten ForscherInnen mit Mikroskopen, Videos, Modellen und

Postern auf, wie die Seen mit dem Land, der Luft, dem Seeboden, den Pflanzen und Tieren und mit der menschlichen Zivilisation kommunizieren.

Aus einem verdunkelten Zelt leuchteten türkisfarbene Aquarien. Hier wohnten einheimische Fische und Krebse in einer naturnah gestalteten Umgebung. Naturnah bedeutet z.B. genügend Unterschlupfe und damit Schutz vor Feinden, optimale Brutstätten und damit erfolgreiche Fortpflanzung. So lernten die BesucherInnen, dass eine



Foto: Beat Müller, EAWAG



Foto: Beat Müller, EAWAG

monotone Umgebung – wie sie zum Beispiel in verbauten Flüssen vorkommen – die Vielfalt der Arten und die Zahl der Fische einschränkt.

Sehr angepasst an ihre dunkle, sauerstoff- und nährstoffarme Umgebung sind die Tiere im Grundwasser: Schnecken, Rädertierchen, Milben und Würmer. Im Vergleich zu ihren oberirdischen Verwandten sind sie farblos und haben einen langsameren Stoffwechsel, eine grössere Lebenserwartung und weniger Nachkommen.

Trinkwasser ist kostbar und keine Selbstverständlichkeit. Wie und wo wird es gewonnen, wie aufbereitet und wie wird es nach Gebrauch in Form von Abwasser wiederum gereinigt? Wasser ist auf unserem Planeten sehr ungleich verteilt. Darum suchen die EAWAG-ForscherInnen auch nach kostengünstigen und den lokalen Gegebenheiten angepassten Lösungen für Entwicklungsländer. Ein Ansatz ist die Wasserdesinfektion mittels Sonnenlicht. Die kombinierte Nutzung der Sonnenenergie – UV-A-Strahlung und Wärme – inaktiviert z.B. bereits nach 1–2 Stunden die krankmachenden Choleraerreger. Feldversuche mit halb eingeschwärzten Colaflaschen wurden bisher in verschiedenen Ländern erfolgreich durchgeführt (vgl. den folgenden Beitrag).

Tage der offenen Tür finden nicht jedes Jahr statt. Sie verlangen von den MitarbeiterInnen viel Zeit, Kreativität, Engagement, Energie, Einfühlungsvermögen und grosse Geduld. Auch wenn der unmittelbare Nutzen nicht gleich sichtbar ist, zurück bleiben Erlebnisse, die bei den meisten der Beteiligten – BesucherInnen und MitarbeiterInnen – noch lange nachwirken.

Umweltechnologie

SODIS stösst weltweit auf Interesse

Martin Wegelin und Bernhard Sommer

Das Potential der solaren Wasserdesinfektion (SODIS) wurde eingehend im Labor und in Feldtests untersucht und einfache Methoden für die Nutzung dieses Prozesses entwickelt. Demonstrationsprojekte in Kolumbien, Bolivien, Burkina Faso, Togo, Indonesien, Thailand und in China zeigen, dass die Wasseraufbereitungsmethode im Feld gut funktioniert und von der Zielbevölkerung akzeptiert und gebraucht wird.

Die solare Wasserdesinfektion ist eine Methode, bei der die keimtötende Wirkung von Wärme und natürlicher UV-Strahlung ausgenutzt wird. Beides wird kostenlos von der Sonne geliefert. Durch die kombinierte Anwendung von Wärme und Strahlung wird ein Synergieeffekt erzielt, der eine vollständige Desinfizierung von Bakterien und Viren innert weniger Stunden bei einer Wassertemperatur von 50 °C erlaubt (Abbildung 1). Die Anwendung erfolgt in transparenten Behältern (Flaschen oder Beuteln) und in Durchlaufsystemen.

Die Anwendung von SODIS in transparenten Behältern ist eine einfache und kostengünstige Methode. Dazu werden

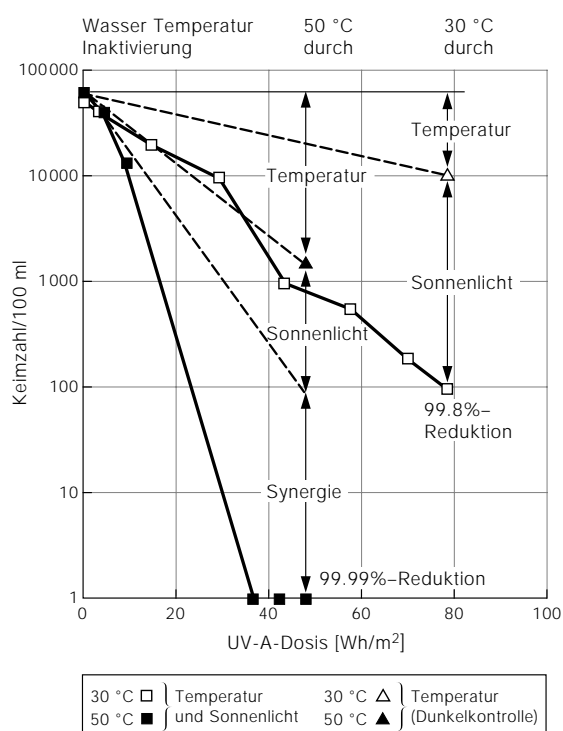


Abbildung 1: Inaktivierung von Faecal coli durch Sonnenlicht bei verschiedenen Wassertemperaturen.

handelsübliche, transparente PET-Flaschen verwendet. Diese werden mit Rohwasser gefüllt und den ganzen Tag an die Sonne gelegt (Abbildung 2). Das verwendete Rohwasser sollte möglichst klar sein, damit die Energie der Sonnenstrahlen nicht durch die Trübung geschwächt wird. Die Strahlungstärke wird auch durch die Schichtdicke des Wassers verringert. Dank ihrer flachen Form sind Plastikbeutel für das SODIS-Verfahren besonders geeignet. Die geringe Wassertiefe hält die Strahlungsverluste klein und die Aufwärmung des Wassers erfolgt schneller als in zylindrischen Flaschen.

In einem Durchlaufsystem ist der Reaktor gleichzeitig Wärmekollektor und Bestrahlungsgefäß, und dank einem Wärmetauscher im Auslauf kann die Sonnenenergie mehrfach genutzt werden. Mit der Energierückgewinnung im Wärmetauscher, wo das warme behandelte Wasser das kalte Rohwasser aufwärmt, kann eine tägliche Wasserproduktion von rund 120 Litern pro Quadratmeter Kollektorfläche erreicht werden. SODIS ist aber vom Wetter abhängig, bei schwacher Sonneneinstrahlung sollten Plastikflaschen und -säcke für zwei Tage an die Sonne gelegt und an Regentagen das Regenwasser genutzt werden. Die Resultate zeigen, dass SODIS auch in der Praxis gut funktioniert. Auch wenn das Rohwasser nicht immer vollständig desinfiziert wird, erreicht man in jedem Fall eine bedeutende Reduktion der Mikroorganismenzahl.

Die Tabelle zeigt Fragestellung, Indikatoren, Merkmale und Anreize, welche in den SODIS-Demonstrationsprojekten untersucht wurden. Dabei wurden Akzeptanz, Integration und Erschwinglichkeit der Wasseraufbereitungsmethode durch die Zielbevölkerung ermittelt. Als



Abbildung 2: SODIS-Anwendung mit Plastikflaschen in Thailand. (Foto: Martin Wegelin)

Indikatoren für die Feldabklärungen dienten die Änderung der Wasseraufbereitungs- und Wasserhandhabungsgewohnheiten der Teilnehmer sowie deren Bereitschaft, für die Wasserqualitätsverbesserung durch SODIS zu zahlen. Eine sorgfältige Einführung und Begleitung der Benutzer ist trotz der Einfachheit von SODIS sehr wichtig. Korrekte Anwendung und Handhabung der Methode vorausgesetzt, liegt die Akzeptanz bei über 90%. Ihre positiven Erfahrungen geben die Benutzer an Verwandte und Bekannte weiter und tragen so zu einer Verbreitung der Methode bei.

SODIS weist viele Vorteile auf, die die Verbreitung fördern. Es ist eine einfache und praktische Methode,

Fragestellung	Akzeptanz	Integration	Erschwinglichkeit
<i>Indikatoren</i>	<i>Änderung der Wasseraufbereitungsgewohnheiten</i>	<i>Änderung der Wasserhandhabungsgewohnheiten</i>	<i>Bezahlung der Wasserqualitätsverbesserung</i>
<i>Erfolgchancen, verbessernde Merkmale und Anreize</i>	<i>einfache Methode</i> Abkochen von Wasser ist umständlich, Exposition ans Sonnenlicht einfach	<i>Versorgung mit speziellen Behältern</i> z.B. halbseitig schwarze Flaschen oder Beutel	<i>niedrige Beschaffungs- und Betriebskosten</i> niedrigere Kosten als für andere Methoden, z.B. Abkochen, Chlorierung
	<i>kostensparende Methode</i> zum Abkochen von Wasser benötigt man Energie, z.B. Brennholz oder Kerosen, Sonnenlicht ist gratis	<i>praktische Behälter</i> z.B. direkter Genuss des behandelten Wassers ist einfach	<i>Nachhaltigkeit von SODIS</i> Behälter können mit vorhandenen lokalen Mitteln beschafft und ersetzt werden
	<i>praktische Methode</i> Abkochen von Wasser verlangt vorsichtiges Hantieren mit heißen Töpfen, Plastikflaschen sind praktisch und einfach in der Handhabung	<i>spezielle Aufmerksamkeit wird dem Trinkwasser geschenkt</i> z.B. Trinkwasser wird speziell behandelt und anders aufbewahrt, als das für andere Zwecke verwendete Wasser	<i>Benutzer erkennen die Vorteile für die Gesundheit</i> gute Wasserqualität ist billiger als eine medizinische Behandlung

Tabelle: Fragestellung, Indikatoren, Merkmale und Anreize des SODIS-Verfahrens.

welche allgemein angewendet werden kann. Die Anwendung von SODIS mit Flaschen kostet sehr wenig, da Plastikflaschen stark verbreitet sind und zum Teil Einwegflaschen wiederverwendet werden. SODIS benötigt nur Sonnenenergie und verursacht deshalb keine zusätzlichen Kosten für Brennholz, Kerosen, Gas oder elektrischen Strom. Kauf und Lagerung von chemischen Hilfsstoffen sind nicht nötig.

In den sieben beteiligten Ländern werden nationale Workshops organisiert mit dem Ziel, SODIS einem breiteren Fachpublikum zu präsentieren, die Methode und die Ergebnisse der Demonstrationsprojekte zu diskutieren sowie Strategien zur Verbreitung von SODIS zu entwickeln.

Wirkt die elektromagnetische Wasserbehandlung gegen Krustenbildung in Rohrleitungen?

Regula Müller, Bernhard Wehrli, Hansruedi Siegrist

Verschiedene physikalische bzw. magnetische Wasserbehandlungsgeräte werden heute angeboten, um Kalkverkrustungen in Privathaushalten und in technischen Anlagen zu verhindern. Aus der Praxis werden spektakuläre Erfolge und deutliche Fehlschläge gemeldet. Im Rahmen von drei wissenschaftlichen Fallstudien konnten wir in zwei Fällen eine deutlich verringerte Krustenbildung nachweisen.

Der Wirkungsmechanismus der physikalischen Wasserbehandlung ist nicht geklärt. Solange der Einfluss von elektromagnetischen Feldern auf die Kristallisation aus wässriger Lösung nicht verstanden wird, können auch

Fachleute nur Hypothesen diskutieren. Die entsprechenden Geräte bleiben auf einen Nischenmarkt beschränkt, weil sie sich nicht präzise optimieren lassen. In der vorliegenden Untersuchung im Rahmen einer Dissertation an der EAWAG und eines Auftrages des BUWAL haben wir uns auf einen Gerätetyp und zwei Anwendungsbereiche beschränkt. Das elektromagnetische Gerät sendet auf eine Spule, die auf ein Rohr montiert ist, eine Folge von Stromimpulsen. Dadurch werden in der Rohrleitung veränderliche elektrische und magnetische Felder erzeugt, welche auf geladene Teilchen im Wasser Kräfte ausüben können. Zur physikalischen Wirkungsweise dieses Gerätetyps wurden theoretische Überlegungen angestellt und numerische Simulationen durchgeführt. Als Anwendungsgebiete wurden der Einsatz bei sehr hartem Trinkwasser und im Faulschlammbereich von Kläranlagen untersucht.

In einer Anlage der Schweizer Armee mit sehr mineralreichem Wasser traten seit Jahren Verkalkungsprobleme auf. Im Kühlsystem der Klimaanlage, aber auch in den Boilern lagerte sich Kalk ab, so dass sich die Rohrquerschnitte verengten. Dies führte zu einem Druckanstieg. Kritische Rohrleitungen mussten alle drei Jahre ersetzt werden. Durch den Einsatz der elektromagnetischen Geräte konnte die Kalkablagerung in den Kühlrohren stark reduziert werden. Die Kalkstruktur änderte sich (siehe Abbildung). Im Elektronenmikroskop wurde sichtbar, dass wesentlich kleinere unregelmässige Kristalle gebildet wurden, welche zudem offensichtlich weniger stark an der Rohrwandung haften.

Die ARA Werdhölzli setzt im Faulwasserbereich Phosphorsäure ein, um die Verkalkung der Rohre zu vermindern. Vor der Einrichtung dieser automatischen Dosierstationen mussten die Faulwasserpumpen periodisch mit einem

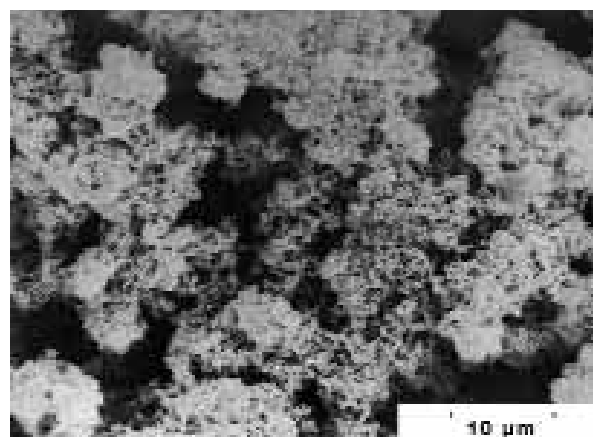


Abbildung: Elektronenmikroskopische Aufnahmen von Kalkkristallen an der Rohrwand einer Trinkwasserversorgung.

Links: Kalknadeln ohne elektromagnetische Wasserbehandlung, rechts feiner Niederschlag in Gegenwart eines elektromagnetischen Geräts. Strichlänge 10 µm. (Fotos: Prof. Rudolf Giovanoli, Universität Bern)

aufwendigen Verfahren gereinigt werden. An den Stellen, an denen eine Verkrustungstendenz bekannt ist, wurde je ein Gerät installiert und die Phosphorsäuredosierung auf 50% reduziert. In diesem Versuch blieb der Schichtaufbau gering, aber es liess sich kein Unterschied zwischen behandelten Abschnitten und Referenzstrecken nachweisen.

In einer weiteren Versuchsphase wurde die Säure ganz abgestellt, um den Schichtaufbau zu verstärken. Ohne Geräte verkalkten die Faulwasserpumpen innert 4 Tagen vollständig, mit den verwendeten elektromagnetischen Geräten dauerte es 10 Tage. Ein Effekt der hier eingesetzten elektromagnetischen Felder war zwar sichtbar, allerdings müsste die Wirksamkeit der Geräte für diese Anwendung stark verbessert werden, um die Voraussetzung für einen sinnvollen Einsatz zu schaffen.

In der Kläranlage Worblental wird die Temperatur von 36 bis 37 °C in der Schlammfäulung durch eine externe Rohrleitung mit fünf Wärmetauschern aufrechterhalten. Der Frischschlamm wird nach dem ersten Wärmetauscher eingemischt. An den Wärmetauscheroberflächen treten sehr hohe Temperaturgradienten auf. Die Zusammensetzung des Schlammes ändert sich, wenn Frischschlamm zugepumpt wird, und gleichzeitig erfolgt eine Abkühlung. Es ist noch nicht klar, ob die Konzentrationsänderung oder ein Temperatureffekt dazu führen, dass an der Wand der Wärmetauscherrohre die Übersättigung an Eisenphosphat so hoch wird, dass Vivianit ausfällt. Vivianit ist ein Wärmeisolator. Wegen der Ausfällungen im Wärmetauscher konnte die Betriebstemperatur der Schlammfäulung nicht mehr gehalten werden, deshalb musste bisher dieser Belag ca. alle 2 Monate abgeschlagen werden. In dieser Kläranlage wurde ein weiterentwickeltes Gerät mit optimierbaren Betriebsbedingungen montiert. Die Resultate sind eindeutig und positiv: Die Wärmetauscherrohre haben seit einem Jahr keinen Belag mehr angesetzt.

Mit den vorliegenden Arbeiten können wir drei erste Schlussfolgerungen ziehen:

- Reine Magnetfelder wirken nur auf bewegte Ladungen im Wasser. Elektromagnetische Wechselfelder zeigen dagegen vielfältigere Wirkungsmöglichkeiten. Elektromagnetische Geräte mit Spulen sind deshalb entwicklungsfähiger als Permanentmagnete mit statischen Magnetfeldern.
- In unseren Praxistests hat sich die Erfahrung wiederholt, dass der erfolgreiche Einsatz von elektromagnetischen Geräten stark von der Anlage und den physikalisch-chemischen Randbedingungen abhängt. Da gegenwärtig eine einfache Typenprüfung für die

Wirksamkeit fehlt, empfehlen wir bei technischen Anlagen auf jeden Fall Praxistests und Erfolgskontrollen. Der Einsatz von elektromagnetischen Geräten im privaten Bereich muss mit einem Rückgaberecht verbunden sein.

- Wie die Fallstudien illustrieren, lassen sich unter günstigen Bedingungen mit dieser Technik Energie und Kosten sparen und die Salzbelastung von Gewässern verringern. Für die gezielte Optimierung des Verfahrens sind aber weitere physikalisch-chemische Aufklärungen des Wirkungsmechanismus unter kontrollierbaren Laborbedingungen unbedingt notwendig.

Die Kanalisation als biologischer Reaktor

Jacco Huisman, Peter Krebs, Willi Gujer

Die enormen Volumina von Kanälen und Regenbecken der Kanalisation stellen ein grosses Reaktorpotential dar, mit dem Kläranlagen unterstützt werden können. In diesem Projekt werden die biologischen Umwandlungsprozesse in der Kanalisation untersucht. Es konnte bereits gezeigt werden, dass der Biofilm an der Kanalisationswand eine wichtige Rolle spielt, nicht nur wegen der Prozesse, die darin stattfinden, sondern auch weil er Bakterien ans Abwasser abgibt.

Die Zusammensetzung des Abwassers ist an der Quelle beim Verursacher durchwegs etwa gleich. Im Zulauf zur Kläranlage kann sie sich jedoch signifikant unterscheiden. Demnach müssen sich während des Transportes in der Kanalisation Umwandlungsprozesse abspielen (Abbildung 1). Die Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung ist heute wegen der geforderten Stickstoff- und Phosphatelimination so weit entwickelt, dass die Abwasserzusammensetzung einen wesentlichen Einfluss auf die Effizienz und den Ressourcenverbrauch der Kläranlage hat. Dadurch hat das Interesse für die Prozesse in der Kanalisation und die Möglichkeiten, diese zu beeinflussen, um eine erwünschte Abwasserzusammensetzung zu erreichen («wastewater design»), in letzter Zeit stark zugenommen.

Bakterien sind sowohl im Abwasser als auch an der Wand des Kanals im sogenannten Biofilm (Sielhaut) vorhanden. Im Biofilm werden die Bakterien nicht ständig weggeschwemmt. Es stehen aber weniger Nährstoffe zur Verfügung, als wenn sie im Abwasser wachsen würden, weil diese erst aus dem Abwasser in den Biofilm diffundieren müssen, was zu einer geringeren Aktivität führt. Durch die Schleppkraft erodierte Teile des Biofilmes werden Teil des Abwassers. Die darin enthaltenen Bak-

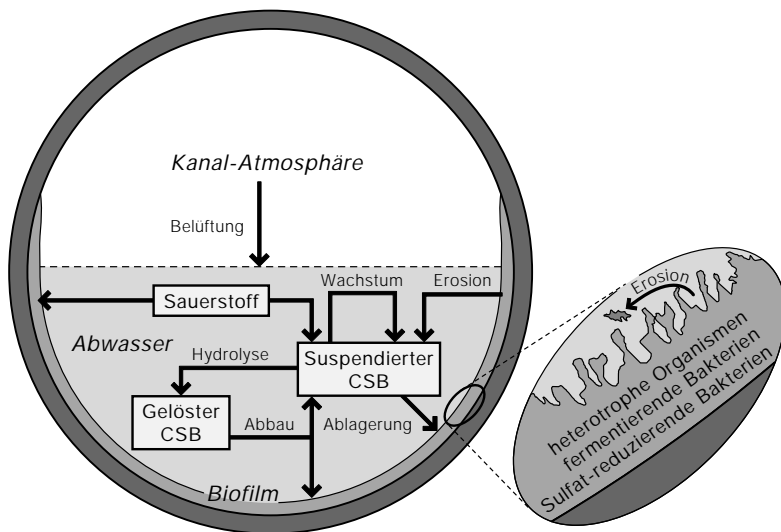


Abbildung 1: Die wichtigsten Prozesse, die in einer aeroben Kanalisation ablaufen. Bakterien werden als Teil der suspendierten Schmutzstoffe betrachtet, wiedergegeben durch den Summenparameter «suspendierter CSB».

terien verändern die Zusammensetzung der Schmutzstoffe.

In diesem Projekt möchten wir die Prozesse in der Kanalisation möglichst unter realen Bedingungen untersuchen. In einem Kanal mit 30 cm Durchmesser und 1.7 km Länge findet bei einer Fließzeit von 35 Minuten eine Reduktion des Nitrats von 2.0 auf 0.8 mg/l und des gelösten organischen Kohlenstoffs von 50 auf 30 mg/l statt. Diese Ergebnisse sind jedoch nicht direkt auf andere Kanäle übertragbar.

Leider kann mit Messungen direkt in der Kanalisation zwischen Abbau durch suspendierte Biomasse und

Biofilm nicht unterschieden werden. Weil in erster Linie die Vorgänge im Biofilm interessieren, haben wir ein System entwickelt, mit dem der Kanalisationsbiofilm unter frei wählbaren, konstanten Bedingungen (Wassergeschwindigkeit, Temperatur, Sauerstoffkonzentration etc.) untersucht werden kann (Abbildung 2).

Die Bilanzierungen der Schmutzstoffe über Kanalisationsstrecken deuten an, dass die Abbauprozesse in der Kanalisation bedeutend sind. Messungen der Biofilmaktivität haben gezeigt, dass die Bakterien im Biofilm, abhängig von den Bedingungen im Kanal, bis zu 50% dieses Abbaus leisten. Obwohl die Prozesse, die in einer Kanalisation ablaufen, eine Kläranlage niemals

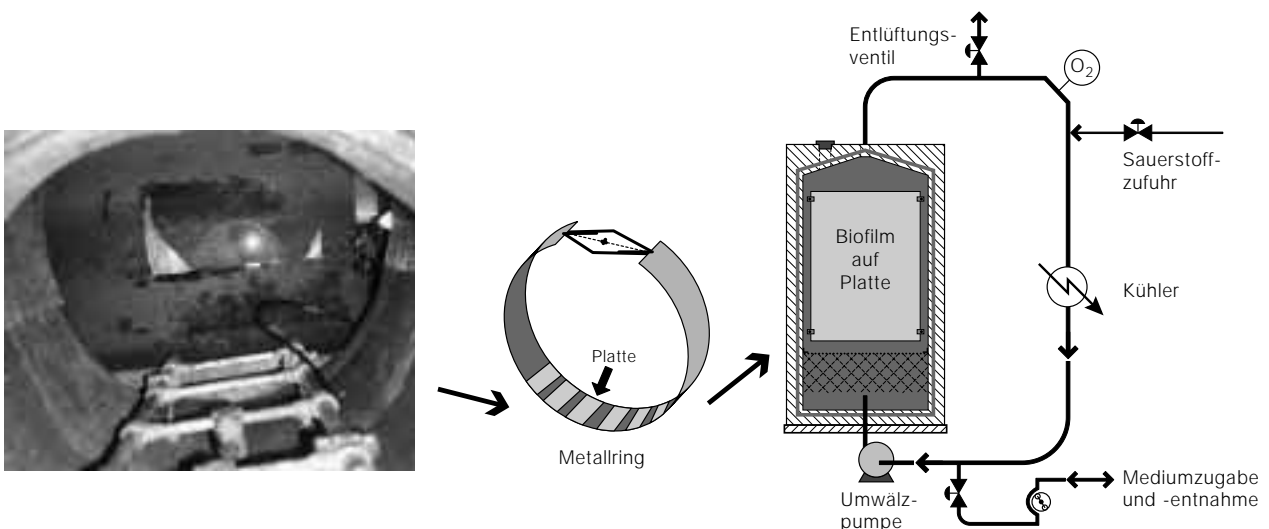


Abbildung 2: Messprinzip zur Bestimmung der Biofilmaktivität. In der Kanalisation wird ein Ring mit Platten (Mitte) eingebaut. Diese werden mit der Zeit überwacht und können dann zusammen mit dem Biofilm in einer Versuchsanlage im Labor auf ihre Aktivität untersucht werden (rechts). Das Foto links zeigt den Einblick in einen offenen Schacht: rechts unten im Kanal erkennt man den montierten Ring. (Foto: Christian Singeisen)

ersetzen können, sind sie sicher nicht vernachlässigbar und entlasten vor allem beim Nitrat die Kläranlage signifikant. Unsere Absicht ist, gezielt in diese Prozesse einzugreifen.

Populationsdynamik in Kläranlagen am Beispiel Denitrifikation mit Methanol

Irene Purtschert und Willi Gujer

Populationsdynamische Untersuchungen im Belebtschlammssystem Denitrifikation mit Methanol haben gezeigt, dass 2 Typen von Mikroorganismen phänomenologisch unterschieden werden können. Welche der methanolverwertenden Populationen zu dominieren vermag, hängt ab von der Art der Kultivierung, welche aerob oder anoxisch (denitrifizierend) erfolgen kann. Die Betriebsoptimierung einer Kläranlage erfordert deshalb einen möglichst geringen aeroben Methanolabbau.

Im Belebtschlamm werden populationsdynamische Untersuchungen oft mit Hilfe des Mikroskops gemacht. Eine andere Möglichkeit, Populationsdynamik zu verfolgen, besteht in der Aufzeichnung von artspezifischen Aktivitäten über längere Zeitperioden bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen. Voraussetzung ist, dass das betrachtete System die interessierenden Organismen in hoher Konzentration enthält und deren Aktivitäten einfach gemessen werden können. Im System Denitrifikation mit Methanol werden gezielt spezialisierte Bakterien gezüchtet, da nur diese Spezialisten Methanol verwerten können, insbesondere unter denitrifizierenden Bedingungen. Dominierend sind verschiedene *Hyphomicrobium* sp. Da in Zukunft die grossen Kläranlagen in der Schweiz mit Denitrifikationsstufen ausgerüstet werden, sind populationsdynamische Erkenntnisse in diesem System von aktueller Bedeutung. Methanol kann als zusätzliches, externes Kohlenstoffsubstrat eingesetzt werden und die Denitrifikation effizient unterstützen.

In der Kläranlage Zürich-Werdhölzli wurden grosstechnische Versuche mit vorgeschalteter Denitrifikationszone und Methanoleinsatz durchgeführt. Dabei wurden vor allem Leistung und maximale Kapazität der Nitratelimination verfolgt sowie störende Sauerstoffeinträge oder kritische hydraulische Verhältnisse quantifiziert. Die Aktivitäten der Methanolverwerter wurden aerob und anoxisch mit separaten Versuchen bestimmt.

In einem acht Liter fassenden Laborreaktor wurden populationsdynamische Zusammenhänge im System Methanolabbau detaillierter untersucht. Die Stöchiometrie und Kinetik unter verschiedenen Betriebsbedingungen wurde mit Batchversuchen bestimmt, während im Laborreaktor langzeitige Kultivierungsversuche abliefen. Die Biomasse wurde bei verschiedenen Temperaturen aerob oder anoxisch gezüchtet und in separaten Batchversuchen wurde laufend ihre aktuelle Aktivität gemessen. Der aerobe Methanolabbau ist deshalb interessant, weil bei der vorgeschalteten Denitrifikation immer auch Methanol aerob abgebaut wird, sei es in Form von Restmethanol, das in die aerobe Zone gelangt oder aufgrund der unerwünschten Sauerstoffeinträge in die Denitrifikationszone.

Die Resultate zeigen, dass zwei Populationen von Methanolverwertern (hier mit X_1 und X_2 bezeichnet) unterschieden werden können, wobei je nach Kultivierungsart (aerob oder anoxisch) die eine oder andere dominiert. Beide sind fähig zu denitrifizieren. Ungünstiger ist die Population X_1 , die aerob schneller wächst, aber eine höhere Schlammproduktion bewirkt und damit zu einem höheren Methanolverbrauch führt. Das Ziel des Anlagebetriebs wird also sein, die Population X_2 im System bevorzugt anzureichern.

Für die zwei Populationen X_1 und X_2 wurde ein mathematisches Modell formuliert und mit Hilfe der Laborversuche kalibriert (Abbildung 1). Anhand der Daten aus der Kläranlage Werdhölzli konnte das Modell verifiziert werden (Abbildung 2). Schliesslich wurden verschiedene prak-

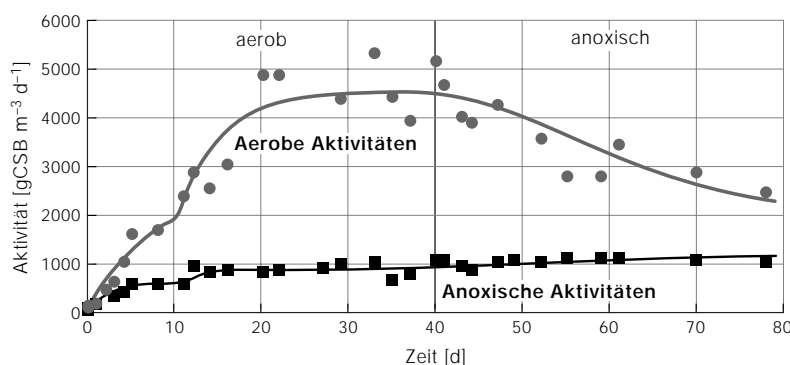


Abbildung 1: Anoxische und aerobe Laborversuche während aerober (erste 40 Tage) und anoxischer Kultivierung (zweite 40 Tage). Dargestellt sind die aeroben und anoxischen Aktivitäten des Methanolabbaus (Messpunkte und Simulation).

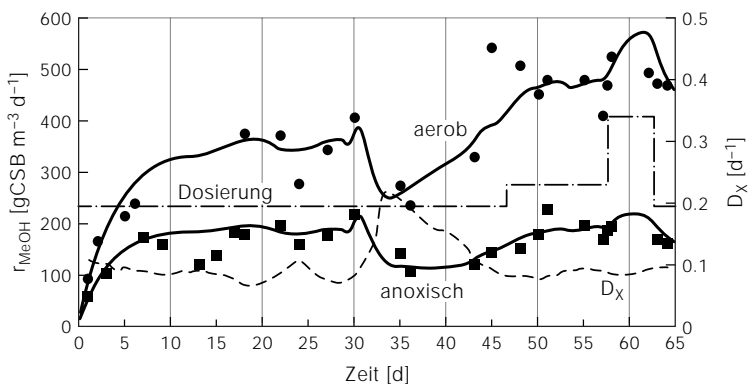


Abbildung 2: Verifikation des Modells mit Messdaten aus der Kläranlage Zürich-Werdhölzli. Dargestellt sind die Raten oder Aktivitäten (r_{MeOH}) des Methanolabbaus (Messpunkte und Simulation) und der Methanoldosierung sowie die Verdünnungsrate (D_X).

tische Szenarien gerechnet, um eine Anlage mit Methanoleinsatz optimal betreiben zu können. Wichtig ist, dass möglichst wenig Sauerstoff für den Methanolabbau zur Verfügung steht, damit die vorteilhafte Population X_2 bevorzugt wird.

Nachweis sehr niedriger Genauaustauschfrequenzen zwischen Bakterien im Abwasser

Roald Ravatn, Alexander J.B. Zehnder, Jan Roelof van der Meer

Spezialisierte Bakterien, welche organische Umweltschadstoffe abbauen können, finden möglicherweise Einsatz in umweltbiotechnologischen Verfahren. Die Risiken ihrer Vermehrung und der Verbreitung von Teilen

ihres Erbguts wurden in einer Doktorarbeit an der Abteilung Mikrobiologie untersucht.

Da viele Bakterien die Fähigkeit haben, eine Vielzahl umweltschädlicher Verbindungen mit hoher Effizienz zu beseitigen, gewinnen sie in der Umweltbiotechnologie zunehmend an Bedeutung. Dabei handelt es sich in erster Linie nicht um Bakterien, welche im Labor zielgerichtet genetisch verändert wurden. Vielmehr kommen Bakterien zum Einsatz, welche aus Umweltproben isoliert worden sind.

Obwohl diese Bakterien in mancher Hinsicht sehr nützlich sind, besitzen sie zum Teil Eigenschaften, die uns Menschen bedrohlich werden können. So sind viele Bakterien potentielle Krankheitserreger oder Nahrungsmittelverderber und werden in dieser Form besonders gefürchtet. Sollen Bakterien grosstechnologisch zum

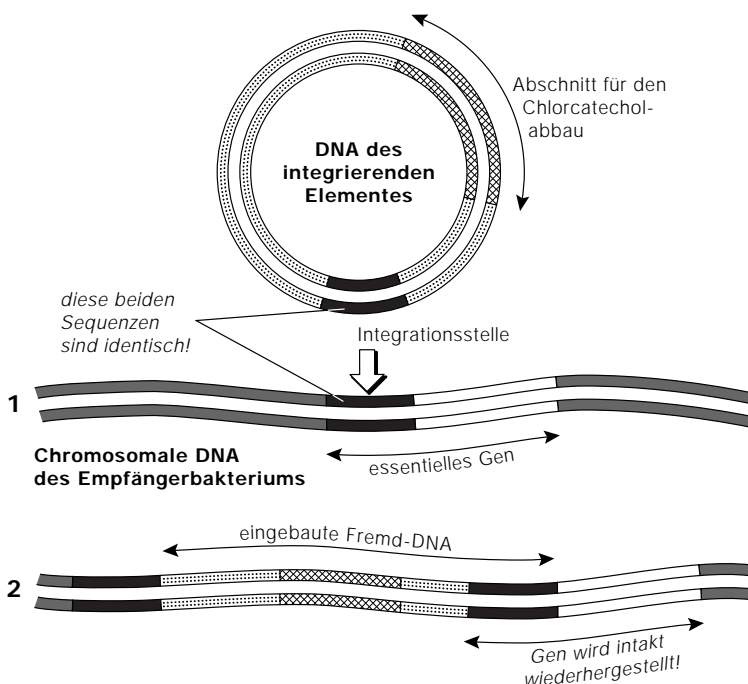


Abbildung: Integration des DNA-Elements für den Chlorocatecholabbau ins Chromosom eines Empfängerbakteriums.

1. Mit einer bestimmten Regelmässigkeit löst sich das Element vom Chromosom und bildet ein eigenständiges DNA-Molekül, das auf ein anderes Bakterium übertragen werden kann.

2. Das Element fügt sich in den DNA-Abschnitt eines essentiellen Gens auf dem Bakterienchromosom ein. Da es die gleichen 18 Basenpaare-Sequenz wie ein Teil dieses Gens aufweist (hier in Schwarz gezeichnet), wird die Funktionstätigkeit des unterbrochenen Gens wiederhergestellt.

Einsatz kommen, ist es darum äusserst wichtig, dass eine unerwünschte Vermehrung oder Verbreitung von Teilen des bakteriellen Erbguts (DNA) verhindert wird.

Roald Ravatn, Doktorand an der Abteilung Mikrobiologie, hat sich in seiner Arbeit mit dieser Problematik auseinandergesetzt. Anhand eines Bakterienstammes (*Pseudomonas*), welcher die Fähigkeit besitzt, 3-Chlorbenzoat als Nahrungsquelle zu nutzen, hat er versucht, die möglichen Folgen eines grosstechnischen Einsatzes von Laborbakterien zum Abbau von Schadstoffen zu ermitteln. Als erstes ging es um die Chancen der *Pseudomonas*-Kultur, in einer natürlichen Umgebung (hier: Klärschlamm) zu überleben. Dabei stellte sich heraus, dass der Anteil der zugesetzten Bakterien relativ schnell auf weniger als 0.1 Promille der Gesamtpopulation sank, wenn nur die Bakterien dem Klärschlamm beigemischt wurden. Erst nachdem dem Klärschlamm 1 mM 3-Chlorbenzoat zugegeben wurde, konnte sich der Laborstamm durchsetzen und vermehren. In solchen Fällen betrug der Anteil der künstlich zugegebenen *Pseudomonas*-Bakterien bis zu 1 Prozent der Gesamtpopulation. Diese Ergebnisse zeigen deutlich, dass das Überleben einer Bakterienart stark von der Verfügbarkeit eines bestimmten Substrates (hier: 3-Chlorbenzoat) abhängt.

Weiter konnte gezeigt werden, dass das 3-Chlorbenzoat-abbauende Bakterium Abschnitte der DNA auf andere Bakterien übertrug. Allerdings mit einer sehr niedrigen Frequenz. Pro zehn Millionen Bakterien liess sich weniger als ein «Empfängerbakterium» finden. Bei diesen Experimenten wurde nur die Übertragung der DNA-Abschnitte, welche für den Chlorbenzoatabbau codieren, aufgezeigt. Ein solcher Nachweis war technisch relativ einfach möglich, weil die Empfängerbakterien dank den neu-erworbenen Eigenschaften ebenfalls auf Chlorbenzoat wachsen konnten. Wenn es sich bei den Empfängerbakterien um Stämme handelte, welche natürlicherweise Toluol verwerten und abbauen konnten, so zeigte sich, dass diese nach einem DNA-Transfer nicht nur plötzlich auf Chlorbenzoat, sondern auch auf Chlorbenzol wachsen konnten. Damit sich diese «neuen» Bakterien in der Klärschlamm-Mischkultur durchsetzen konnten, war allerdings wiederum die Zugabe von Chlorbenzoat oder Chlorbenzol notwendig.

Angespornt durch diese interessanten Ergebnisse kam man den mutmasslichen Besonderheiten des DNA-Abschnittes, welcher für den Chlorbenzoatabbau verantwortlich ist, auf die Spur. Dieser Abschnitt bildet einen Teil eines grösseren DNA-Stückes mit einer Totallänge von ungefähr hunderttausend Basenpaaren. Im Normalzustand ist das Gesamtstück im Chromosom des Bakteriums integriert. Mit einer bestimmten Regelmässigkeit löst sich das Stück jedoch vom Chromosom, wird auf

ein anderes Bakterium übertragen und fügt sich dort wieder ins Chromosom ein. Erstaunlicherweise zeigte sich, dass das losgelöste DNA-Stück im Chromosom des Empfängerbakteriums immer dieselbe Sequenz von 18 Basenpaaren ansteuert und mittendrin eingebaut wird (Abbildung). Diese Stelle stellt einen essentiellen Teil der DNA des Empfängerbakteriums dar und wird durch die Integration der Fremd-DNA unterbrochen. Weil das eindringende DNA-Stück aber genau die gleichen 18 Basenpaare aufweist wie das unterbrochene Stück, bleibt dieses funktionsfähig, und das Empfängerbakterium bemerkt den neuen «Gast» im Erbgut nicht.

Verhalten von Stoffen in der Umwelt

Aluminiumherstellung und Umweltmanagement

Daniel Cohen, Thomas Henauer, Michael Redle, Peter Baccini

Die Herstellung von Aluminiummetall und dessen Verarbeitung zu Walz- und Pressprodukten ist ein ressourcenintensiver Vorgang. Am Beispiel der Walliser Werke der Alusuisse Schweizerische Aluminium AG wird im Rahmen einer Diplomarbeit gezeigt, wo wichtige Datenlücken im Ressourcenhaushalt existieren (Einführung einer betrieblichen Stoffbuchhaltung). Mit Hilfe einer ersten Stoffflussanalyse wird skizziert, wo wichtige Potentiale zur Effizienzsteigerung in der Ressourcennutzung bestehen.

Die untersuchten vier Produktionsstätten (zwei Giesereien, davon eine mit vorgeschalteter Elektrolyse, die andere nur mit Sekundäraluminium; ein Walzwerk und ein Presswerk) erzeugen Aluminiumteile, für welche pro kg durchschnittlich rund 140 kg «Hilfsgüter» eingesetzt werden, davon zu 90% Wasser. Der Energieaufwand liegt bei nur 12 MJ/kg verkauftes Aluminium. Im Gegensatz dazu braucht die Herstellung von Rohaluminium aus den Erzen 70 MJ/kg. Der Grund für die stark erhöhte Energieeffizienz der Alusuisse liegt in der Tatsache, dass mit fast 90% Sekundäraluminium produziert wird. Die noch in den siebziger Jahren fluorhaltige und umweltbelastende Abluft und die Abwässer werden derart gereinigt, dass die Grenzwerte des Umweltschutzgesetzes eingehalten werden. Die erste Stoffflussanalyse zeigt aber relevante innerbetriebliche Datenlücken, z.B. im Wärmehaushalt, in der Halogenbilanz und in den Lagerbeständen. Will sich das Unternehmen einer Zertifizierung nach EN ISO 14001 unterziehen, so muss es diese Lücken unbedingt stopfen (Einführung eines betrieblichen Umweltmanagements).

Eine erste Abschätzung der maximalen Ressourcensparpotentiale wird in der Tabelle vorgestellt. Ein erhöhtes betriebsinternes Recycling (geringerer Schrottanfall in der Verarbeitung) sowie ein effizienterer Wasser-

	Aluminiumhaltige Edukte	Wasser	Energie
Einsparpotential vom Ist-Zustand (1996)	40%	40%	20%

Tabelle: Abschätzung maximaler Einsparpotentiale für relevante Ressourcen in den Walliser Werken der Alusuisse.

und Energiehaushalt führen zu signifikanten Einsparungen. Noch gibt es keine ökonomischen Signale (dank relativ niedriger Wasser- und Energiepreise), um hier Sofortmassnahmen im Investitionsbereich zu tätigen. Mittel- und langfristig (im Bereich von ein bis zwei Jahrzehnten) könnte sich eine unternehmerische Entwicklung in diese Richtung bezahlt machen.

Literatur

Cohen, D., Henauer, T.: Methode der Betrieblichen Stoffbuchhaltung am Beispiel der Alusuisse, Diplomarbeit ETH Zürich, Abt. VIII, Lehrstuhl für Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik, 1997.

Regionale Stoffbewirtschaftung im Spannungsfeld von Nachhaltigkeit und Gesellschaft

Werner Meier, Hans Peter Bader, Georg Henseler, Peter Krebs, Peter Reichert, Ruth Scheidegger

Die Erkenntnis, dass ein nachhaltigerer Umgang mit der Natur angestrebt werden sollte, hat sich weitgehend durchgesetzt. Die Realisierung dieses Ziels stösst jedoch auf erhebliche praktische Schwierigkeiten. Als Hilfsmittel für die Priorisierung von Massnahmen und zur Analyse der Ursachen von Meinungsverschiedenheiten wird für die nachhaltigere Gestaltung von regionalen Stoffkreisläufen ein Vorgehen vorgeschlagen und am Beispiel der Kupferflüsse in der Region Töss illustriert.

Das vorgeschlagene Vorgehen ist in der Abbildung 1 skizziert. Zunächst werden Stoffe ausgewählt, welche viel über die zu untersuchende Region aussagen (sog. Indikatorstoffe) und bei denen Nachhaltigkeitsdefizite auftreten können (Schritt A). Für jeden dieser Stoffe werden die Stoffflüsse innerhalb der Region untersucht (Schritt B1). Anschliessend wird überprüft, ob die Stoffflüsse die Nachhaltigkeitspostulate verletzen (Schritt B2), und falls dies zutrifft, werden diese Nachhaltigkeitsdefizite in ihrer Bedeutung bewertet (Schritt B3). Dann werden konkrete Massnahmen (Handlungsoptionen) zur Verringerung der Defizite vorgeschlagen (Schritt B4) und im Hinblick auf ihre Wirksamkeit, ihre Kosten und ihre Akzeptanz bei den Betroffenen (AkteurInnen) bewertet (Schritt B5). Die Gesamtbewertung der Massnahmen für den betrachteten Stoff besteht in der Berechnung eines Masses für die Wirksamkeit der Massnahme, welche pro Aufwand (Kosten und mangelnde Akzeptanz) erreicht wird (Schritt B6). Am Schluss werden die Bewertungen der einzelnen Stoffe zusammengefasst und die besten Massnahmen vorgeschlagen (Schritt C).

Das Verfahren kann einerseits dazu verwendet werden, aus gewählten Bewertungen eine Prioritätsreihenfolge für Handlungsoptionen abzuleiten, aber andererseits auch

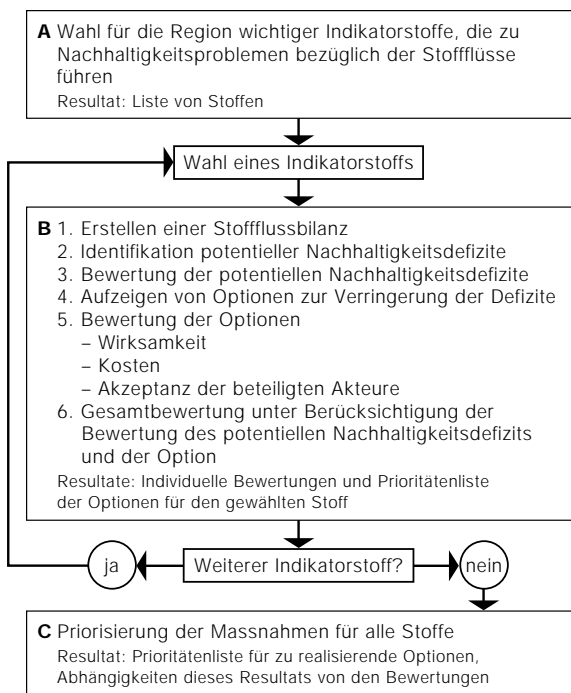


Abbildung 1: Vorgehensschema für die Priorisierung von Massnahmen zur nachhaltigeren Gestaltung regionaler Stoffflüsse.

zu zeigen, wie dieses Resultat von den subjektiven Bewertungen der Nachhaltigkeitsdefizite abhängt. Diesen Vorteilen steht die Problematik der qualitativen Bewertungen und der Unsicherheiten der Datengrundlagen gegenüber. Durch die Transparenz des Vorgehens wird

jedoch ein klareres Aufdecken der Ursachen von Meinungsverschiedenheiten erwartet und damit die Findung eines Konsenses wohl erleichtert.

Das oben beschriebene Vorgehen (mit Beschränkung auf den Schritt B) wurde auf die Kupferflüsse in der Region Töss angewandt (Abbildung 2). Die wichtigsten Nachhaltigkeitsdefizite sind dort die Anreicherung in Böden, Sickerkörpern und Deponien sowie der Export in die Gewässer. Die wirksamsten Handlungsoptionen sind die Reduktion des Kupferaustrages durch Spritzmittel und Dünger, die Verwendung von Ersatzmaterialien für Dachinstallationen, der Einbau einer austauschbaren Absorberschicht in Sickeranlagen und die Rückgewinnung von Kupfer in der Kehrlichtverbrennungsanlage. Dabei weist die Reduktion des Kupferaustrages durch Spritzmittel und Dünger das beste Nutzen/Aufwand-Verhältnis auf. Das Beispiel macht klar, dass die Bewertung der Problematik der Nachhaltigkeitsdefizite einen entscheidenden Einfluss auf die Priorisierung der Handlungsoptionen hat.

Immobilisierung von Schwermetallen in Zementmineralien

Felix Ziegler und Annette Johnson

Sind die Schwermetalle in Rauchgasreinigungsrückständen (RGRR), die mit Zement verfestigt und dann

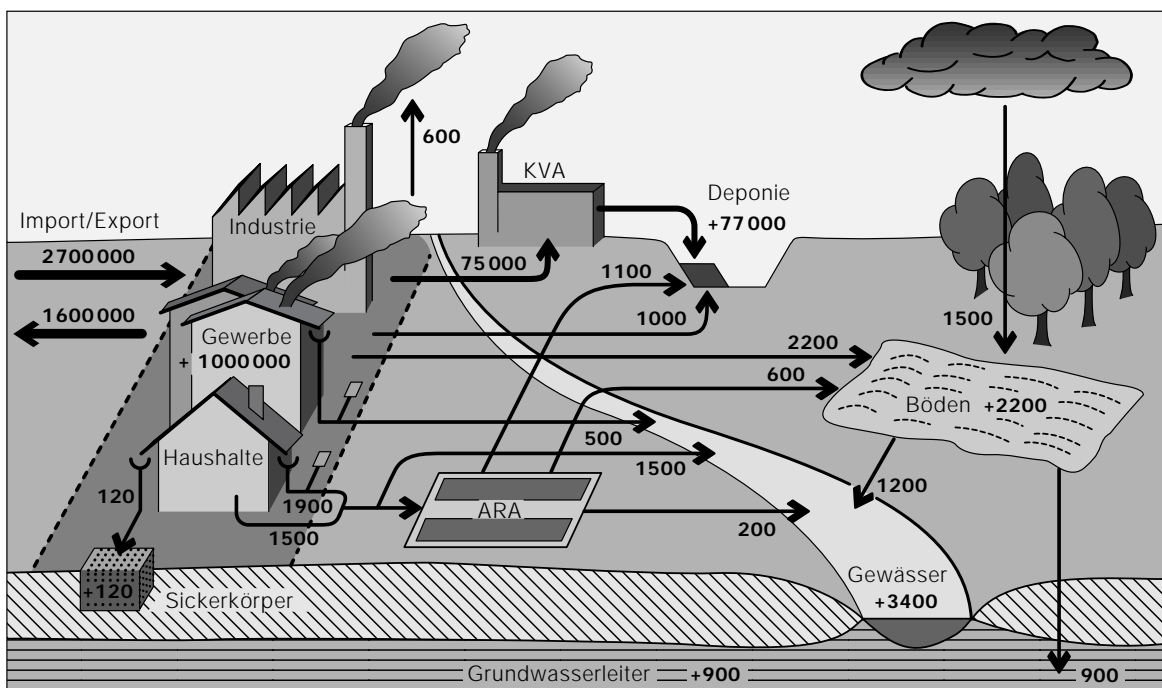


Abbildung 2: Kupferflüsse in der Region Töss (Einzugsgebiet der Töss mit einer Fläche von 430 km² und 180 000 Einwohnern). Die Kupferflüsse sind in Kilogramm pro Jahr angegeben; «+» bezeichnet Senken.

deponiert werden, wirklich stabil gebunden? Laboruntersuchungen deuten darauf hin, dass das Schwermetall Zink in die Struktur des Zementminerals Calcium-Silikat-Hydrat (CSH), den Hauptbestandteil von gehärtetem Zementstein, eingebunden wird. Mit Hilfe dieser Resultate sollen die Langzeitriskiken von Deponien mit zementverfestigten RGRR abgeschätzt werden.

Jährlich werden in der Schweiz bei der Verbrennung von Siedlungsabfällen rund 50 000 Tonnen Rauchgasreinigungsrückstände (RGRR) produziert. Diese Stäube und Schlämme enthalten grosse Mengen an Schwermetallen und müssen deshalb als Sonderabfälle behandelt werden. Die Deponierung dieser Rückstände in der Schweiz ist nach wie vor eine wichtige Entsorgungsmethode. Dabei werden die Stäube und Schlämme mit Zement verfestigt und gelangen anschliessend in eine Reststoffdeponie zur Endlagerung. Doch sind die Schwermetalle auch über Jahrhunderte wirklich stabil in dieser Zementmatrix gebunden? Oder müssen wir damit rechnen, dass die Schwermetalle durch die Sickerwässer, die durch die Deponie fliessen, irgendwann in grösserem Ausmass wieder aus dem Zement herausgelöst werden?

Aus früheren Feld- und Laboruntersuchungen weiss man, dass die Konzentration der im Wasser gelösten Schwermetalle in Anwesenheit von Zement reduziert wird [1]. Doch die Mechanismen, die zu dieser Reduktion der Schwermetallkonzentrationen führen, sind nur ungenügend bekannt. Es wird vermutet, dass einer der drei folgenden Mechanismen diese Reduktion bewirkt:

- A Die Schwermetalle werden an die Oberfläche der Zementpartikel gebunden.
- B Oder sie werden – wie häufig behauptet wird – in die Kristallstruktur der Zementminerale eingebaut, es kommt zur sogenannten Immobilisierung der Schwermetalle.
- C Durch die stark basischen Eigenschaften des Zements werden die Schwermetalle in Form von Oxiden oder Hydroxiden ausgefällt.

Ohne genauere Kenntnisse zu diesen Mechanismen lassen sich aber keine Aussagen zum Langzeitverhalten der Schwermetalle in solchen zementierten Rückständen machen. Deshalb werden im Rahmen einer Dissertation Laborexperimente zu den Bindungsmechanismen von Schwermetallen mit Zementmineralen durchgeführt. Als einfaches und genau definiertes Laborsystem wird reines Calcium-Silikat-Hydrat (CSH), der Hauptbestandteil von gehärtetem Zementstein, und das Schwermetall Zink verwendet.

In diesem System werden Sorptionsexperimente durchgeführt. Dazu wird Zink in gelöster Form zu einer Lösung mit CSH-Partikeln gegeben. Nach einer gewissen Reaktionszeit wird die wässrige und die feste Phase durch Filtration wieder getrennt. Sowohl die Lösung als auch die Partikel können nun auf ihre Zusammensetzung hin untersucht werden.

Die Untersuchungen zeigen, dass innerhalb von wenigen Tagen mehr als 80% des Zinks aus der Lösung entfernt wird. Dieser Effekt kann über einen weiten Bereich von Zinkkonzentrationen beobachtet werden. Je mehr Zink also in der Lösung vorgelegt wird, desto mehr Zink wird durch das CSH sorbiert. Aufgrund dieser linearen Beziehung und der Schnelligkeit der Reaktion kann angenommen werden, dass es sich dabei um eine Oberflächenreaktion handelt (Mechanismus A).

Werden die Experimente fortgesetzt bis zu einer Dauer von hundert Tagen, so kann beobachtet werden, dass der Anteil an sorbiertem Zink – nach der schnellen Zunahme in den ersten Tagen – mit der Zeit langsamer zunimmt. Berechnet man die Anzahl sorbierter Zink-Atome und die Anzahl vorhandener Formeleinheiten an CSH für die einzelnen Experimente, so kann das sorbierte Zink einen Anteil von bis zu 15% erreichen. Eine solch hohe Dichte an sorbiertem Zink kann durch die Sorption an der Oberfläche der CSH-Partikel allein fast nicht erreicht werden. Bei dieser langsamen Reaktion könnte es sich demnach um den Einbau des Zinks in die Struktur des CSH handeln (Mechanismus B).

Untersuchungen der CSH-Partikel nach den Sorptionsexperimenten mit Röntgendiffraktometrie und dem Rasterelektronenmikroskop zeigen, dass keine Ausfällung von Zinkoxid stattfindet. Erst bei hohen Zink-Konzentrationen von einigen Milligramm pro Liter wird das löslichere Zinkhydroxid ausgefällt. Damit kann die Ausfällung als hauptsächlich wirksamer Mechanismus praktisch ausgeschlossen werden (Mechanismus C).

Zur weiteren Unterscheidung der Bindungsmechanismen müssen also zusätzliche Experimente durchgeführt werden. Zudem sollen die Laboruntersuchungen auf die realen Bedingungen in Deponien übertragen werden. Ein rechnerisches Modell der langfristigen Zinklöslichkeit soll als wissenschaftliche Basis für die Abschätzung von Langzeitriskiken dienen.

Literatur

- [1] Ludwig, C., Ziegler, F., Johnson, C.A.: Heavy metal binding mechanisms in cement-based waste materials. In: Waste Materials in Construction, Putting Theory into Practice, Goumans, J.J.J.M., Senden, G.J., van der Sloot, H.A. (Eds.). Elsevier, Amsterdam 1997, pp. 459–468.

Gewässergefährdung durch halogenierte Essigsäuren

Michael Berg, Stephan Müller, Adrian Wiedmer, René Schwarzenbach

Halogenierte Essigsäuren sind als Schadstoffe in der Umwelt vor allem wegen ihrer Pflanzen- und Algtoxizität von Bedeutung. Sie wurden in der Schweiz in Flüssen, Seen, Abwasser und im Regen nachgewiesen. Die Resultate zeigen, dass der Haupteintrag über Niederschläge erfolgt und dass Konzentrationsspitzen im Regen bei der Meteorwasserversickerung problematisch sein können. Dagegen sind die in Oberflächengewässern gemessenen Konzentrationen als kaum besorgniserregend einzustufen.

Halogenierte Essigsäuren wie Monochloressigsäure (MCA), Trichloressigsäure (TCA) und Trifluoressigsäure (TFA) gehören zu denjenigen Umweltchemikalien, die nicht primär durch ihren Verbrauch, sondern durch chemische Umwandlungen anderer Verbindungen in der Umwelt vorkommen. Sie scheinen vor allem durch photochemische Oxidationen von flüchtigen halogenierten Verbindungen in der Atmosphäre gebildet zu werden. Zu den unumstrittenen Vorläufersubstanzen von TFA gehören die seit 1990 exponentiell zunehmenden Freonersatzstoffe. Chlorierte Essigsäuren können aber auch bei der Wasseraufbereitung (z.B. in Hallenbädern), in Geschirrspülmaschinen und bei industriellen Prozessen entstehen und so über das Abwasser in Oberflächengewässer gelangen. Da halogenierte Essigsäuren zum Teil wegen ihrer signifikanten Pflanzen- und Algtoxizität ökologisch bedenklich sind, hat sich die EAWAG in Zusammenarbeit mit dem BUWAL entschlossen, sich durch Feldmessungen ein Bild über Quellen, Verhalten und Schicksal dieser Verbindungen in den schweizerischen Gewässern zu verschaffen. In einer ersten Studie konnte gezeigt werden, dass die wichtigsten Quellen für TCA in der Schweiz das Regenwasser und in geringerem Masse das Abwasser sind und dass TCA, abgesehen von Regenwasser, kein grösseres Problem für die Gewässer in der Schweiz darstellt [1]. In der Zwischenzeit

wurden die Untersuchungen auf andere Verbindungen (u.a. MCA und TFA) ausgedehnt, wobei auch Daten für TCA erhoben wurden, welche es erlauben, die früheren Messungen zu überprüfen. Im folgenden sind die wichtigsten Resultate der Konzentrationserhebungen in Niederschlägen, Oberflächengewässern, Trinkwasser und Kläranlagen zusammengefasst.

Die neueren Untersuchungen haben gezeigt, dass halogenierte Essigsäuren überall verbreitet sind (Tabelle). Niederschläge in hochalpinen Regionen (Jungfraujoche, Weissfluhjoch), ländlichen Gebieten (Glarus, Changins) und städtischen Agglomerationen (Dübendorf, Locarno) wiesen ähnliche Konzentrationen auf. Die atmosphärischen Depositionen der gemessenen halogenierten Essigsäuren stammen demnach nicht primär aus lokalen Emissionen, sondern höchstwahrscheinlich aus Vorläufersubstanzen, die weiträumig in der Atmosphäre verteilt sind.

Für alle drei Verbindungen wurden in Oberflächengewässern deutlich tiefere Konzentrationen gefunden als in Regenwasser. Ein Vergleich mit dem Trinkwassergrenzwert von 0.1 µg/l für Pestizide zeigt, dass die in Flüssen, Seen und Trinkwasser gemessenen Konzentrationen kaum besorgniserregend sind. Die höchsten im Regen gefundenen Konzentrationen lagen jedoch weit über 0.1 µg/l, was unter Umständen bei der Meteorwasserversickerung problematisch sein kann. Ebenso könnten solch hohe Konzentrationen in atmosphärischem Wasser Probleme für Pflanzen und Bäume bilden [2].

Mit Hilfe der Messdaten wurden Massenflüsse für die Fläche der Schweiz berechnet (Abbildung). MCA erreichte mit 110 t/a niederschlagsbedingten Depositionen mit Abstand den höchsten Wert. Von TCA wurden 20% über gereinigtes Abwasser eingetragen, wobei zwei industrielle Kläranlagen allein 30% der gesamtschweizerischen Abwasserfracht verursachten. Die Austräge über die Flüsse Rhein und Rhone entsprachen 3% MCA, 30% TCA und 42% TFA der eingetragenen Menge. Die früheren Messungen von TCA [1] konnten in dieser Studie bestätigt werden. Die hohen Eliminationsraten für MCA

	MCA		TCA		TFA	
	Konz.	Bereich	Konz.	Bereich	Konz.	Bereich
Regen	1.80	0.06 – 7.20	0.23	0.01 – 2.10	0.15	0.01 – 1.60
Seen und Flüsse	0.07	0.01 – 0.28	0.11	0.02 – 0.37	0.09	0.03 – 0.96
Trinkwasser	0.05	0.03 – 0.21	0.15	0.03 – 0.22	0.07	0.02 – 0.12
Gereinigtes Abwasser, kommunal	0.11	0.07 – 0.28	0.48	0.13 – 31	0.20	0.09 – 0.48
Gereinigtes Abwasser, industriell	23	1.70 – 63	200	14 – 550	80	1.10 – 210

Tabelle: Durchschnittliche Konzentrationen (µg/l) und Konzentrationsbereiche von MCA, TCA und TFA in der Schweiz (1996/97).

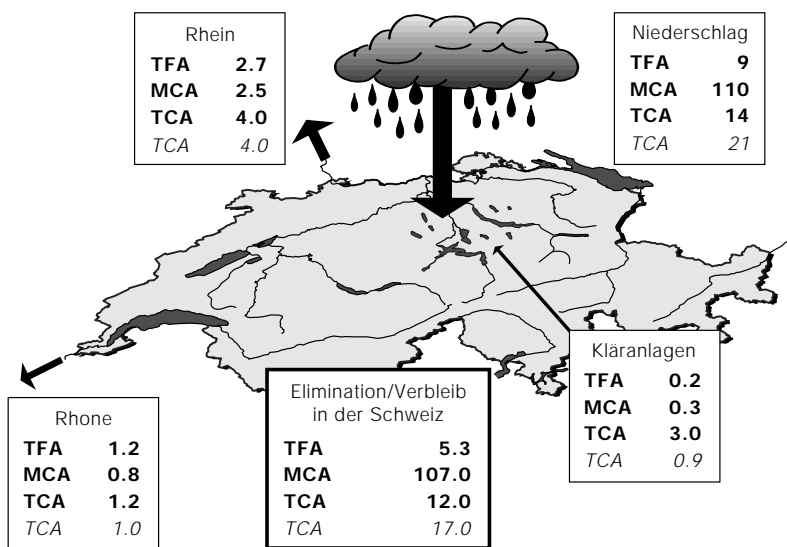


Abbildung: Massenflüsse in Tonnen pro Jahr von Monochloressigsäure (MCA), Trichloressigsäure (TCA) und Trifluoressigsäure (TFA) über das Gebiet der Schweiz (1996/97). Ermittelt aus durchschnittlichen Konzentrationen in Regen, Abwasser und den Flüssen Rhein und Rhone. Kursive TCA-Werte nach [1].

und TCA sind höchstwahrscheinlich auf mikrobiellen Abbau zurückzuführen. Für TFA ist nicht klar, inwieweit diese Verbindung persistent ist. Hier sind noch weitere Abklärungen notwendig, um so mehr, als in Zukunft zunehmende Konzentrationen von TFA in Niederschlägen durch den vermehrten Einsatz von Freonersatzstoffen zu erwarten sind.

Literatur

- [1] Müller, S.R., Zweifel, H.R., Kinnison, D.J., Jacobsen, J.A., Meier, M.A., Ulrich, M.M., Schwarzenbach, R.P.: Occurrence, sources, and fate of trichloroacetic acid in Swiss waters. *Environ. Toxicol. & Chem.* 15, 1470–1478 (1996).
- [2] Frank, H., Scholl, H., Renschen, D., Rether, B., Laouedj, A., Norokorpi, Y.: Haloacetic acids, phytotoxic secondary air pollutants. *Environ. Sci. & Pollut. Res.* 1, No. 1, 4–14 (1994).

der Reaktion mit Hydroxyl-Radikalen ($\cdot\text{OH}$) zugeschrieben werden kann. In Oberflächengewässern werden Hydroxyl-Radikale durch die Photolyse von Nitrat gebildet und reagieren sehr rasch mit organischen Substanzen.

Auf Bodenoberflächen können unter der Einwirkung von Sonnenlicht ebenfalls Hydroxyl-Radikale entstehen. Dabei spielen organisches Material und Eisen eine wichtige Rolle. Eisen gibt vielen Böden die charakteristische gelb- oder rotbraune Färbung. Es liegt vor allem in Form von Eisenoxiden und Eisenhydroxiden wie zum Beispiel Goethit vor. Werden Eisenverbindungen in Gegenwart von organischem Material durch Licht aufgespalten, führt dies zu Hydroxyl-Radikalen. Um die Bedeutung der so gebildeten $\cdot\text{OH}$ für den Abbau von Atrazin auf Boden-

Atrazinabbau durch Sonnenlicht

Marianne Balmer und Barbara Sulzberger

Unter der Einwirkung von Sonnenlicht können nicht nur Zeitungen vergilben oder Farben verbleichen, sondern auch Schadstoffe in der Umwelt abgebaut werden. So spielt beim Abbau des Herbizides Atrazin Licht eine wichtige Rolle.

Atrazin ist immer noch eines der am häufigsten verwendeten Herbizide. Es wird vor allem im Frühsommer zu Beginn der Maisanbau-Saison auf Böden ausgebracht und gelangt von dort mit dem Regen in Flüsse und Seen. Bei Untersuchungen im Greifensee stellte man fest, dass sich Atrazin praktisch konservativ verhält, also kaum abgebaut wird. Lediglich in den Sommermonaten wurde ein Atrazinabbau beobachtet, welcher möglicherweise

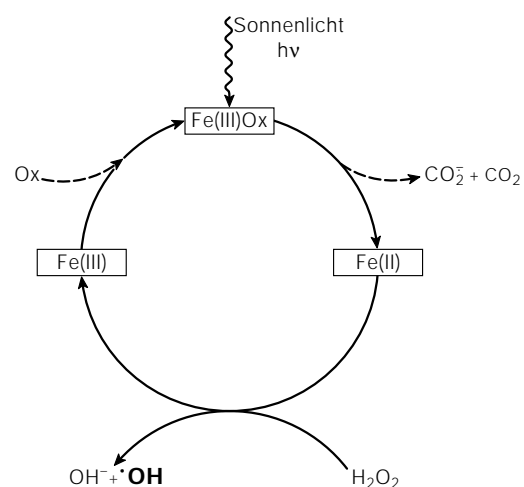


Abbildung 1: Bildung von Hydroxyl-Radikalen ($\cdot\text{OH}$) durch die lichtinduzierte Fentonreaktion. Das zur Oxidation von Fe(II) benötigte Wasserstoffperoxid (H_2O_2) wird ebenfalls im System selber gebildet. Eisen wird einem Kreislauf unterworfen und rezykliert, während Oxalat (Ox) verbraucht wird.

oberflächen genauer zu untersuchen, wurde ein Laborsystem entwickelt.

In einem mit simuliertem Sonnenlicht bestrahlten Reaktor wurde Oxalat ($C_2O_4^{2-}$) als Modellsubstanz für organisches Material verwendet. Oxalat kommt selber in Böden vor, ist aber auch eine Teilstruktur von Huminsäuren. Eisen wurde im Modellsystem in Form von Fe(III) eingesetzt, da dieser Oxidationszustand an Bodenoberflächen zu erwarten ist. Eisen bildet mit Oxalat Komplexe, welche photolysiert werden (Abbildung 1). Das dabei gebildete Fe(II) wird durch Wasserstoffperoxid (H_2O_2) wieder zu Fe(III) oxidiert, wobei Hydroxyl-Radikale gebildet werden (Fentonreaktion). Diese $\cdot OH$ reagieren rasch mit Atrazin.

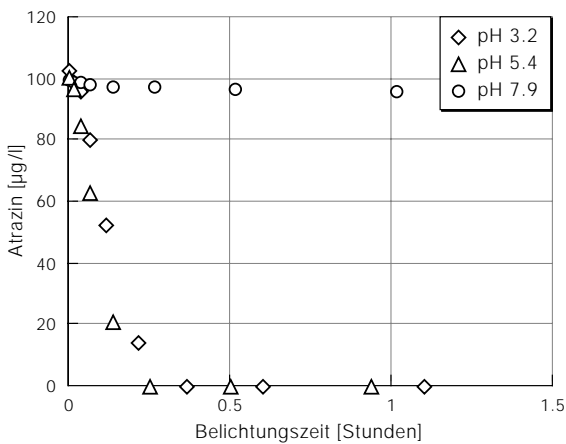


Abbildung 2: Der Abbau von Atrazin durch photochemisch gebildete $\cdot OH$ ist stark pH-abhängig.

Versuche im Laborsystem zeigen, dass die Bildung von $\cdot OH$ stark pH-abhängig ist. Während bei sauren pH-Werten von 5 oder darunter Atrazin in weniger als einer halben Stunde vollständig verschwindet, findet bei einem pH-Wert über 7 praktisch kein Abbau statt (Abbildung 2). Diese pH-Abhängigkeit kann auch an der Oberfläche von Böden von Bedeutung sein: Tiefe pH-Werte von 3 bis 4 kommen nicht selten vor, in kalkreichen Böden sind aber auch pH-Werte von 7 oder darüber zu finden.

Mikrobielle Aufnahme von Phenoxyalkansäure-Herbiziden

Christian Zipper, Johan Leveau, Monika Bunk, Jan Roelof van der Meer, Hans-Peter E. Kohler

Der erste Schritt des Abbaus der Phenoxyalkansäure-Herbizide 2,4-D, Mecoprop und Dichlorprop ist deren Transport ins Zellinnere. Untersuchungen an zwei Bakterienstämmen haben gezeigt, dass die Zellen diese

Verbindungen unter Energieverbrauch aktiv ins Zellinnere aufnehmen. Die Aufnahme der chiralen Verbindungen Dichlorprop und Mecoprop erfolgt sehr spezifisch, denn es gibt für jedes der beiden Enantiomeren ein eigenes Aufnahmesystem.

Viele Schadstoffe, die in die Umwelt gelangen (z.B. Pflanzenschutzmittel, Waschmittelinhaltsstoffe etc.), können von Mikroorganismen abgebaut oder verändert werden. Die Enzyme, die eigentlichen Biokatalysatoren, welche diesen Abbau ermöglichen, befinden sich in den meisten Fällen im Innern der bakteriellen Zellen. Nur in wenigen Ausnahmefällen scheiden die Zellen sogenannte Exoenzyme aus, die dann im wässrigen Milieu ausserhalb der Zelle eine Umwandlung der Schadstoffe bewirken. Eine mikrobielle Zelle ist von einer etwa 10 nm dicken Membran, der Plasmamembran, umgeben, und die Funktion dieser Membran besteht zunächst darin, den Austausch wasserlöslicher Stoffe zwischen dem Zellinnern und dem umgebenden Raum weitgehend einzuschränken. In der Zellmembran sind Transportsysteme vorhanden, welche selektiv den Durchtritt gewisser Verbindungen steuern. Ein Schadstoff, der abgebaut wird, muss diese Membran passieren und besonders für Verbindungen, welche gut wasserlöslich sind, braucht es dazu spezielle Transportsysteme.

An der Abteilung Mikrobiologie der EAWAG untersuchen wir schon seit längerer Zeit den mikrobiellen Abbau der Phenoxyalkansäure-Herbizide 2,4-D, Mecoprop und Dichlorprop (Abbildung 1). Experimente an zwei Bakterienstämmen, *Ralstonia eutropha* JMP134 und *Sphingomonas herbicidovorans* MH, mit radioaktiv markiertem 2,4-D und Dichlorprop haben gezeigt, dass beide Stämme spezifisch diejenigen Verbindungen aufnehmen, welche ihnen als Wachstumssubstrate angeboten werden. Kinetische Analysen deuten darauf hin, dass die Aufnahme nicht durch passive Diffusion erfolgen kann, sondern dass tatsächlich Transportsysteme vorhanden sind, welche diese spezifische Aufnahme bewirken. Wir haben in *R. eutropha* ein Gen gefunden, das für ein sehr

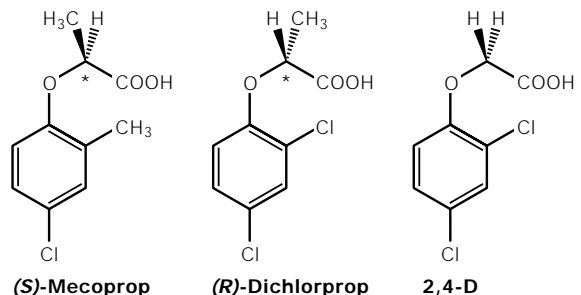


Abbildung 1: Strukturformeln von (S)-Mecoprop, (R)-Dichlorprop und 2,4-D. Die stereogenen Zentren von Mecoprop und Dichlorprop sind mit einem Stern bezeichnet.

hydrophobes Protein kodiert und zusammen mit anderen Genen für den 2,4-D-Abbau auf einem Plasmid in der Zelle liegt. Dieses Protein, welches wir tdfK nannten, zeigt grosse Ähnlichkeit in der Aminosäurezusammensetzung mit anderen schon beschriebenen Transportsystemen. Eine gezielte Mutation in diesem Gen führte zu einer starken Abnahme der 2,4-D-Aufnahmerate. Dies ist ein starker Hinweis für die wichtige Rolle des kodierten Proteins beim Transport des Herbizids ins Zellinnere.

Dichlorprop und Mecoprop sind chiral. Es existieren zwei zueinander spiegelbildliche Formen, die man als Enantiomere bezeichnet (in Abbildung 1 ist nur je eine dieser Formen dargestellt). Das Bakterium *S. herbicidovorans* vermag 2,4-D, Dichlorprop und Mecoprop vollständig abzubauen, wobei der Abbau im Falle der chiralen Verbindungen enantioselektiv erfolgt – d.h., die beiden Enantiomeren werden unterschiedlich schnell abgebaut. Unsere Experimente führten zur Erkenntnis, dass dieses Bakterium mindestens drei verschiedene Transportsysteme besitzen muss – jeweils ein Transportsystem für jedes der beiden Enantiomere von Dichlorprop und Mecoprop und zusätzlich ein Transportsystem für 2,4-D (Abbildung 2). Wir schliessen auf einen aktiven Transport, d.h., die Zellen reichern die Substrate unter Energieverbrauch im Zellinnern an, weil der Transport der drei

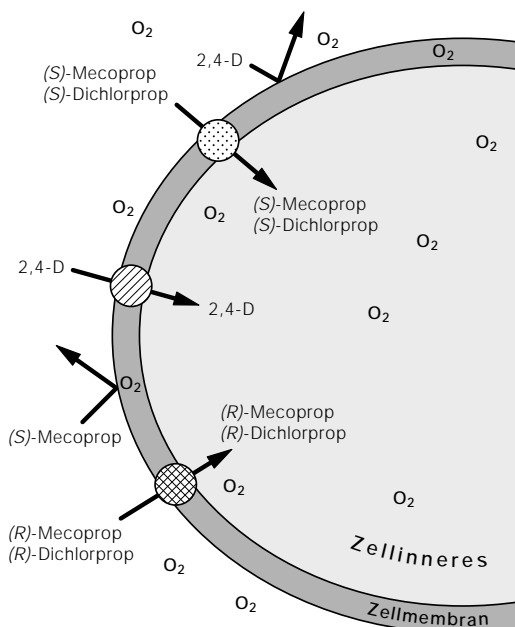


Abbildung 2: Vorgeschlagenes Modell für die Aufnahme von (R)- und (S)-Dichlorprop, (R)- und (S)-Mecoprop und 2,4-D durch das Bakterium *Sphingomonas herbicidovorans* MH. Während Sauerstoff frei durch die Zellmembran diffundieren kann, sind für die Phenoxyalkansäure-Herbizide drei verschiedene Transportsysteme vorhanden – je eines für (R)-Dichlorprop und (R)-Mecoprop, für (S)-Dichlorprop und (S)-Mecoprop und für 2,4-D.

Substrate durch Entkoppler – Verbindungen, die die Energieproduktion der Zelle stören – gehemmt wurde. Früher haben wir gezeigt, dass der Abbau einer chiralen Verbindung enantioselektiv erfolgen kann, nun beschreiben wir zum erstenmal den enantioselektiven Transport eines umweltrelevanten Schadstoffs ins Zellinnere.

Untersuchungen zur Induzierbarkeit des biologischen Abbaus von Umweltchemikalien

Thomas Egli und Karin Kovářová

Der mikrobielle Abbau vieler Umweltchemikalien wird durch Enzymsysteme katalysiert, welche erst in Anwesenheit dieser chemischen Substanz gebildet werden (d.h., die Systeme sind «induzierbar»). Welche Konzentration einer Umweltchemikalie in der Umwelt vorhanden sein muss, bis die Bildung der Abbauenzyme einsetzt, ist bis heute noch weitgehend unbekannt. Hier wird gezeigt, dass für die Bildung der Abbauenzyme der Modellsubstanz 3-Phenylpropionsäure (3Pps) in einem Bakterium eine Schwellenkonzentration von ca. 4 mg/l 3Pps vorhanden sein muss, dass jedoch nach erfolgter Induktion 3Pps bis weit unterhalb dieser Schwellenkonzentration abgebaut wird.

In der Umwelt beruht die Mineralisierung vieler organischer Chemikalien auf ihrem Abbau durch heterotrophe Mikroorganismen. Viele dieser Mikroben haben die Fähigkeit, solche Chemikalien mit Hilfe von Enzymen abzubauen und für das Zellwachstum zu gebrauchen. Die Bildung von Abbauenzymen wird normalerweise auf zweifache Art kontrolliert: Einerseits löst die Anwesenheit der Chemikalie ihre Synthese aus (Induktion), während sie in ihrer Abwesenheit nicht oder nur in kleinsten Mengen gebildet werden; andererseits kann die Bildung dieser Enzyme durch den Überfluss von leicht abbaubaren Kohlenstoffverbindungen natürlichen Ursprungs (wie z.B. von Glucose aus dem Abbau von Zellulose) unterdrückt werden [1].

Man hat nun beobachtet, dass viele Chemikalien in der Umwelt, wo sie nur in sehr niedrigen Konzentrationen vorliegen (meist im Bereich von ng/l bis zu einigen µg/l), nicht abgebaut werden, obwohl sie sich im Labor als gut abbaubar erweisen. Die Vermutung liegt nahe, dass entweder die Konzentration des Stoffes zu klein ist, um die Synthese der Abbauenzyme zu induzieren, oder dass eine hemmende Wirkung der vorhandenen natürlichen Kohlenstoffquellen ihre Bildung verhindert. Im Verlauf der letzten Jahre haben wir den Einfluss unterschiedlicher Wachstums- und Umweltbedingungen auf die Bildung von Abbauenzymen untersucht (siehe auch [1]).

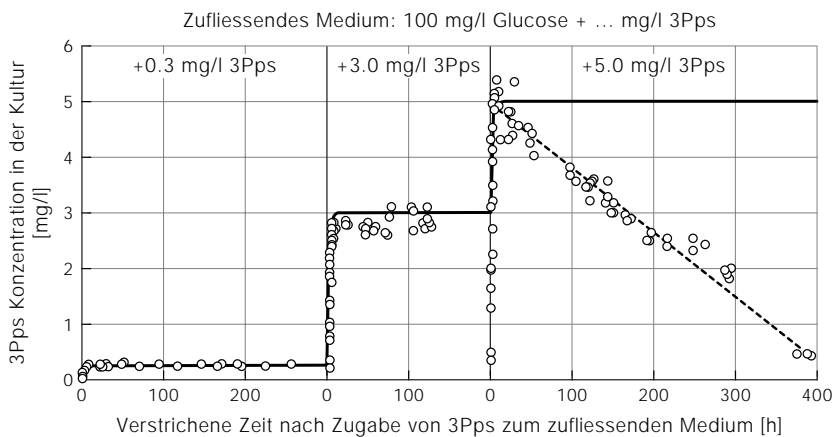


Abbildung: Abbau von 3-Phenylpropionsäure (3Pps) durch eine Kultur von *Escherichia coli*, welche mit Glucose als Primärsubstrat wächst. Experimentelles Vorgehen siehe Text. Die ausgezogenen Linien geben die theoretisch erwarteten 3Pps-Konzentrationen an unter der Annahme, dass 3Pps durch die Zellen nicht abgebaut wird (adaptiert aus [1]). Man beachte, dass für jede 3Pps-Konzentration das Experiment neu gestartet wurde.

In einem Modellsystem wurde die Induktion der Abbauleistung des Bakteriums *Escherichia coli* für 3-Phenylpropionsäure (3Pps) in Mischung mit Glucose untersucht. Dazu wurden die Bakterien zuerst in einer kohlenstofflimitierten kontinuierlichen Kultur bei einer konstanten Wachstumsrate ($\mu = 0.6/h$) mit Glucose allein kultiviert. Nach Erreichen des Gleichgewichtszustands wurde dem einflussenden Nährmedium eine kleine Konzentration von 3Pps (0.3 mg/l) zugegeben und der zeitliche Verlauf der 3Pps-Konzentration in der Kultur verfolgt. Der Verlauf der 3Pps-Konzentration in der Abbildung zeigt, dass nach wenigen Stunden die im Reaktor gemessene Konzentration exakt derjenigen im zufließenden Nährmedium entsprach. Dies bedeutet, dass die Abbauenzyme nicht induziert und folglich 3Pps durch *E. coli* nicht abgebaut wurde. Daran änderte sich auch nichts, wenn die Zellen über längere Zeit dieser niedrigen 3Pps-Konzentration ausgesetzt blieben. Dasselbe Verhalten wurde beobachtet, wenn die Konzentration von 3Pps im zufließenden Nährmedium auf 3 mg/l erhöht wurde. Nach einer weiteren Erhöhung der 3Pps-Konzentration auf 5 mg/l wurden jedoch die Abbauenzyme 3Pps induziert und 3Pps wurde durch die Zellen abgebaut. In der Folge sank die Konzentration der Verbindung in der Kultur auf weniger als 0.5 mg/l. Diese Versuche zeigen, dass unter den gewählten Bedingungen für den Abbau von 3Pps offenbar eine Schwellenkonzentration von ca. 4 mg/l überschritten werden muss, bis die Zellen die Synthese der Abbauenzyme für diese Verbindung induzieren. Im weiteren zeigen sie, dass, einmal induziert, die Bakterien 3Pps bis unter diesen Schwellenwert abbauen können. Dies ist eine wichtige Beobachtung, denn sie zeigt, dass dieser Schwellenwert nicht absolut ist und der Abbau beim Erreichen dieser Konzentration nicht notwendigerweise aufhört (weitere Versuche haben diese Beobachtung erhärtet, siehe [2]).

Die Beobachtung, dass die Schwellenkonzentration für die Induktion des 3Pps-Abbaus relativ hoch ist, könnte

erklären, weshalb der Abbau von manchen in Laborversuchen gut abbaubaren Chemikalien in der Umwelt nicht erfolgt. Dies gibt zur Spekulation Anlass, dass in solchen Fällen durch eine einmalige Dosierung der Chemikalie über die Schwellenkonzentration eine Induktion erreicht und der mikrobielle Abbau initiiert werden könnte.

Literatur

- [1] Egli, T., Bally, M.: Wie wird der Abbau von mikrobiellen Spurenstoffen gesteuert? EAWAG news 40D: 23–27 (1995).
- [2] Kovářová, K.: Growth kinetics of *Escherichia coli*: Effect of temperature, mixed substrate utilization and adaptation to carbon-limited growth. Dissertation ETHZ No. 11 727, Zürich 1997.

Rolle von Eisenoxiden bei den Redoxreaktionen unterhalb einer Deponie

Aria Amirbahman, René Schönenberger, Suzanne Mettler, Laura Sigg, Annette Johnson

Im Grundwasser unterhalb einer Hausmülldeponie laufen verschiedene Redoxreaktionen beim Abbau des organischen Materials ab und können zu einer Beeinträchtigung führen. Die in der festen Phase vorhandenen Eisenoxide spielen dabei eine besondere Rolle, weil sie ein wesentliches Reservoir an Oxidationsmitteln darstellen, aber in ihrer Reaktivität sich je nach kristalliner Form stark unterscheiden.

Eine Hausmülldeponie stellt ein grosses Reservoir an organischem Material dar, das im Verlaufe der Zeit abgebaut wird. Dabei ist zu erwarten, dass der Sauerstoff im Deponiekörper und im darunter fließenden Grundwasser vollständig aufgebraucht wird und dass dementsprechend anoxische Bedingungen herrschen. In Deponien werden häufig methanogene Bedingungen beobachtet, während im Grundwasser je nach Mischverhältnissen Denitrifi-

kation, Mangan-, Eisen- oder Sulfatreduktion auftreten. Untersuchungen unterhalb von Deponien zeigen, dass die Oxidationsmittel nie vollständig aufgebraucht werden. Die festen Eisenoxide spielen eine wesentliche Rolle, da sie ein Reservoir von Oxidationsmitteln darstellen, das aber nur unvollständig verfügbar ist. Um die Redoxverhältnisse unterhalb einer Deponie besser zu verstehen und zu modellieren, versuchen wir, die Rolle der Eisenoxide näher zu untersuchen. Insbesondere stellt sich die Frage, welcher Anteil der gesamten Eisenoxide in der festen Phase für die Reduktion auf mikrobiellem oder chemischem Wege (z.B. durch Reaktion mit Sulfid) genügend reaktiv ist. Verschiedene Methoden zur Extraktion von Eisen aus der festen Phase sowie Untersuchungen der Auflösungskinetik der Eisenoxide geben über die Reaktivität der natürlichen Festphasen Auskunft. In Laboruntersuchungen wurde Cystein (eine schwefelhaltige Aminosäure) als Reduktionsmittel verwendet, das im neutralen pH-Bereich mit Eisenoxiden rasch reagiert. Die Auflösungsgeschwindigkeit verschiedener Formen von Eisenoxiden (amorphes Eisenhydroxid, Goethit, Lepidocrocit) unterscheidet sich bei der Reaktion mit Cystein stark.

Die Rolle der Eisenoxide wurde am Feldbeispiel der Deponie Riet in Winterthur untersucht, wobei Grundwasser und festes Material aus Bohrungen unter verschiedenen Kompartimenten dieser Deponie sowie ausserhalb des Deponiegebiets beprobt wurden (Abbildung 1). Das Kompartiment III der Deponie (Abbildung 1) enthält Haushalt- und Bauabfälle aus den Jahren 1950–1963, während das Kompartiment I älteres Material enthält (1918–1924). Das Grundwasser fliesst in Richtung von III zu I (Pfeil in Abbildung 1), d.h. von den Probenahmestellen 1, 20 und

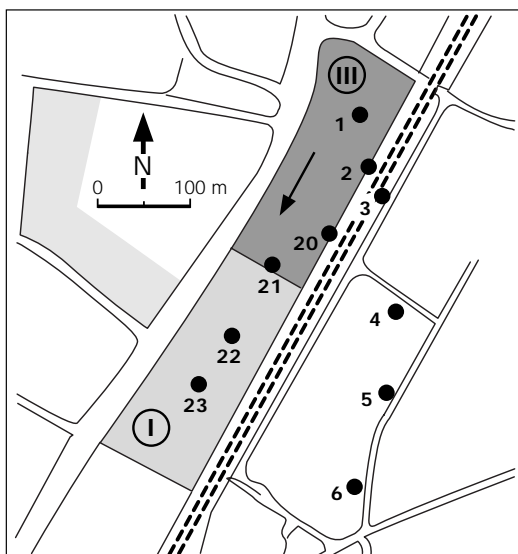


Abbildung 1: Skizze der Deponie und der untersuchten Probenahmestellen.

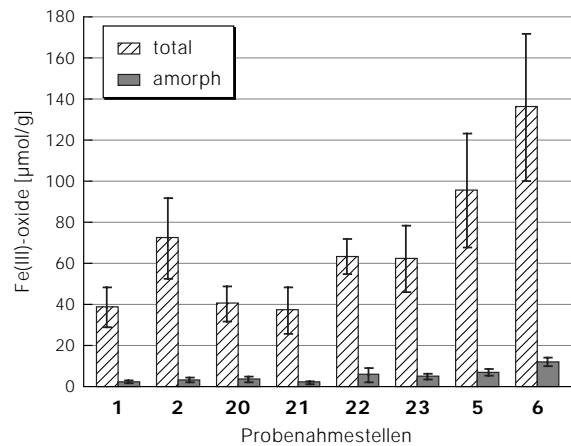


Abbildung 2: Gehalt an totalen Eisen(III)-Oxiden und an amorphen Eisen(III)-Hydroxiden in festem Material aus den Probenahmestellen. An den Stellen unmittelbar unterhalb der Deponie (1, 20, 21, 22, 23) ist der Gehalt an totalen und amorphen Eisen(III)-Oxiden kleiner als an den Stellen 5 und 6, die ausserhalb liegen.

21 zu 22 und 23; die Probenahmestellen 2–6 liegen nicht direkt in der Fliessrichtung.

Die gemessenen Redoxparameter Sauerstoff, Nitrat, Sulfid, reduziertes Eisen und Mangan zeigen, dass unmittelbar unterhalb der Deponien I und III anoxische Verhältnisse vorherrschen, während an den Probenahmestellen ausserhalb der Fliessrichtung aus der Deponie Sauerstoff vorhanden ist und keine reduzierten Spezies nachgewiesen werden. Die gemessenen Konzentrationen von Eisen(II) in Lösung sind nahe beim Löslichkeitsgleichgewicht mit Eisensulfid und deuten darauf hin, dass ein Teil des reduzierten Eisens in der festen Phase als Eisensulfid fixiert wurde.

Im festen Material aus den Probenahmestellen unterhalb der Deponie wurden gesamthaft weniger Eisen(III)-Oxide gefunden als im Material aus den Stellen ausserhalb der Deponie (Abbildung 2). Davon ist nur ein kleiner Anteil von etwa 10% in Form von amorphem Eisen(III)-Hydroxid, das in bezug auf Reduktion und Auflösung besonders reaktiv ist. Auch der Gehalt an amorphen Fe(III)-Oxiden ist bei den Stellen unterhalb der Deponie kleiner, d.h., die reaktiven Anteile der Eisenoxide sind in diesem Bereich durch Reduktionsreaktionen schon verbraucht worden. Auch die Auflösungskinetik mit Cystein in Deponieproben gab Hinweise darauf, dass die reaktivsten Anteile der Eisenoxide unmittelbar unterhalb der Deponie fehlen.

Obwohl nur ein kleiner Anteil des organischen Materials mit Hilfe der Eisenoxide oxidiert wird, ist diese Reaktion wesentlich, da sie zur Bildung von reaktivem Eisen(II) führt, das verschiedene Substanzen wie beispielsweise Chrom(VI) und gewisse organische Verbindungen reduzieren kann.

Bestimmung von Iodat aus oxidativen Prozessen der Trinkwasseraufbereitung

Yves Bichsel und Urs von Gunten

Aus Iodid können in oxidativen Prozessen der Trinkwasseraufbereitung Iodat und iodorganische Verbindungen entstehen. Da bestimmte iodorganische Verbindungen zu Geschmacks- und Geruchsproblemen im Trinkwasser führen können, ist es wichtig, die Iodspezierung und insbesondere Iodat (als unproblematische Senke) bei der Trinkwasseraufbereitung zu verfolgen. Eine neue, einfache und schnelle Methode erlaubt die Bestimmung von Iodat in sehr niedrigen Konzentrationen (≥ 2 nM bzw. $0.35 \mu\text{g/l IO}_3^-$) durch eine ionenchromatographische Trennung mit anschliessender Nachkolonnenreaktion.

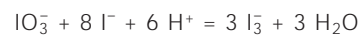
Es ist allgemein bekannt, dass beim Menschen infolge ungenügender Iodzufuhr Kropf und Kretinismus (geistige Zurückgebliebenheit) entstehen können. Diese beiden Mangelkrankheiten waren noch Anfang dieses Jahrhunderts in der Schweiz weit verbreitet und wurden erst durch die Zugabe von Iod zum Kochsalz zum Verschwinden gebracht. Kaum bekannt ist hingegen, dass iodorganische Verbindungen, die bei der oxidativen Trinkwasseraufbereitung gebildet werden können, oft zu Geschmacks- und Geruchsbelästigungen führen.

Entscheidend für die Bildung solcher unerwünschter iodorganischer Verbindungen ist die unteriodige Säure (HOI). Sie entsteht aus dem natürlich vorkommenden Iodid (I^-) durch Oxidation mit den klassischen Oxidations- und Desinfektionsmitteln (Ozon, Chlordioxid und Chlor) während der Trinkwasseraufbereitung. Für die Weiterreaktion von HOI ergeben sich im wesentlichen drei Möglichkeiten:

- Weiteroxidation zu Iodat (IO_3^-). Diese Reaktion ist erwünscht, da Iodat relativ stabil ist und im Trinkwasser aus heutiger Sicht kein Problem darstellt.
- Disproportionierung von HOI unter Bildung von Iodat. Diese Reaktion ist unter trinkwasserrelevanten Bedingungen sehr langsam. Die Halbwertszeit von HOI in bezug auf diese Reaktion beträgt in einem typischen Trinkwasser (pH 7, 1 mM Carbonat, 10°C , $10 \mu\text{g HOI/l}$) etwa 200 Tage und ist somit von untergeordneter Bedeutung.
- Addition von Iod aus HOI an natürlich vorkommende organische Wasserinhaltsstoffe. Dabei werden iodorganische Verbindungen wie z.B. Iodoform (CHI_3) gebildet, welche schon bei Konzentrationen im $\mu\text{g/l}$ -Bereich dem Wasser einen medizinischen Geruch und Geschmack geben können.

Aus den Bedingungen der Trinkwasseraufbereitung (Oxidationsmittel, HOI-Konzentration, Art und Konzentration organischer Verbindungen, pH-Wert, Temperatur, Wasserhärte) ergibt sich, wie schnell diese drei Reaktionen ablaufen und welche iodhaltigen Endprodukte dabei gebildet werden.

Zur Erfassung von Iodat als Senke für Iod im Trinkwasser wurde eine einfache und schnelle Methode entwickelt. Dabei wird die Trinkwasserprobe zunächst ionenchromatographisch aufgetrennt. Danach wird über ein T-Stück in schwefelsaurer Lösung Iodid im Überschuss zugegeben, welches mit Iodat wie folgt reagiert:



Das dabei entstehende Triiodid (I_3^-) kann mittels UV/VIS-Detektion bei einer Wellenlänge von 288 nm in kleinsten Mengen nachgewiesen werden. Da im Detektor nur Ionen erfasst werden, die – analog zum Iodat – Iodid zu Triiodid oxidieren, treten verglichen mit konventioneller Ionenchromatographie praktisch keine Störungen auf. Dies ist in der Abbildung, einem Chromatogramm einer Grundwasserprobe mit einer Konzentration von 12 nM ($2.1 \mu\text{g/l IO}_3^-$), gut ersichtlich. Die Nachweisgrenze dieser Methode liegt mit 2 nM ($0.35 \mu\text{g/l IO}_3^-$) unterhalb der üblicherweise bei 6–60 nM ($1\text{--}10 \mu\text{g/l IO}_3^-$) liegenden Konzentrationen in Umweltproben.

In Ozonungsprozessen während der Trinkwasseraufbereitung wird Iodid über HOI rasch zu Iodat oxidiert. Messungen von Proben aus der Trinkwasseraufbereitungsanlage «Le Betteraz» in Porrentruy JU, wo Ozon zur Desinfektion und Oxidation eingesetzt wird, zeigen eine Zunahme der Iodatkonzentration im Ozonreaktor.

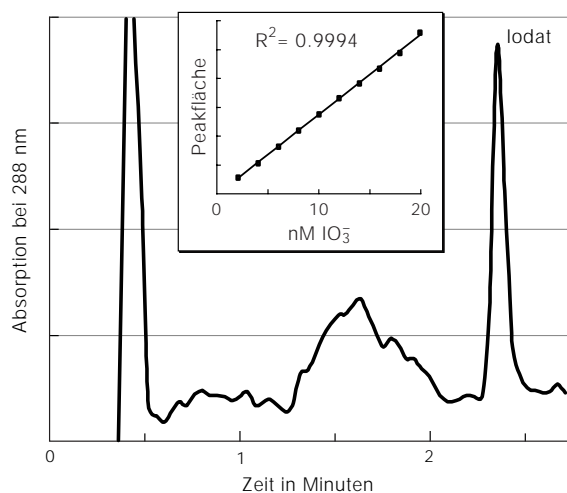


Abbildung: Chromatogramm einer Grundwasserprobe von 12 nM ($2.1 \mu\text{g/l IO}_3^-$) mit Standardreihe für Iodat (2–20 nM bzw. $0.35\text{--}3.5 \mu\text{g/l IO}_3^-$).

Bei einem Tracerexperiment mit iodhaltigem Kochsalz wurden die zugegebenen 30 nM Iodid (3.8 µg/l) quantitativ zu Iodat oxidiert (Iodat nach Ozonung 28 nM bzw. 4.9 µg/l).

Um das Verhalten von Iod bei der Trinkwasseraufbereitung vollständig zu beschreiben, ist es jedoch wichtig, neben Iodat auch Iodid sowie die wichtigsten iodorganischen Verbindungen quantifizieren zu können. Entsprechende Untersuchungen sind Gegenstand zukünftiger Forschung.

Ökosystemforschung

Der amerikanische Rote Sumpfkrebs – die Bekämpfung eines ungebetenen Gastes

Sybille Borner, Theresa Büsser, Rik Eggen, Karl Fent, Andreas Frutiger, Thomas Lichtensteiger, Rudolf Müller, Stephan Müller, Armin Peter, Hans R. Wasmer

Der amerikanische Rote Sumpfkrebs im zürcherischen Schübelweiher stand 1997 im Rampenlicht der Medien. Durch seine Resistenz gegenüber der Krebspest und durch sein Verhalten bedroht und verdrängt er die einheimischen Krebse. Im April 1997 präsentierte die EAWAG dazu eine umfassende Studie [1]. Darin schlug sie zur Bekämpfung eine intensive Befischung mit Spezialreusen und den Einsatz von Raubfischen vor.

1995 wurde der Rote Sumpfkrebs (*Procambarus clarkii*) erstmals im Schübelweiher (Gemeinde Küsnacht, Kanton Zürich) nachgewiesen. Er stammt aus Mexiko und Zentralamerika. Aus kommerziellen Gründen wurde er in alle Erdteile eingeführt, wo er sich dank seiner Anpassungsfähigkeit und Konkurrenzstärke in den meisten Fällen erfolgreich behaupten konnte. Innerhalb Europas kommt er seit längerer Zeit in verschiedenen Ländern vor, darunter auch in unseren Nachbarländern (mit Ausnahme von Österreich). Im wesentlichen sind es zwei Eigenschaften, die den Fremdling aus Übersee unbeliebt machen: Zum einen seine Resistenz gegen die Krebspest, eine Pilzkrankheit, die unsere drei einheimischen

Abbildung: Rotes Sumpfkrebsweibchen mit fünf Tage altem Jungtierchen.

Ein Weibchen des Roten Sumpfkrebsses produziert in seinem Leben 1- bis 3mal zwischen 50 und 900 Eier. Die frisch gelegten Eier werden ausserhalb des Körpers befruchtet und dann vom Weibchen an fadenförmigen Fortsätzen an der Unterseite des Hinterleibes festgeklebt, geschützt und gepflegt (s. Kapiteltitelbild S. 13).
(Foto: Andreas Frutiger)



Krebsarten schutzlos ausgeliefert sind und die vom Roten Sumpfkrebs auf die einheimischen Krebsarten übertragen werden kann. Zum zweiten verhelfen ihm seine hohe Anpassungsfähigkeit, seine Vermehrungsrate und seine grosse Aggressivität zum Sieg im Konkurrenz-kampf um Lebensraum und Nahrung.

Der Rote Sumpfkrebs bewohnt bevorzugt Teiche und Weiher mit weichem Boden und erdigen Ufern. In seinem ursprünglichen Verbreitungsgebiet kommt er insbesondere in zeitweise austrocknenden Gewässern vor (z.B. in Überschwemmungsgebieten grosser Fliessgewässer), wo er in selbstgebauten Röhren die Trockenzeit überlebt. Die eiertragenden Weibchen (Abbildung) und die jungen Krebse halten sich ebenfalls in den bis zu 2 m langen Röhren versteckt. Die Krebse gehen vor allem in der Dämmerung und in der Nacht auf Nahrungssuche. Sie sind Allesfresser und ernähren sich von kleinen Tieren, von abgestorbenem tierischem und pflanzlichem Material und von Wasserpflanzen. Kannibalismus kommt ebenfalls sehr häufig vor und stellt einen der Mechanismen dar, mit dem die Grösse der Population reguliert wird.

1996 wurde die Frage, ob und wie die Population des Roten Sumpfkrebsses im Schübelweiher reduziert oder ausgerottet werden kann, in der Öffentlichkeit intensiv und kontrovers diskutiert. Die EAWAG erarbeitete aus eigener Initiative einen Bericht zu dieser Fragestellung und machte folgende Vorschläge: Einsetzen von Raubfischen (Aal, Hecht, Egli) und Reduktion des Krebsbestandes durch intensive Befischung mit Reusen.

Die zweite Massnahme wurde im Schübelweiher im Sinne einer Übergangslösung im Sommer 1997 verwirklicht. Angestellte der Gemeinde Küsnacht, des Kantons Zürich und der EAWAG fingen von Juni bis November in monatlichen Abständen während vier Tagen Krebse. Dazu wurden jeweils ca. 100 Reusen mit Fisch und Brot beködert und dem Ufer entlang ausgelegt. Insgesamt wurden mehr als 7000 Rote Sumpfkrebse und ein paar wenige Signalkrebse (eine weitere fremde, aber bereits weiterverbreitete Krebsart) gefangen. Von sämtlichen gefangenen Krebsen wurden an der EAWAG die Grösse, das Gewicht, das Geschlecht und der Entwicklungszustand festgehalten. Alle Daten, die im Verlaufe des Sommers und Herbstes 1997 erhoben wurden (Krebsfänge sowie chemische und physikalische Gewässeruntersuchungen), werden zur Zeit detailliert ausgewertet und interpretiert. Die Befunde deuten darauf hin, dass die Besiedlungsdichte im Schübelweiher, verglichen mit natürlichen Standorten (z.B. in Louisiana, USA) eher gering ist (1–1.5 Tiere/m²), und dass die Population durch die grössten Männchen und vermutlich auch durch das Nahrungsangebot kontrolliert wird. Die Erkenntnisse, die sich aus den bisherigen Aktionen gewinnen lassen,

und die Schlussfolgerungen, welche sich daraus für das weitere Vorgehen bei der Bekämpfung des Roten Sumpfkrebsses ergeben, sind in einem zweiten EAWAG-Bericht veröffentlicht [2].

Literatur

- [1] Borner, S., Büsser, T., Eggen, R., Fent, K., Frutiger, A., Lichtensteiger, T., Müller, R., Müller, S., Peter, A., Wasmer, H.R.: *Procambarus clarkii* (Roter Sumpfkrebs) im Schübelweiher bei Küsnacht. Ökologische Situationsanalyse und Vorschläge zur Bekämpfung. EAWAG, Dübendorf, April 1997, 27 S. EAWAG-Separat Nr. 2243.
- [2] Borner, S., Büsser, T., Eggen, R., Frutiger, A., Müller, R., Müller, S., Peter, A., Wasmer, H.R.: Die Bekämpfung des Roten Sumpfkrebsses (*Procambarus clarkii*) im Schübelweiher und Rumensee (Kanton Zürich) – Auswertung der Massnahmen 1997. EAWAG, Dübendorf, März 1998, 22 S.

Wie wirken sich Buhnen als Strukturelemente auf das Vorkommen von Fischen aus?

Mauro Paulon und Armin Peter

Die meisten schweizerischen Fliessgewässer sind stark verbaut und begradigt. Durch die baulichen Eingriffe in den Lebensraum der Fische verschwinden vor allem die strukturreichen Uferhabitats. Für Fische und ganz besonders für Jungfische sind die ufernahen Wohnräume von grosser Bedeutung. Sie dienen als Schutz-, Fress- und Fortpflanzungsräume.

Buhnen werden im Wasserbau schon lange als Erosionsschutz für Ufer eingesetzt. Eine Buhne ist ein dammartiges Querbauwerk und gehört zu den ältesten Bauwerken im Flussbau. Buhnen dienen der Strömungsablenkung, dem Uferschutz und der Gestaltung des Gewässerlaufes. Sie vermögen die Gewässerstruktur entscheidend zu prägen, indem sie die Strömungs-, Tiefen- und Substratvielfalt verbauter Gewässer erhöhen. Oft entstehen unterhalb des Buhnenkopfes (vom Ufer entfernteste Stelle der Buhne) tiefe Stellen. In den Buhnenfeldern zwischen den Buhnen werden Stillwasserbereiche und Flachwasserzonen geschaffen. Diese morphologischen Veränderungen bewirken eine Zunahme von Fischarten und Dichten aller Altersklassen. Es entstehen Laichareale und somit sind auch bessere Voraussetzungen für die natürliche Fortpflanzung geschaffen.

Wie sich der Einfluss von Uferverbauungen mittels Buhnen auf das Vorkommen der Fische auswirkt, wurde in der Thur bei Gütighausen ZH und in der Birs bei Münchenstein BL untersucht. In der Thur wurden die Aufenthaltsorte der Fische mittels Unterwasserbeobachtungen erfasst. Zwischen den Buhnen konnten riesige Bestände von Jungfischen nachgewiesen werden (besonders in den strömungsabgewandten Arealen hinter



Abbildung: Buhnenfeld an der Thur bei Gütighausen.
(Foto: Mauro Paulon)

den Buhnen und unmittelbar am Ufer in der Übergangszone Wasser–Land). Die Areale zwischen den Buhnen dienen als Kinderstuben für zahlreiche Fischarten (Alet, Barben, Schneider). Die Vertiefung beim Buhnenkopf wurde hauptsächlich von grossen Alet und Barben als Unterstand benützt. Vergleiche mit konventionell verbauten Blockwurfufern zeigten, dass im Blockwurf und entlang dem Blockwurf nur vereinzelt Jungfische zu beobachten waren. In der Thur schufen die Buhnen also wichtige Habitate für Jungfische.

In der Birs wurde bei unterschiedlicher Wasserführung (Niedrigwasser: 5.5 m³/s, Hochwasser 17–35 m³/s) das Fischvorkommen entlang den Buhnen analysiert und mit Blockwurfverbauungen verglichen. Fischunterstände und vielfältige Flussbettstrukturen wurden durch den Bau von Buhnen geschaffen. In den Buhnenfeldern entstanden bei Hochwasser ausgedehnte strömungsberuhigte Zonen.

Zwischen den Buhnen im Wasser stehende Weiden boten den Fischen strömungsgeschützte Unterstände. Das Gegenteil wurde bei Blockwurfufern beobachtet, hier herrschten hohe Fliessgeschwindigkeiten vor. Mittels elektrischer Abfischungen liess sich zeigen, dass bei Niederwasser in den Uferregionen mit Buhnen 60% mehr Fische vorhanden waren als in denjenigen mit Blockwurf. Viele Jung- und Kleinfische (kleine Bachforellen und Barben, Elritzen und Schmerlen) wurden in den Arealen zwischen den Buhnen gefangen, im Blockwurfufer jedoch rund fünfmal weniger.

Die Untersuchungen zeigen, dass sich Buhnen ohne Leitwerke (keine Uferverbauungen zwischen den einzelnen Buhnen) als Strukturelemente gut eignen. Durch die Habitatsvielfalt kann sich eine vielfältige Fischfauna

entwickeln und das erweiterte räumliche Angebot bei Hochwasser genutzt werden. Allerdings vermögen Buhnen die für Krautlaicher (z.B. Rotfeder, Hecht) wichtigen Überflutungsbereiche nicht zu ersetzen. Ferner beschränkt sich die Erhöhung der Strukturvielfalt durch Buhnen auf die Uferhabitate. In der Flussmitte bleiben auch die mit einer Buhne verbauten Gewässer unstrukturiert und monoton.

Biologie des Seesaiblings (*Salvelinus alpinus* [L.]) im re-oligotrophierten Vierwaldstättersee

Peter Schmidig und Rudolf Müller

Der Seesaibling, eine einheimische Fischart aus der Familie der Salmoniden, gilt in der Schweiz als gefährdet, da viele Bestände abnehmen oder nur durch künstlichen Besatz überleben. Ziel dieser Arbeit war es, den heutigen Status dieser Fischart im nährstoffarmen Vierwaldstättersee kennenzulernen und die Aussichten für ihre natürliche Erhaltung zu beurteilen.

Der Seesaibling lebt ganzjährig in der kalten Tiefe unserer grossen Seen. Die sehr begehrte Fischart pflanzt sich im November auf tiefliegenden Schotterbänken fort und wird vor allem während der Laichzeit in grosser Zahl gefangen, wobei der Laich gewonnen und im Bruthaus erbrütet wird. In oligotrophen Seen wie dem Vierwaldstättersee reicht die natürliche Fortpflanzung im Prinzip aus, um den Fortbestand der Art zu sichern. In eutrophen Seen dagegen ersticken die Eier im Bodenschlamm, weshalb der Bestand z.B. im Zugersee («Zugerrötel») zur Zeit nur durch künstliche Fortpflanzung erhalten werden

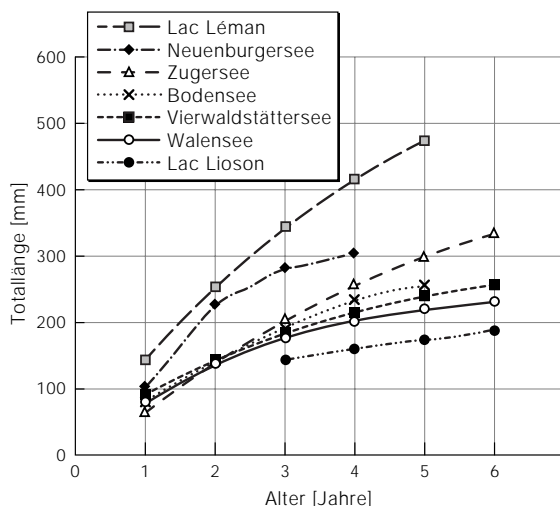


Abbildung 1: Längenwachstum des Seesaiblings in verschiedenen Gewässern der Schweiz. Lac Lioson = Bergsee im Kanton Waadt.

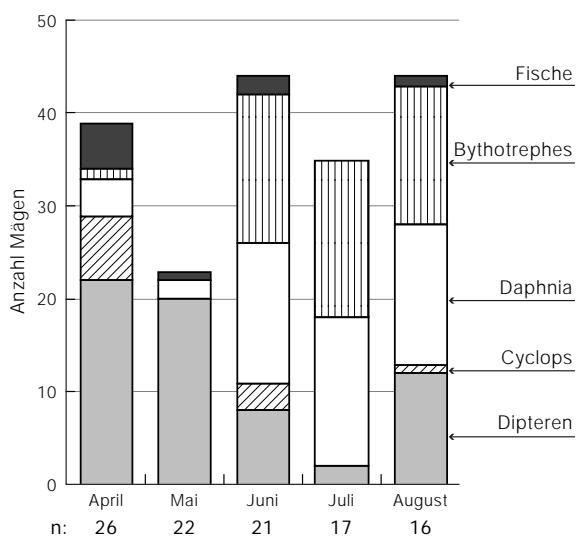


Abbildung 2: Nahrung des Seesaiblings im Vierwaldstättersee. Angegeben ist die Anzahl Mägen, in denen eine bestimmte Nahrungskategorie nachgewiesen wurde. n = Anzahl der untersuchten Fische.

kann. Da über die Biologie des Seesaiblings im Vierwaldstättersee bisher nur wenig bekannt war, wurden im Rahmen einer Diplomarbeit Wachstum, Nahrung und Fruchtbarkeit untersucht. Hinweise der Berufsfischer sowie Erkenntnisse von anderen Seen deuteten darauf hin, dass das Wachstum dieser Fischart im Laufe der Re-Oligotrophierung des Vierwaldstättersees möglicherweise zurückgegangen war, wie dies bereits bei den Kleinfelchen festgestellt wurde. Wegen der beschränkten Zeit, die für die Arbeit zur Verfügung stand, konnte die Nahrung nur in den Monaten April bis September erfasst werden.

Abbildung 1 zeigt das Längenwachstum des Seesaiblings im Vierwaldstättersee im Vergleich zu Saiblingspopulationen in einigen anderen Seen der Schweiz. Erwartungsgemäss liegt das Wachstum eher im unteren Bereich ähnlich wie im ebenfalls oligotrophen Walensee. Ein Vergleich mit den einzigen verfügbaren Daten von Saiblings aus dem Vierwaldstättersee aus früheren Jahren (1990) ergab, dass das Wachstum seither tatsächlich deutlich abgenommen hat. In der Zeit zwischen 1990 und 1996 ist die Gesamtposphorkonzentration von 12 auf 5 µg/l zurückgegangen. Ein Zusammenhang zwischen Wachstum und Trophiegrad ist somit wahrscheinlich.

Die Nahrung des Seesaiblings besteht sowohl zahlenmässig als auch bezüglich Biomasse zum grössten Teil aus kleinen planktischen Organismen (Abbildung 2). Fische haben einzig im April eine gewisse Bedeutung für die Ernährung und treten in den anderen untersuchten Monaten nur sporadisch auf und hier auch nur bei den ältesten bzw. grössten Exemplaren. Wichtigste Organis-

mengruppen sind die Dipteren, in erster Linie Chironomidenpuppen, und die Crustaceen (*Daphnia*, *Cyclops*, *Bythotrephes*). Andere Nahrungsorganismen umfassen kleine Muscheln (*Pisidium*) mit gehäuftem Auftreten im Mai sowie vereinzelte Eintagsfliegenlarven und Wassermilben. Über die gesamte Untersuchungsperiode waren die Saiblingsmägen im Durchschnitt etwa zur Hälfte gefüllt, in den Sommermonaten aber deutlich mehr, offensichtlich wegen des grossen Nahrungsangebots (Zooplankton).

Die relative Fruchtbarkeit (Eizahl pro kg Körpergewicht) ist im Vergleich zu jener in anderen Seen ausgesprochen hoch. Da verschiedene Befunde darauf hinweisen, dass die Eientwicklung im See gut funktioniert, ist die Erhaltung des Bestandes im Prinzip auch ohne künstliche Einsätze gewährleistet.

Der Seesaibling findet heute im Vierwaldstättersee wieder Lebensbedingungen wie vor der Eutrophierungsphase: Er wächst dem Trophiegrad entsprechend langsam, er ernährt sich von der jeweils am besten greifbaren Nahrung, und er pflanzt sich natürlicherweise im See fort. Die Erhaltung dieser empfindlichen Fischart im Vierwaldstättersee dürfte damit gesichert sein, sofern der Bestand nicht übernutzt wird.

Das «Modul-Stufen-Konzept» zur Beurteilung der schweizerischen Fliessgewässer

Michael Hütte und Ueli Bundi

In Zusammenarbeit mit verschiedenen Bundesämtern und kantonalen Fachstellen ist an der EAWAG ein umfassendes Konzept zur Beurteilung der schweizerischen Fliessgewässer erstellt worden. Dieses Konzept basiert auf einer integralen Betrachtungsweise und umfasst Erhebungs- und Bewertungsmethoden sowohl für die biotischen als auch für die abiotischen Gegebenheiten im und am Gewässer.

Eine wichtige Forderung des schweizerischen Gewässerschutzgesetzes ist die Bewahrung bzw. Wiederherstellung der Gewässer als natürliche Lebensräume für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt. Für den Vollzug des Gesetzes sind in erster Linie die Kantone verantwortlich. Sie (und der Bund) müssen zudem die Öffentlichkeit über den Gewässerschutz und den Zustand der Gewässer informieren. Zu diesem Zweck muss der Gewässerzustand erhoben und bewertet werden.

Das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) und die EAWAG haben nun in Zusammenarbeit

Stufe	F	S	A
Räumlicher Massstab	<i>Flächendeckend</i> , Betrachtung aller Fließgewässer in einem Gebiet (z.B. Kanton, Stadt, Gemeinde)	<i>Systemhaft</i> , Betrachtung aller oder der wichtigsten bzw. grössten Fließgewässer in einem Einzugsgebiet	<i>Abschnittsweise</i> , Betrachtung bestimmter Gewässerbereiche
Erhebungsaufwand pro untersuchten Gewässerbereich	gering	mittel	hoch
Adressat der Untersuchungsergebnisse	Fachleute, aber auch Verwaltungsbeamte, Politiker und die Öffentlichkeit allgemein	Fachleute aus Wasserbau, Gewässerschutz, Fischerei u.a.	Fachleute aus Wasserbau, Gewässerschutz, Fischerei u.a.
Ziel und Zweck	grobe, überblicksmässige Erfassung des Gewässerzustandes eines Gebietes, z.T. Möglichkeit einer abschnittswisen Benennung, Benennung von Defiziten	detaillierte Erfassung des Gewässerzustandes, detaillierte Defizitanalyse und Entwicklung von konkreten Massnahmen mit Angabe von Prioritäten	problemspezifische Analyse spezieller Fragestellungen wie Erfolgskontrolle bei Renaturierungen, Bestimmung von Restwassermengen, ökologische Belastung durch Kläranlagen u.a.

Tabelle: Massstab, Erhebungsaufwand, Adressat und Ziel der verschiedenen Untersuchungsstufen im Modul-Stufen-Konzept.

mit dem Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW) und verschiedenen Kantonen ein Gesamtkonzept zur Fließgewässerbeurteilung erstellt. Es basiert auf einer integralen ökologischen Betrachtungsweise und umfasst die Module Ökomorphologie, Hydrologie, Wasserchemie, Ökotoxikologie und Biologie (mit den Teilmodulen Fische/Flusskrebse, wirbellose Kleintiere, höhere Wasser- und Sumpfpflanzen, Algen). Für jedes dieser Module werden Erhebungs- und Bewertungsmethoden mit unterschiedlichem Untersuchungsaufwand (Stufen F, S und A) entwickelt. In der Tabelle sind die verschiedenen Stufen mit ihrem Einsatzbereich erläutert.

Der Bericht über das Gesamtkonzept wird im Frühjahr 1998 vom BUWAL herausgegeben. Der Bericht «Ökomorphologie Stufe F» wird ebenfalls im Frühjahr 1998 erscheinen und beinhaltet Untersuchungsmethoden für die Erfassung des ökomorphologischen Zustandes der Fließgewässer einer Region (z.B. Gemeinde, Kanton). Der Gewässerzustand wird dabei abschnittsweise erhoben und in Klassen eingeteilt (naturnah; beeinträchtigt, naturfern, künstlich). Die Erhebung erfolgt anhand von ökomorphologischen Schlüsselparametern (Sohlenbreite, Wasserspiegelbreitenvariabilität, Verbauung von Sohle und Böschungsfuss, Beschaffenheit des Uferbereichs). Darstellungen in Karten ergeben einen Gesamtüberblick über den Zustand ganzer Fließgewässersysteme). Weitere Berichte mit Methodenbeschreibungen (Ökomorphologie Stufe S, Fischbiologie Stufe F+S, Wasserchemie Stufe F+S, Höhere Wasserpflanzen, Algen und wirbellose Kleintiere) werden dann nach und nach veröffentlicht. Die Auswahl der zur Anwendung kommenden Methoden richtet sich nach dem Zweck der Gewässeruntersuchung und den vorhandenen (finanziellen) Möglichkeiten.

Laubbau in Hochgebirgsbächen

Christopher T. Robinson, Mark O. Gessner, James V. Ward

Anders als Fließgewässer in bewaldeten Einzugsgebieten, die durch den massiven Eintrag organischer Substanz während des herbstlichen Laubfalls gekennzeichnet sind, fehlt alpinen Bächen oberhalb der Baumgrenze diese wichtige Kohlenstoff- und Energiequelle. Sind hochalpine Bäche trotzdem in der Lage, Falllaub umzusetzen, und haben sie damit funktionelle Eigenschaften, die sie prinzipiell mit tiefer gelegenen Fließgewässern teilen?

Wir gingen dieser Frage nach, indem wir den Abbau von Erlenlaub in den Bächen der glazialen Schwemmebene im Val Roseg (Oberengadin) untersuchten. Das spezifische Ziel des Projektes war dabei, die Geschwindigkeit des Laubabbaus und die Dynamik der Laubbesiedlung durch wirbellose Tiere und Pilze zu beschreiben (Abbildung 1), um sie mit bekannten Mustern aus natürlich beschatteten Fließgewässern vergleichen zu können.

Um die Vielfalt der Gewässertypen alpiner Schwemmebenen zu berücksichtigen, wurde die Untersuchung in vier verschiedenen Bachtypen durchgeführt: einem Gletscherbach (Kryal), einem Seeausfluss, dem Hauptgerinne des oberen Rosegtals sowie einem Seitengerinne, das Wasser unterschiedlicher Herkunft führt. Frisch gesammeltes Falllaub der Grünerle (*Alnus viridis*) wurde in standardisierten Paketen in grob- und feinmaschige Netzbeutel eingeschlossen. Feinmaschige Netzbeutel dienen dem Ausschluss von Tieren, so dass der biologische Abbau dieses Laubs nur von Mikro-

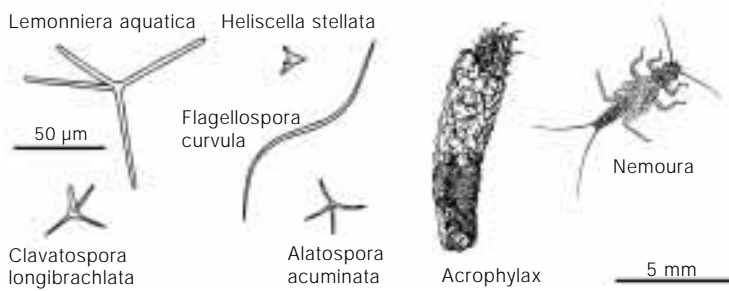


Abbildung 1: Ausgewählte Pilze und wirbellose Tiere, die am Abbau von Laub in Bächen des Val Roseg beteiligt sind.

organismen verursacht wurde. Die Laubpakete wurden anschliessend in den Untersuchungsbächen exponiert, später in Abständen entnommen und im Labor analysiert.

Einige Ergebnisse zeigt Abbildung 2. Der Laubabbau erfolgte in den untersuchten Bächen generell langsam. Die Unterschiede zwischen grob- und feinmaschigen Netzbeuteln waren gering, was darauf schliessen lässt,

dass Tiere in den meisten Bächen keinen grossen Einfluss auf den Laubabbau hatten. Eine auffällige Ausnahme von dieser Regel war jedoch der Seeausfluss, wo der Laubabbau in grobmaschigen Netzbeuteln um ein Vielfaches schneller verlief.

Korreliert mit dem raschen Abbau im Seeausfluss (Abbildung 2) war das massenhafte Auftreten einer Köcherfliegenlarve (*Acrophylax zerberus*), die das Blattmaterial offensichtlich nicht nur frass, sondern auch in ihre Köcherkonstruktion einbaute (Abbildung 1). Dagegen war die pilzliche Biomasse in diesen Laubpaketen deutlich niedriger als an den anderen Probestellen (Abbildung 2). Diese Beobachtungen legen den Schluss nahe, dass *Acrophylax* im Seeausfluss für die hohe Abbaurate der Blätter in den groben Netzbeuteln verantwortlich war.

In den Laubpaketen der übrigen Untersuchungsbäche wurden innerhalb weniger Wochen wesentlich höhere Pilzbiomassen erreicht (Abbildung 2). Die Spitzenwerte lagen dort bei ca. 5% des Blattgewichts und damit kaum niedriger als in Bächen bewaldeter Einzugsgebiete. Angesichts der Wassertemperaturen nahe dem Gefrierpunkt, des fehlenden natürlichen Laubeintrags und des generell langsamen Abbaus war das rasche Erreichen solch hoher Pilzbiomassen unerwartet. Sie weisen auf eine potentiell hohe Abbauproduktivität durch Pilze hin, selbst unter den harschen Bedingungen glazialer Bäche. Insgesamt zeigt diese Untersuchung, dass hochalpine Bäche durchaus in der Lage sind, Falllaub umzusetzen, wobei die Art und Weise des Abbaus entscheidend von der organismischen Ausstattung der Gewässer abhängt.

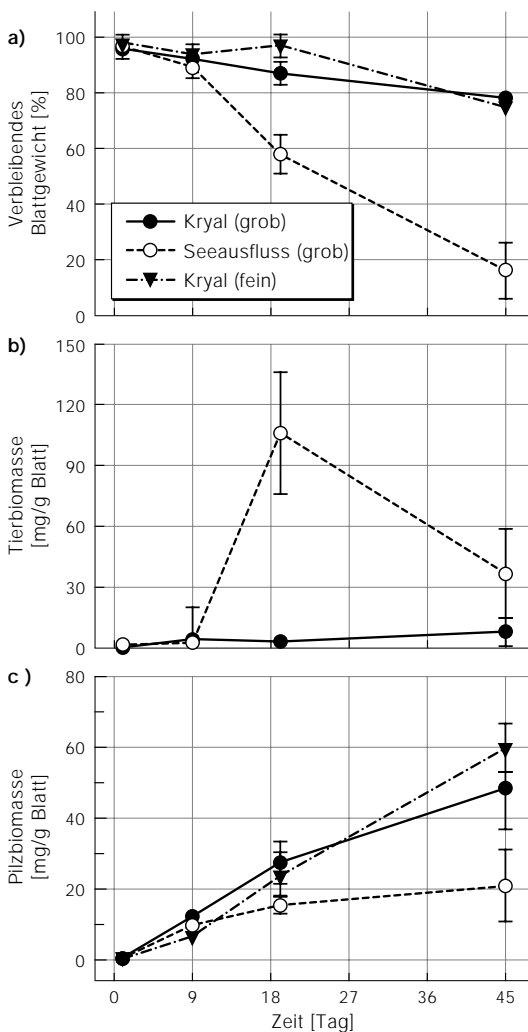


Abbildung 2: Geschwindigkeit des Laubabbaus (a) und Besiedlung ausgewählter Laubpakete in grob- und feinmaschigen Netzen durch blattfressende wirbellose Tiere (b) und Pilze (c). (Kryal = Lebensraum Gletscherbach).

Der Tagliamento – ein Modellökosystem für den Alpenraum

Klement Tockner und James V. Ward

Der Tagliamento, der letzte Wildfluss der Alpen und zugleich Referenzökosystem für Europa, wird als Modell eines grossen natürlichen Flusssystemes untersucht. Wir erwarten grundlegende wissenschaftliche Erkenntnisse,



Abbildung 1: Der Tagliamento beim Verlassen des Alpenraums nahe der Stadt Gemona. Der Fluss teilt sich hier in unzählige Wasserläufe und erreicht eine Breite von mehreren Kilometern. (Foto: K. Tockner)

die eine effektivere und nachhaltigere Bewirtschaftung von Flussabschnitten, Flusskorridoren und gesamten Einzugsgebieten ermöglichen.

In unserem Bemühen, die biologische Vielfalt (Diversität) zu erhalten, ist es notwendig, jene Gesetzmässigkeiten, die diese natürliche Vielfalt schaffen, auch zu verstehen. Hier stossen wir jedoch an Grenzen, da unsere Kenntnisse über ökologische Zusammenhänge von den jeweils untersuchten Systemen geprägt sind. Der Mangel an

grundlegenden Kenntnissen von ökologischen Zusammenhängen (das Fehlen eines «ökologischen Leitbildes») ist hauptverantwortlich für das häufige Scheitern von Managementmassnahmen zur nachhaltigen Bewirtschaftung, zum Schutz und zur Revitalisierung von Gewässerökosystemen. Die meisten Flüsse in Europa und Nordamerika wurden bereits im Laufe des letzten Jahrhunderts, also lange vor der Formulierung quantitativer ökologischer Modelle, durch menschliche Eingriffe (Eindämmung, Aufstau, Ableitung usw.) grundlegend ver-

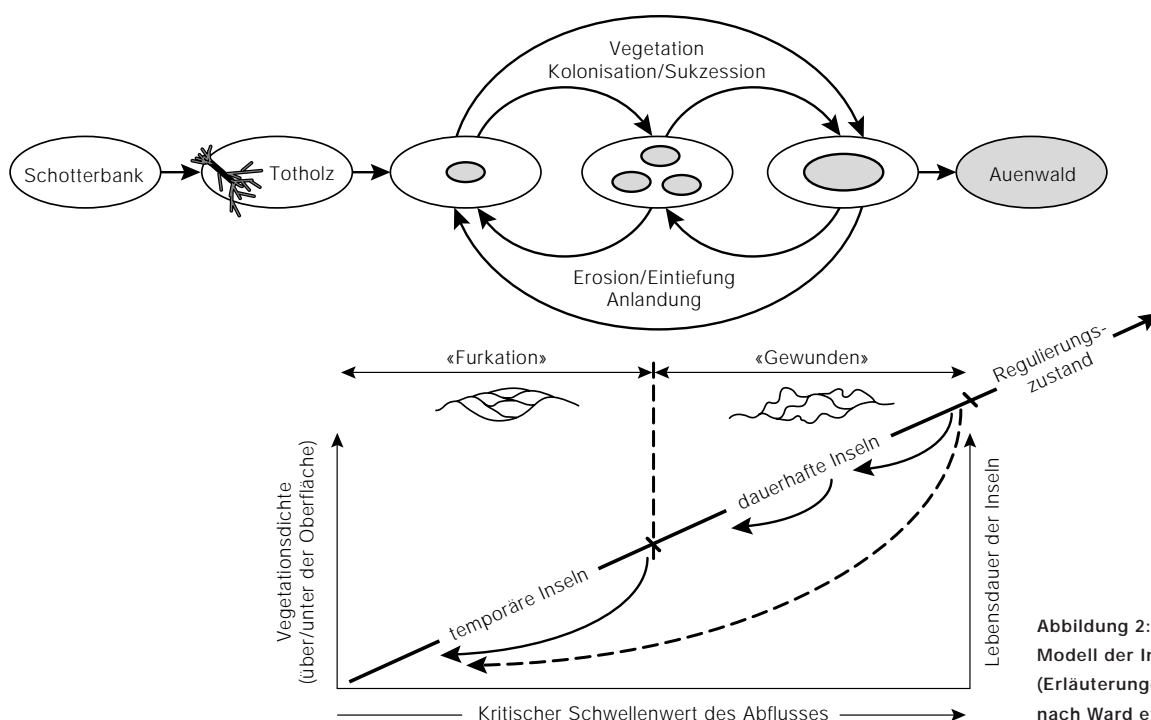


Abbildung 2: Konzeptuelles Modell der Inselbildung (Erläuterungen siehe Text, nach Ward et al., im Druck).

ändert. Im europäischen Alpenraum sind weniger als 10% des gesamten Gewässernetzes als naturnah ausgewiesen. Es handelt sich zumeist um isolierte Abschnitte im Oberlauf.

Der 172 km lange Tagliamento im Nordosten Italiens (Friaul) ist das letzte noch naturnahe Flusssystem der Alpen. Seine mächtigen Ausschotterungsbereiche (Abbildung 1) und der 150 km² grosse Flusskorridor lassen sich schon auf Satellitenaufnahmen von Gesamteuropa erkennen. Der Tagliamento ist ein Referenzökosystem von europäischer Dimension (Ward et al., im Druck). Entlang seinem Flussverlauf zeigt sich die modellhafte Abfolge von gestreckten, verzweigten und mäandrierenden Abschnitten; der Tagliamento verbindet das Land mit dem Meer und zugleich zwei Grossökosysteme, nämlich die Alpen mit dem mediterranen Lebensraum.

Ein herausragendes Merkmal ist die grosse Zahl bewachsener Inseln. Anhand von Luftbildern und von Karten konnten mehr als 1000 Inseln identifiziert werden. Inseln spielen eine grundlegende Rolle für die Funktion von Flussökosystemen. Ihre Bedeutung wurde jedoch von Fließgewässerökologen weitgehend ignoriert, da Inseln zu denjenigen flusstypischen Merkmalen zählen, die im Zuge von Regulierungsmassnahmen als erstes verschwinden. So reduzierte sich ihre Zahl entlang der österreichischen Donau von mehr als 2000 vor dem Regulierungszustand auf derzeit 6 Inseln, die alle als besonders wertvolle Landschaftselemente gelten. Ein konzeptuelles Modell (Abbildung 2) zeigt die Dynamik der Inselbildung, wobei Hochwassern eine Schlüssel-funktion zukommt. Aufgrund ihrer erosiven Kraft vermögen sie Teile der Aue zu verjüngern und grosse Mengen an Totholz (Bäume, Äste usw.) zu verfrachten. Diese abgelagerten Bäume sind der «Nucleus» der Inselbildung. Es ist daher nicht erstaunlich, dass das Alter der Inseln im Tagliamento und das Auftreten bettbildender Hochwasser in engem Zusammenhang stehen. Fällt die dynamische Wirkung der Hochwasser weg, beginnt das Gesamtsystem zu altern, Inseln wachsen, verschmelzen zu Auwäldern und stabilisieren (über Rückkoppelungsprozesse) zusätzlich die Gerinne. So sind etwa die ausgedehnten, geschlossenen Auenwälder entlang der Donau regulierungsbedingte Artefakte. Im Gebiet des Donauauen-Nationalparks (östlich von Wien) sind von 1880 bis 1993 die freien Schotterflächen von 28% auf 2% und die Gewässerflächen von 36% auf 19% zurückgegangen. Die Waldflächen hingegen nahmen von 36% auf 79% zu (C. Baumgartner, pers. Mitt.).

Komplexe und hierarchisch organisierte Systeme, wie Einzugsgebiete von Gewässern, lassen sich nur in transdisziplinärer Zusammenarbeit erforschen. Im Rahmen eines internationalen Forschungsprogramms unter Mit-

wirkung von Hydrologen, Geomorphologen, Geobotanikern und Limnologen wird der Tagliamento als Modell eines grossen natürlichen Flusssystems untersucht. Fragen der Biodiversität, der ökologischen Vernetzung entlang unterschiedlicher Umweltgradienten und der Wechselwirkungen zwischen geomorphologischen und ökologischen Prozessen stehen im Zentrum dieser Untersuchungen.

Literatur

Ward, J.V., Tockner, K., Edwards, P.J., Kollmann, J., Bretschko, G., Gurnell, A.M., Petts, G.E., Rossaro, B.: A reference river system for the Alps: the «Fiume Tagliamento». Regulated Rivers: Research and Management (im Druck).

Beeinflussung des Wärmehaushalts der Aare durch das Kernkraftwerk Mühleberg

Werner Meier, Peter Reichert, Alfred Wüest

Die Kühlwassereinleitung des Kernkraftwerks Mühleberg führt zu einer mittleren Erhöhung der Wassertemperatur der Aare um ca. 1.3 °C. Auf der nachfolgenden zwanzig Kilometer langen Fließstrecke bis zur Mündung in den Bielersee werden ca. 2 bis 12% der vom Kernkraftwerk eingetragenen Abwärme an die Atmosphäre abgegeben.

Beim Kernkraftwerk Mühleberg (Abbildung 1), das ca. 6% des Stromverbrauchs der Schweiz deckt, fällt eine nicht verwertbare Abwärmeleistung von rund 700 Megawatt an. Diese wird via Kühlwasser der Aare zugeführt, was zur Folge hat, dass die Wassertemperatur erhöht wird und möglicherweise physikalische, chemische und biologische Prozesse im Gewässer beeinflusst werden. Im Auftrag des Boden- und Gewässerschutzlabors des Kantons Bern wurden die Auswirkungen der Kühlwassereinleitung auf den Wärmehaushalt der Aare untersucht. Der Wärmehaushalt wird neben der Kühlwassereinleitung

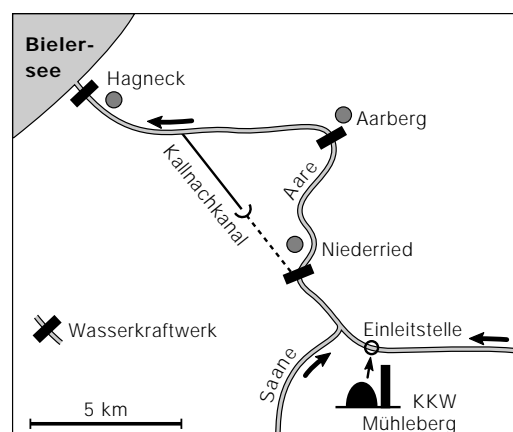


Abbildung 1: Situationsplan des KKW Mühleberg.

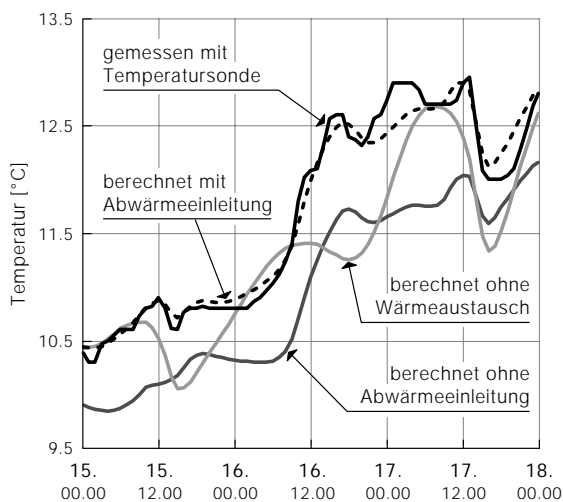


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der gemessenen und berechneten Wassertemperaturen in Hagneck (rund zwanzig Kilometer unterhalb der Kühlwassereinleitung KKW Mühleberg) vom 15. bis 17. Mai 1996.

vor allem durch die Energieflüsse über die Wasseroberfläche beeinflusst. Die wichtigsten natürlichen Energieflüsse sind die kurzweilige Sonneneinstrahlung, die langweilige Wärmeein- und -abstrahlung, der Verlust von Wärme durch Verdunstung und die Wärmeleitung. Die Auswirkungen dieser Energieflüsse auf die Wassertemperatur werden am besten mit einem Modell berechnet, welches eine systematische Analyse der relevanten Einflussgrößen unter verschiedenen Bedingungen erlaubt. Für die Modellierung sind Messungen der meteorologischen Größen wie z.B. Sonneneinstrahlung und Lufttemperatur sowie der Wassertemperatur des Zuflusses als Einflussgrößen notwendig.

Die Wärme flüsse durch die Wasseroberfläche und die Wassertemperaturen wurden jeweils für einen Zeitraum von einigen Tagen für eine Situation mit und ohne Kühlwassereinleitung mit dem Computerprogramm AQUASIM berechnet und mit den Messungen überprüft (Abbildung 2). Die Wassertemperaturen werden durch die Kühlwassereinleitung in Mühleberg bei vollständiger Durchmischung im Jahresmittel um 1.3 °C, im Maximum im Winter um 3.4 °C erhöht. Selbst bei sommerlichen Schönwetterperioden gelangt durch die Kühlwassereinleitung bei Mühleberg rund dreimal mehr Wärme in die Aare als dies natürlicherweise auf der nachfolgenden Strecke bis Hagneck der Fall ist. Die Modellrechnungen ergaben, dass nur zwischen ca. 2% (Sommer) und 12% (Winter) der eingetragenen Abwärme auf der Flussstrecke bis zur Mündung in den Bielersee bei Hagneck an die Atmosphäre abgegeben werden.

Chemische, physikalische und bakteriologische Parameter, welche durch das Boden- und Gewässerschutzlabor vor und nach der Einleitstelle erhoben wurden, deuten

jedoch auf keine signifikante Verschlechterung der Wasserqualität aufgrund der Kühlwassereinleitung hin. Einzig der Sauerstoffgehalt nahm wegen der Abhängigkeit von der Wassertemperatur geringfügig ab. Die Qualitätsziele der geltenden Verordnung wurden jedoch während der untersuchten Zeitperiode auch unterhalb der Kühlwassereinleitstelle immer eingehalten.

Kleine Seen als Spiegel ihres Einzugsgebiets

Beat Müller, André F. Lotter, Michael Sturm, Adrian Ammann, Erwin Grieder, Caroline Stengel, Alois Zwysig, Felix Bürgi, Thomas Rüttimann

Seen und ihre Sedimente widerspiegeln die in ihren Einzugsgebieten stattfindenden natürlichen Prozesse und die jeweilige anthropogene Landnutzung. Entsprechend lassen sich die untersuchten Kleinseen als «urbane Seen» (in grösseren Agglomerationsgebieten), «Landwirtschaftsseen» (in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten) und «Bergseen» (in Gebirgsregionen >700 m ü. M.) charakterisieren. Wie wirken sich nun die physikalischen, chemischen und biologischen Signale des Einzugsgebietes auf die Entwicklung eines Sees aus, und wie werden diese Signale letztlich in den Seesedimenten archiviert?

Verstehen wir die Vorgänge, welche auf einen See einwirken und die zur Sedimentbildung führen, können wir die Informationen aus Sedimentarchiven nutzen, um längerfristige Aussagen über Wetter und Temperaturen, über die Beschaffenheit und Pflanzenwelt des Einzugsgebiets und über die Aktivitäten der Menschen machen zu können. Um Fragen in diesem Zusammenhang nachzugehen, haben wir in den letzten Jahren Wasser und Sedimente von 68 kleinen Seen zwischen 1 und 70 ha Fläche in unterschiedlichen Höhenzonen und in unterschiedlich genutzten Einzugsgebieten untersucht [1].

Die landwirtschaftliche Nutzung spiegelt sich deutlich in der chemischen Zusammensetzung des Seewassers wider: Wenn mehr als 50% des Einzugsgebietes landwirtschaftlich intensiv genutzt werden, nehmen die Konzentrationen von Nährstoffen (Stickstoff und Phosphor) markant zu. Werden mehr als 75% landwirtschaftlich genutzt, werden in der Regel aufwendige interne technische Sanierungsmassnahmen (z.B. Tiefenwasserableitung, künstliche Belüftung) angewendet, um extreme Auswirkungen der Eutrophierung zu mildern. In Seen mit hohen Anteilen extensiv genutzter landwirtschaftlicher Flächen (z.B. Alpwirtschaft), wie sie in Berggebieten über 700 m ü. M. zu finden sind, treten dagegen, selbst bei grossem landwirtschaftlichem Anteil, sehr viel tiefere

Nährstoffkonzentrationen auf. Dies ist mit ein Grund, weshalb man eine starke Abnahme der Nährstoffkonzentrationen in Höhen über ca. 700 m ü. M. beobachtet (Abbildung), obwohl der Anteil der Landwirtschaft im Einzugsgebiet nicht mit der Höhe korreliert ist. Dies weist darauf hin, dass die Art der landwirtschaftlichen Nutzung wesentlich für das Ausmass des Eintrages von Nährstoffen in die Seen verantwortlich ist.

Dazu kommt aber auch, dass im Voralpengebiet in der kalten Jahreszeit oft Inversionslagen mit Untergrenzen um 700 m ü. M. auftreten, wodurch atmosphärisch verfrachtete Schadstoffe zurückgehalten, aufkonzentriert und ausgereignet werden.

Modellrechnungen haben gezeigt, dass die in Seen über 700 m ü. M. auftretenden Stickstoffmengen allein durch den Eintrag aus Niederschlägen erklärt werden können, während diese Quelle bei Seen unter 700 m ü. M. zur Erklärung der auftretenden Konzentrationen nicht ausreicht. Der Stickstoffeintrag in die Kleinseen wird somit hauptsächlich von vier Faktoren bestimmt, nämlich vom flächenmässigen Anteil der Landwirtschaft im Einzugsgebiet, von der landwirtschaftlichen Praxis, der Höhenlage über Meer und von der hydraulischen Aufenthaltszeit des Wassers im See.

Urbanisierte Flächen in Agglomerationsgebieten sind im Seewasser durch deutlich erhöhte Konzentrationen von Natrium und Kalium charakterisiert, also von Salzen, welche in Haushalt und Industrie Verwendung finden und in grossen Mengen im Winter zur Strassensalzung eingesetzt werden. Auch hier nehmen die Konzentrationen in Seen oberhalb von 700 m ü. M. signifikant ab.

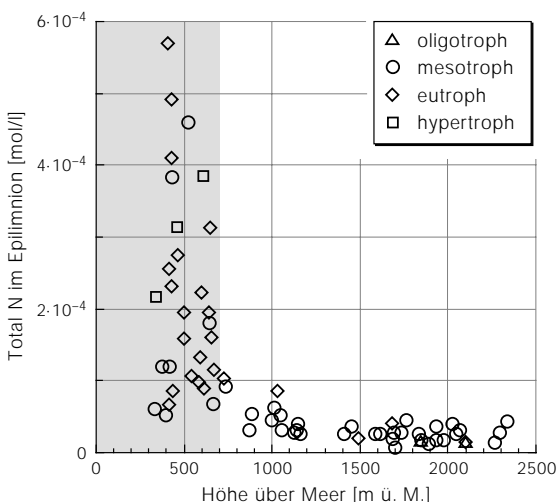


Abbildung: Konzentration von total gelöstem Stickstoff in Seen verschiedener Höhenlagen. Die Werte deuten an, dass die Stickstoffkonzentrationen im Seewasser von der Höhenlage, aber nicht vom Trophiegrad eines Sees abhängig sind.

Calcium, Magnesium und Alkalinität stammen aus der Auflösung der Bodenminerale und zeigen das Ausmass der Erosion an. In hohen Lagen mit zunehmend unkultivierten Böden sind ihre Konzentrationen deutlich geringer als in tieferen Lagen mit intensiv landwirtschaftlich bearbeiteten Böden. Die Erosionsraten nehmen daher in tieferen Höhenlagen zu!

Die Informationen aus den Einzugsgebieten der Seen sind ebenfalls in den Sedimenten gespeichert. In Seesedimenten unter 700 m ü. M. sind die Anteile von partikulärem organischem Kohlenstoff und totalem Stickstoff deutlich erhöht. Dabei sind in Hartwasserseen auch die Konzentrationen von anorganischem Kohlenstoff (ausgefällt als Calciumkarbonat) höher und stellen signifikante Eutrophieanzeiger dar.

Literatur

- [1] Müller, B., Lotter, A.F., Sturm, M., Ammann, A.: Influence of catchment quality and altitude on the water and sediment composition of 68 small lakes in Central Europe. *Aquatic Sci.*, im Druck.

Das Auftauen des St. Moritzer Sees: Ein Indikator für überregionale Lufttemperatur und globalen Vulkanismus

David M. Livingstone

Das Auftauen alpiner Seen hängt sowohl von der lokalen als auch von der grossskaligen Meteorologie ab. So korreliert z.B. der Zeitpunkt des Auftauens des St. Moritzer Sees (ununterbrochen registriert seit 1832) mit den Frühjahrslufttemperaturen nicht nur in der Schweiz, sondern in anderen Teilen Westeuropas. Die Analyse der historischen Auftaudaten weist auf eine längerfristige, überregionale Klimaerwärmung hin. Zudem lässt sich eine signifikante Beziehung zwischen dem Zeitpunkt der Eisschmelze und globaler vulkanischer Aktivität nachweisen. Anscheinend vermag die Modulation der einfallenden Sonnenstrahlung durch stratosphärische Sulfataerosole das Auftauen der Eisschicht zu beeinflussen.

Seit 1832 wird der Zeitpunkt des Auftauens des hochalpinen St. Moritzer Sees (1768 m ü. M.) ununterbrochen registriert (Abbildung a). Das Schmelzen einer Eisdecke wird vorwiegend von meteorologischen Faktoren bestimmt; die für die Schweiz einmalig lange Datenreihe vom St. Moritzer See enthält deshalb Informationen über Veränderungen des Klimas im Alpenraum während der letzten anderthalb Jahrhunderte.

Der Zeitpunkt der Eisschmelze des St. Moritzer Sees ist eng mit mittleren lokalen und regionalen Lufttempera-

turen korreliert. Die stärkste Beziehung besteht mit den Lufttemperaturen, die über 4–8 Wochen, etwa von Ende März bis Anfang Mai, gemittelt werden. Die Eisschmelze hat sich seit 1832 tendenziell auf einen früheren Zeitpunkt im Jahr verschoben. Dieser Trend zu immer früherem Auftauen (durchschnittlich 1 Tag pro 13.2 Jahre), der auch in anderen Seen der Nordhalbkugel beobachtet wurde, deutet auf eine langfristige, wenn auch ungleichmässige, überregionale Klimaerwärmung im Frühjahr hin, die möglicherweise in Zusammenhang mit globaler Erwärmung steht.

Ein Vergleich des Zeitpunktes der Eisschmelze des St. Moritzer Sees mit langjährigen Lufttemperaturdatenreihen von der Schweiz und vom übrigen Westeuropa deutet darauf hin, dass das Auftauen alpiner Seen nicht

nur durch lokale, sondern auch zu einem grossen Teil durch grossskalige meteorologische Prozesse bestimmt wird. Obwohl der Zeitpunkt der Eisschmelze am besten mit der lokal gemessenen Lufttemperatur korreliert (gemeinsame Varianz 64%), sind Korrelationen mit den Lufttemperaturen entfernterer Schweizer Stationen z.T. nur unwesentlich geringer. Vergleicht man den Zeitpunkt der Eisschmelze des St. Moritzer Sees mit mittleren Apriltemperaturen in Europa, findet man erwartungsgemäss die höchste Korrelation für Schweizer Stationen; die Korrelationen sind aber auch hoch für Stationen, die weit entfernt vom See liegen, z.B. in den Niederlanden oder in Grossbritannien. Solche Resultate weisen auf die all-gemeine Bedeutung der grossskaligen Meteorologie für physikalische Prozesse in Seen hin.

Heftige Vulkanausbrüche beeinflussen das Klima, indem sie schwefelhaltige Gase in die Stratosphäre eintragen. Diese verteilen sich anschliessend über den gesamten Erdball und werden durch photochemische Reaktionen in Sulfataerosole verwandelt, die einige Jahre in der Stratosphäre bleiben. Da stratosphärische Sulfataerosole die Sonnenstrahlung ins All zurückreflektieren, führt eine erhöhte Konzentration nach heftigen Vulkanausbrüchen tendenziell zu einer Abkühlung der Erdoberfläche. Ein Vergleich zwischen den elfjährigen Mittelwerten der trendbereinigten Datenreihen des Zeitpunktes der Eisschmelze des St. Moritzer Sees (Abbildung b) und einem einfachen Index für klimatisch relevante Vulkanausbrüche (Abbildung c) zeigt klare Ähnlichkeiten: Perioden mit früher Eisschmelze tendieren dazu, sich mit Perioden niedriger vulkanischer Tätigkeit zu decken, während Perioden mit später Eisschmelze tendenziell mit Perioden erhöhter Vulkanaktivität assoziiert sind. Falls das Auftauen des St. Moritzer Sees tatsächlich durch stratosphärische Aerosole beeinflusst wird, würde man eine Zeitverzögerung von 1 bis 3 Jahren zwischen den zwei Datenreihen erwarten, was auch zutrifft. Die signifikante Beziehung zwischen dem Zeitpunkt der Eisschmelze und dem globalen Vulkanismus deutet darauf hin, dass die Modulation der einfallenden Solarstrahlung durch stratosphärische Sulfataerosole das Auftauen der Eisschicht zu beeinflussen vermag. Vermutlich können hochalpine Seen, die weniger durch Trübung in der unteren Troposphäre beeinflusst werden als Tieflandseen, empfindlich auf klimarelevante Änderungen der stratosphärischen Sulfataerosolkonzentrationen reagieren. Hochalpine Seen könnten deshalb möglicherweise als wertvolle Indikatoren für dadurch verursachte Klimaänderungen dienen.

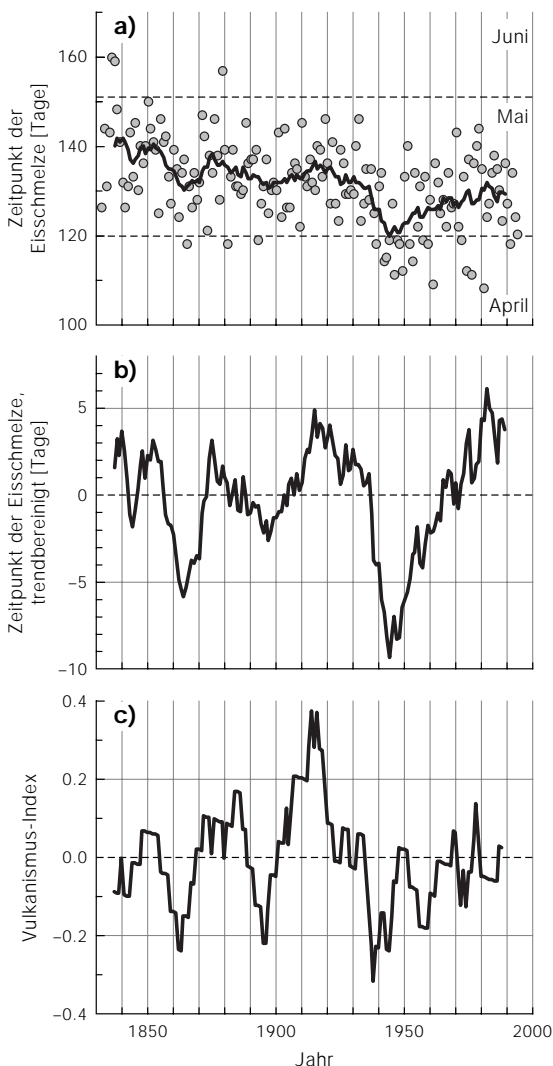


Abbildung: a) Zeitpunkt der Eisschmelze des St. Moritzer Sees seit 1832 (Punkte) mit elfjährigem laufendem Mittel (Linie).
 b) Zeitpunkt der Eisschmelze des St. Moritzer Sees (elfjähriges laufendes Mittel der trendbereinigten Daten).
 c) Index der klimarelevanten globalen vulkanischen Aktivität, elf-jähriges laufendes Mittel der trendbereinigten Daten (vgl. Text) [1].

Literatur

[1] Livingstone, D.M.: Break-up dates of alpine lakes as proxy data for local and regional mean surface air temperatures. *Climatic Change* 37, 407–439 (1997).

Produktionsvariationen von Umweltisotopen in der Atmosphäre

Jürg Beer, Jozef Masarik, Gerhard Wagner

Dank umfangreicher Simulationsrechnungen ist es jetzt möglich, die Produktionsraten der wichtigsten Radionuklide in der Atmosphäre als Funktion von Ort und Zeit zu bestimmen. Damit sind die Voraussetzungen geschaffen, um diese Radionuklide besser als Tracer von Transportprozessen in der Umwelt und als Datierungsinstrumente zur Altersbestimmung einzusetzen.

Die Bedeutung der kosmogenen Radionuklide ^{10}Be , ^{36}Cl und ^{14}C hat in den letzten Jahren dank grosser Fortschritte in der Analytik – der Entwicklung der Beschleuniger-Massen-Spektrometrie – stark zugenommen. Dies gilt vor allem für die Umweltwissenschaften, aber auch für andere Gebiete wie z.B. Archäologie und Medizin. Neben den bereits klassischen Anwendungen als Datierungsinstrumente und Tracer von Transportprozessen liefern sie auch einmalige Informationen über die Geschichte der Sonnenaktivität und des Erdmagnetfeldes.

All diese Anwendungen bedingen eine möglichst genaue Kenntnis der Quellfunktion, d.h. der Produktionsraten dieser Nuklide als Funktion von Ort und Zeit. Eines der Ziele unserer Arbeiten über kosmogene Radionuklide bestand deshalb darin, diese Produktionsraten mit den modernsten zur Verfügung stehenden Methoden zu bestimmen und frühere, mit zum Teil beträchtlichen Unsicherheiten behaftete Resultate zu überprüfen.

^{10}Be , ^{14}C und ^{36}Cl werden in der Atmosphäre durch die Wechselwirkung der kosmischen Strahlung mit Stickstoff, Sauerstoff und Argon erzeugt. Die primäre kosmische Strahlung, die zu 87% aus Protonen, zu 12% aus He-Kernen und zu 1% aus schwereren Kernen besteht, erzeugt bei dieser Wechselwirkung eine Kaskade von Sekundärteilchen, die mittels der Simulationsprogramme für über 300 Punkten innerhalb der Atmosphäre berechnet wurde. Die Rechnungen zeigen, dass mehr als 90% der kosmogenen Radionuklide durch Reaktionen von sekundären Neutronen erzeugt werden.

Die solare kosmische Strahlung, die zwar während Perioden erhöhter Sonnenaktivität sehr intensiv sein kann, trägt fast nichts zur Produktion bei, da die Energien der solaren Teilchen im Vergleich zur galaktischen kosmischen Strahlung relativ gering sind.

Neutronen- und Protonenflüsse nehmen generell vom oberen Rand der Atmosphäre bis auf Meereshöhe exponentiell ab. In niedrigen Breiten sind sie geringer, da

dort das Erdmagnetfeld stärker abschirmend wirkt als in hohen Breiten, wo die geladenen Primärteilchen entlang den Feldlinien in die Atmosphäre eindringen können.

Die Produktionsraten der einzelnen Radionuklide können aus den berechneten Teilchenflüssen und den entsprechenden Produktionsquerschnitten bestimmt werden. Neben Änderungen des Erdmagnetfeldes sind es vor allem Variationen der Sonnenaktivität, die über die magnetischen Eigenschaften des Sonnenwindes die primäre kosmische Strahlung modulieren. Der Effekt der Sonne auf die kosmische Strahlung wird durch einen Parameter Φ beschrieben, der zwischen 0 MeV (kein Effekt, völlig ruhige Sonne) und ca. 1000 MeV (sehr aktive Sonne) schwankt. Als Beispiel zeigt die Abbildung die Abhängigkeit der mittleren ^{10}Be -Produktionsrate von der Sonnenaktivität sowohl für verschiedene geomagnetische Breiten als auch für das globale Mittel. Diese Rechnungen beruhen auf einer Magnetfeldstärke, die dem heutigen Wert entspricht.

Paläomagnetische Daten zeigen jedoch, dass das Erdmagnetfeld (Dipolmoment) in der Vergangenheit zwischen 0 und dem doppelten heutigen Wert geschwankt hat. Auch die Auswirkungen dieser Feldänderungen auf die Produktionsraten wurden berechnet.

Damit ist es jetzt möglich, die Produktionsraten aller umweltrelevanten Radionuklide an jeder Stelle innerhalb der Atmosphäre für beliebige Werte der Sonnenaktivität und des Erdmagnetfeldes zu bestimmen.

Vergleiche der Modellrechnungen mit Messresultaten sehen sehr vielversprechend aus und ermutigen uns, die aus den Eisbohrkernen gewonnenen ^{10}Be - und ^{36}Cl -Zeitreihen zur Rekonstruktion der Sonnenaktivität und des Erdmagnetfeldes zu verwenden.

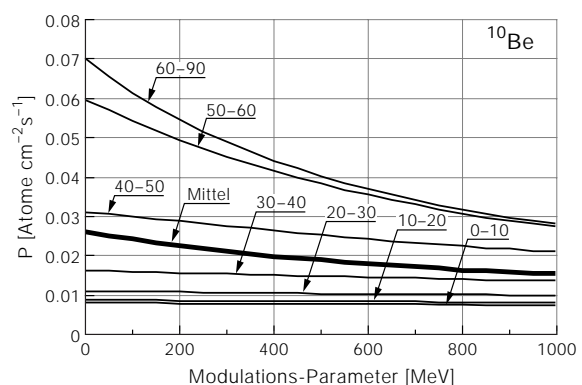


Abbildung: Mittlere ^{10}Be -Produktion in der Atmosphäre, für verschiedene geographische Breiten und global (dicke Linie), abhängig von der solaren Modulation Φ als Mass für die Sonnenaktivität.

Modellierung von typischen Mustern der Biodiversität

Martin Büssenschütt und Claudia Pahl-Wostl

Biodiversität wird häufig mit der Artenvielfalt im taxonomischen Sinne gleichgesetzt. Bei der Modellierung muss dieser Diversitätsbegriff in funktionelle Eigenschaften übersetzt werden. Simulationen mit einem grössenklassenbasierten Ökosystemmodell, in dem Biodiversität im Sinne von Vielfalt funktioneller Gruppen im ökologischen Netzwerk beschrieben wird, zeigen typische Muster der Biodiversität, wie sie auch in der Natur beobachtet werden. Die bemerkenswerte Übereinstimmung der Simulationsergebnisse mit ökologischen Erklärungsmodellen legt nahe, dass die Verteilung der knappen Ressourcen nicht anhand einer hierarchischen Ordnung geschieht, sondern Ausdruck der Selbstorganisation des Systems ist.

Bei der Modellierung von Ökosystemen ist es notwendig, die Vielfalt von Lebewesen in klar abgegrenzte Modellkompartimente zu unterteilen. Für diese Unterteilung taxonomische Arten zu verwenden, ist in einem abstrakten Modell, das auch sehr unterschiedliche Ökosysteme abbilden soll, nicht sinnvoll. Statt dessen werden die Organismen hier nach ihren funktionellen Eigenschaften unterschieden, nämlich einerseits ihrer eigenen Wachstumsdynamik, die im wesentlichen durch ihre Grösse gegeben ist, und andererseits ihrer trophischen Funktion, also ihrer Stellung im Nahrungsnetz. Die Biodiversität eines Ökosystems ist dann gegeben durch die Vielfalt dieser funktionellen Arten; sie wird genauer charakterisiert durch die Verteilung der Biomasse auf die Arten.

Um typische Muster dieser Verteilungskurven zu untersuchen, wurde ein Modell entwickelt, das die Nährstoffflüsse in einem beliebig vorgegebenen Nahrungsnetz

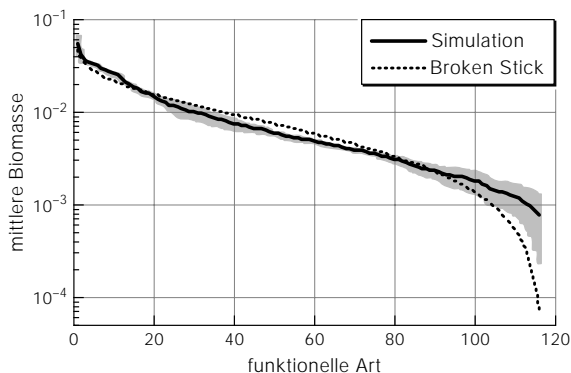


Abbildung 1: Vergleich der simulierten Biomasseverteilung auf die Arten (Mittelwert aus 50 Berechnungen, Fehlerbalken entspricht 1 Standardabweichung) mit der erwarteten Verteilung des «Broken Stick»-Modells.

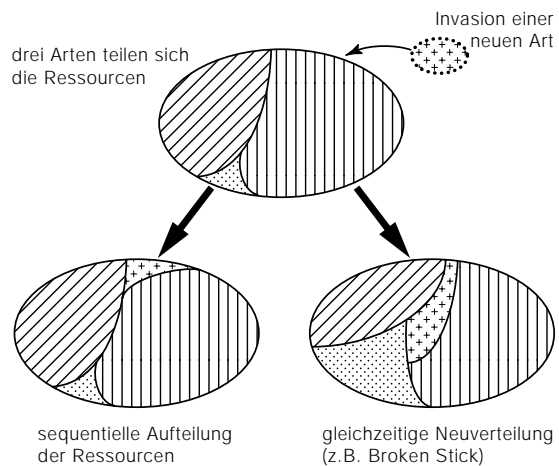


Abbildung 2: Schematische Darstellung der unterschiedlichen Ansätze zur Ressourcenverteilung. Eine neue Art dringt in das Ökosystem ein (oben) und belegt einen Teil der Nische einer bereits etablierten Art (unten links). Die Modellresultate unterstützen jedoch das «Broken Stick»-Modell, das von einer Neuverteilung der Ressource ausgeht (unten rechts).

simuliert. Als Anhaltspunkt für die Wahl der möglichen trophischen Beziehungen wurde die Struktur des Nahrungsnetzes in planktischen Systemen verwendet. In Modellsimulationen wurden in regelmässigen Abständen neue, zufällig definierte funktionelle Arten in das System eingebracht. Durch diese Invasionen verändert sich das Nahrungsnetz ständig und strebt schliesslich einem dynamischen Klimaxzustand zu. Es konnte beobachtet werden, dass sowohl die Anzahl der überlebenden Arten wie auch die Diversität vom Nährstoffangebot abhängt: Ökosysteme mit einer sehr knappen Nährstoffzufuhr zeigen die höchste Biodiversität; mit steigender Zufuhr dominieren immer weniger Arten das System. Dieser Effekt wird in der Natur häufig beobachtet, z.B. bei gedüngten Wiesen oder eutrophen Seen.

Darüber hinaus wurde für den Fall maximaler Diversität eine überraschend gute Übereinstimmung unserer Modellergebnisse mit einem Erklärungsmodell aus der angewandten Ökologie beobachtet (Abbildung 1). Dieses «Broken Stick»-Modell basiert auf einer Vielzahl von Beobachtungen realer Ökosysteme und erklärt die auffällige Ähnlichkeit der Diversitätskurven mit der zugrundeliegenden Aufteilung der knappen Ressourcen auf die Arten. Im Gegensatz zu anderen Modellen, die von einer sequentiellen Verteilung ausgehen, werden beim «Broken Stick»-Modell die Ressourcen gleichzeitig verteilt, also wie ein Stab, der beim Herunterfallen in verschiedenen grosse Teile zerbricht.

Die Übereinstimmung dieses Erklärungsmodells mit unseren Simulationsergebnissen legt nun den Schluss nahe, dass trotz der sequentiellen Form der Invasion

neuer Arten die knappen Ressourcen nicht anhand einer hierarchischen Ordnung verteilt werden. Die neu hinzugekommenen Arten müssen sich nicht mit dem zufriedengeben, was die bereits Etablierten ihnen übriglassen; vielmehr werden die Karten nach jeder Invasion neu verteilt (Abbildung 2). Diese Ergebnisse zeigen auch, dass die Nische einer Art keine statische Grösse ist, die von der Umwelt festgelegt wird. Das Ökosystem passt sich jeweils den neuen Gegebenheiten an und organisiert sich neu; dies ermöglicht die Koexistenz sehr vieler Arten auf der Basis einer einzigen Ressource.

Angesichts der aktuellen Diskussion über die Bedeutung von Biodiversität für Ökosystemfunktionen wäre es von grossem Interesse, wenn man aus Verteilungsmustern und deren Dynamik auf entsprechende Veränderungen in der funktionellen Diversität von Ökosystemen schliessen könnte. Um dies zu beurteilen, sind noch weitere empirische und theoretische Studien notwendig.

Literatur

Büssenschütt, M., Pahl-Wostl, C.: Temporal Self-organization in Generic Ecosystem Models. In: Schweitzer, F. (Ed.), Self-Organization of Complex Systems: From Individual to Collective Dynamics. London, Gordon and Breach. 307–318 (1997)

Pahl-Wostl, C.: The Dynamic Nature of Ecosystems – Chaos and Order Entwined. Chichester, John Wiley & Sons (1995)

Kleine Poren haben einen grossen Einfluss auf die Mobilität von Schadstoffen im Untergrund

Claudia Fesch, Werner Simon, Stefan Haderlein, Peter Reichert, René Schwarzenbach

Schadstoffe können mit der Zeit in schwer zugängliche feine Poren eines Bodens diffundieren und dort an Oberflächen sorbieren. Dadurch können sie sehr lange und in grossen Mengen im Boden verweilen und durch Remobilisierung nur langsam ins Grundwasser ausgewaschen werden. Laborexperimente in engem Zusammenspiel mit Modellrechnungen zeigen, wie entscheidend dieser Prozess die Mobilität von Schadstoffen im Untergrund beeinflussen kann.

Für die Beurteilung des Gefährdungspotentials kontaminierter Standorte ist unter anderem entscheidend, wie mobil einzelne Schadstoffe im Untergrund sind, weil davon abhängt, wie schnell solche Substanzen in Grundwasser, Flüsse oder Seen ausgewaschen werden können. Ein wichtiger Prozess, der die Mobilität, aber auch die Bioverfügbarkeit von Stoffen im Untergrund vermindert, ist ihre Anlagerung an natürliche Feststoffe, die sogenannte Sorption. Wie mobil einzelne Substanzen an einem bestimmten Standort sind, kann nur dann beurteilt

werden, wenn bekannt ist, an welche Feststoffe sie bevorzugt sorbieren und wie zugänglich diese Feststoffe für sorbierende Substanzen in der Bodenmatrix sind.

In einem engen Zusammenspiel von Laborexperimenten und Modellrechnungen konnten wir die Effekte von verschiedenen simultan ablaufenden Transport- und Sorptionsprozessen quantifizieren und somit auch ihren Einfluss auf die Mobilität von Schadstoffen. Als Modellverbindungen wurden nitroaromatische Substanzen (NAS) verwendet. NAS sind toxische, z.T. sogar karzinogene Stoffe, die als Pestizide in die Umwelt gelangen oder auch durch photochemische Prozesse in der Atmosphäre gebildet werden. Ausserdem wurden und werden sie als Explosivstoffe eingesetzt und eine Vielzahl militärisch genutzter Standorte wird gegenwärtig auf solche Kontaminationen untersucht. NAS sorbieren im natürlichen Untergrund sehr stark an Schichtsilikate (z.B. Tonminerale). Diese Sorption an Tonminerale ist um so stärker, je geringer die Konzentration der NAS im System ist (nichtlineares Verteilungsverhalten). Wie stark solche Substanzen im Untergrund zurückgehalten werden, hängt u.a. davon ab, wie zugänglich die Oberflächen der Tonminerale sind. In natürlichen Böden und Sedimenten liegen die sehr feinkörnigen Tone oft in Form von mikroporösen Verklumpungen (Aggregaten) vor. Da das Wasser in den feinen Poren tonhaltiger Aggregate stagniert, können gelöste Substanzen nur durch molekuli-

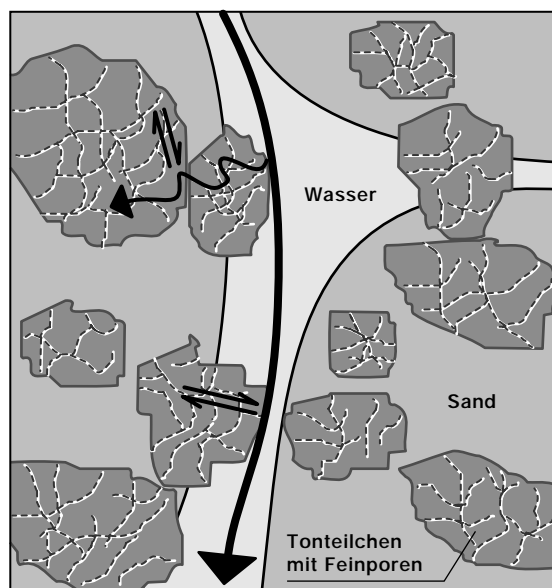


Abbildung: Schematische Darstellung des Transportes von gelösten, adsorbierbaren Stoffen in einer Modellbodenmatrix aus Sand und Tonteilchen. Die bestimmenden Transportprozesse sind advektiver Fluss mit der Wasserströmung (dicker Pfeil) sowie molekulare Diffusion in die Feinporen der Tonaggregate (dünner Pfeil). Zudem findet Sorption an Oberflächen der Tonteilchen statt (Doppelpfeile).

lare Diffusion zu den Sorptionsstellen im Inneren der Teilchen gelangen.

Die Auswirkung dieser Diffusion auf die Mobilität von NAS im Untergrund wurde in Laborsäulen untersucht, die aggregierte Tonteilchen und Sand enthielten. Die Experimente wurden mit dem an der EAWAG entwickelten Simulations- und Datenauswertungsprogramm AQUASIM ausgewertet, das um ein Kompartiment zur Beschreibung des Stofftransports in porösen Medien erweitert wurde. Die Ergebnisse zeigen, dass diffuser Austausch mit feinporigen Bodenaggregaten eine bedeutende Rolle spielen kann für das Transportverhalten von stark sorbierenden Substanzen, selbst wenn der Anteil solcher feiner Poren an der Gesamtporosität des Mediums sehr gering ist. Voraussetzung ist, dass sich in diesen Aggregaten ein entscheidender Anteil der sorbierenden Oberflächen befindet. Der diffusive Austausch mit mikroporösen Aggregaten wird begünstigt durch langsame Fliessgeschwindigkeiten des Grundwassers, denn dann steht genügend Zeit zur Verfügung, tief in die Teilchen hinein zu diffundieren und dort zu sorbieren.

Die vorübergehende Festlegung von Schadstoffen durch Sorption in Feinporen kann das Auswaschverhalten von Schadstoffen somit entscheidend beeinflussen. An vielen kontaminierten Standorten hatten Schadstoffe jahrzehntelang Zeit, in Bereiche des Untergrundes zu diffundieren, die nicht direkt vom Wasserfluss erreicht wurden. Im Falle von stark sorbierenden Stoffen kann ein erheblicher Anteil der vorhandenen Schadstoffmenge auf diese Weise «festgelegt» sein. Die Sanierung solcher Standorte durch Abpumpen von kontaminiertem Boden- oder Grundwasser kann sich aufgrund der langsamen Rückdiffusion aus solchen Feinporen daher ebenfalls über viele Jahre erstrecken.

Weshalb sind Oberflächen für Bakterien anziehend?

Stefano Simoni, Barbara Jucker, Anke Schäfer, Hauke Harms, Alexander J.B. Zehnder

Schwer vorstellbar, wie in jauchegedüngten Äckern versickerndes Regenwasser zu Trinkwasser werden kann! Und doch sprudelt in vielen Haushalten aus der Tiefe gepumptes Grundwasser aus dem Wasserhahn. Ungetrübter Genuss ist nur dank der natürlichen Filterwirkung des Untergrundes möglich, denn Bakterien und Schadstoffe bleiben während der Reise des Grundwassers an Tonpartikeln, Sandkörnern sowie Kieselsteinen haften. Mit Labor-Experimenten versuchen wir zu verstehen,

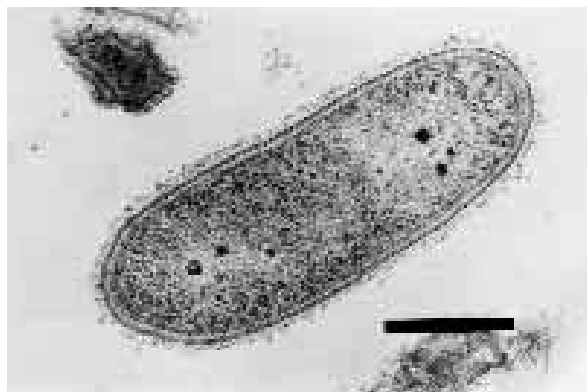


Abbildung: Elektronenmikroskopisches Bild einer einzelnen Bakterienzelle des Stammes *Pseudomonas* sp. B13. Mit diesen Bakterien wurde ein Teil der Säulenexperimente durchgeführt. Ganz aussen auf dem Bakterium, auf der als dünne, dunkle Linie sichtbaren äusseren Zellmembran, ist die unregelmässige Schicht der Lipopolysaccharide zu erkennen. Diese langen Zuckerketten sind für die Haftung von Bakterien an Oberflächen von grosser Bedeutung. Länge des Balkens 0.5 Mikrometer. (Foto: Ernst Wehrli, Labor für Elektronenmikroskopie der ETH Zürich)

weshalb Bakterien so gut an diesen Oberflächen klebenbleiben.

Kaum merklich wächst der Wassertropfen am Ende des feinen Schläuchleins. Schliesslich reisst er ab und fällt in ein Reagenzglas. Der Wassertropfen enthält, für unser Auge unsichtbar, Tausende von Bakterien. Das Schläuchlein ist an das untere Ende einer sandgefüllten Glassäule angeschlossen, die langsam von einer Bakteriensuspension durchströmt wird. Mit dieser Apparatur bilden wir einen sandigen Grundwasserleiter im Labor nach. Vorteil gegenüber Messungen im Feld: Die Bakterienkonzentration in den Glasröhrchen lässt sich bequem verfolgen und die Säule kann sehr gleichmässig mit Sand gefüllt werden. Zudem können wir auf diese Weise einfach die gewünschte chemische Zusammensetzung des «künstlichen Grundwassers» einstellen und die Strömungsgeschwindigkeit über eine Pumpe variieren. Beide haben nämlich einen bedeutenden Einfluss darauf, wie viele der in die Säule gepumpten Bakterien vom Sand zurückgehalten werden.

So konnten wir mit derartigen Experimenten nachweisen, dass die Filterwirkung der Sandsäule durch einen hohen Kalkgehalt im Wasser verbessert wird. Die im Kalk enthaltenen, positiv geladenen Kalzium- und Magnesiumionen lagern sich an der Oberfläche der Bakterien an. So verringern sie die Abstossung zwischen den Bakterien und den Sandkörnern, die beide negativ geladen sind, und erleichtern deren Annäherung. Wir vermuten, dass die Ionen von langen Zuckerketten auf den Bakterienzellen, den Lipopolysacchariden, eingefangen werden.

Feinen Haaren ähnlich ragen die Lipopolysaccharide in die die Bakterien umgebende Flüssigkeit (Abbildung).

Die Lipopolysaccharide scheinen für die Haftung der Bakterien an Oberflächen sehr wichtig zu sein: Offenbar wirken sie wie kleine Anker und halten die Bakterien trotz des strömenden Wassers auf den Sandkörnern am Ort. Messungen im Infrarot-Photospektrometer haben die chemische Natur dieser Ankerwirkung enthüllt: Die Lipopolysaccharide und die Mineraloberflächen werden über Wasserstoffbrücken miteinander verbunden.

Diese Befunde sind Schlaglichter auf ein ganzes Knäuel von Faktoren, das die Haftung von Bakterien an Oberflächen beeinflusst. Weil letztere bestimmt, wie weit Bakterien im Untergrund transportiert werden, erlauben unsere Resultate, Möglichkeiten und Grenzen der Filterwirkung des Untergrundes besser zu verstehen. So liefern sie beispielsweise nützliche Grundlagen, um die Gefährdung unserer Trinkwasserversorgung durch Bakterien zu beurteilen.

Umwelt und Gesellschaft

Internationale Zusammenarbeit zur Verbesserung der Siedlungshygiene in Entwicklungsländern

Roland Schertenleib

Von den 4.5 Milliarden Menschen in Entwicklungsländern leben mehr als 2.5 Milliarden ohne sanitäre Einrichtungen zur hygienischen Entsorgung ihrer Fäkalien. Diese Zahl wird in den nächsten Jahren noch weiter zunehmen, falls es nicht gelingt, neue Ansätze und Strategien zur Verbesserung der Siedlungshygiene zu entwickeln und auf breiter Ebene anzuwenden.

Die Folge sind unzählige Krankheits- und Todesfälle. So sterben jährlich mehr als 10 Millionen Menschen an Cholera, Typhus, Ruhr und anderen Durchfallerkrankungen, welche primär übertragen werden infolge mangelnder bzw. ungenügender sanitärer Einrichtungen. Dies entspricht mehr als 27 000 Todesfällen pro Tag! Ein grosser Teil der überlebenden Bevölkerung leidet zudem an Parasitenkrankheiten, welche ebenfalls in direktem Zusammenhang stehen mit der ungenügenden Fäkalienentsorgung (Siedlungshygiene). Dadurch wird nicht nur die allgemeine Lebensqualität, sondern auch die wirtschaftliche Produktivität und Erwerbsfähigkeit breiter Bevölkerungsschichten stark eingeschränkt.

Es hat sich in den letzten Jahren und Jahrzehnten erwiesen, dass die flächendeckende Anwendung der konventionellen Schwemmkanalisation mit anschliessender zentraler Abwasserreinigung für die meisten Gebiete in Entwicklungsländern keine nachhaltige Lösung darstellt sowohl in wirtschaftlicher als auch in ökologischer und sozialer Hinsicht. Wegen der sehr beschränkten finanziellen Ressourcen werden die Systeme nur für einen relativ kleinen Teil des städtischen Gebietes gebaut und/oder der Bau von Anlagen zur Reinigung des gesammelten Abwassers wird für viele Jahre zurückgestellt. Folglich profitiert in der Praxis einerseits nur ein kleiner Teil der städtischen Bevölkerung von konventionellen Kanalisationssystemen, und das Abwasser fliesst zudem meist völlig ungereinigt in den Vorfluter. Dadurch gehen der Land- und Teichwirtschaft nicht nur viele wertvolle Nährstoffe verloren, sondern diese verursachen im Gegenteil ökologische Schäden in Oberflächengewässern, und Wasserversorgungsquellen werden hygienisch gefährdet.

Für die Entwicklung und breite (globale) Anwendung alternativer Konzepte und Strategien ist die internationale Zusammenarbeit und Koordination zwischen Entwicklungsorganisationen (multi- und bilaterale Hilfsorganisationen, Entwicklungsbanken, Nichtregierungsorganisa-

tionen etc.), Forschungsinstitutionen und den verantwortlichen Regierungsstellen in Entwicklungsländern von grösster Bedeutung. Zu diesem Zweck wurde zu Beginn der neunziger Jahre der «Water Supply and Sanitation Collaborative Council» (WSSCC) gegründet. Die Abteilung «Siedlungshygiene in Entwicklungsländern» (SANDEC) der EAWAG ist Mitglied des WSSCC und hat im vergangenen Jahr u.a. an der Entwicklung und Veröffentlichung eines «Sanitation Promotion Kit» mitgewirkt.

Während es im Bereich der Wasserversorgung bereits vor einigen Jahren gelungen ist, einen breiten Konsens zu erarbeiten in bezug auf wichtige Grundprinzipien, welche bei der Planung und Durchführung von Projekten zu berücksichtigen sind, erweist sich im Bereich der Siedlungshygiene (Fäkalien- und Abwasserentsorgung) die Konsensfindung als bedeutend schwieriger. Innerhalb einer Arbeitsgruppe des WSSCC konnte im Laufe der letzten zwei Jahre immerhin ein Konsens in folgenden Punkten erarbeitet werden:

- Das Entsorgungskonzept einer Stadt soll nicht auf einer Einheitstechnologie (z.B. Schwemmkanalisation) basieren, sondern auf einer Mischung von verschiedenen Technologien, welche den unterschiedlichen ökonomischen Möglichkeiten der Bewohner in den verschiedenen Stadtteilen angepasst sind (strategic sanitation approach).
- Die beschränkten finanziellen Ressourcen der Städte sollen zur Verbesserung der Siedlungshygiene aller Bevölkerungsschichten bis zu einem Minimalstandard verwendet werden. (Gleichheitsprinzip: Keine Subventionierung teurer Kanalisationssysteme reicher Bevölkerungsschichten auf Kosten der armen Bevölkerung ohne einfachste sanitäre Einrichtungen).
- Der Bau und Betrieb von Entsorgungssystemen soll primär der Erhaltung bzw. Verbesserung der Gesundheit aller Bevölkerungsschichten dienen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nichttechnische Massnahmen (Verbesserung des Hygieneverhaltens) oft einen besseren Kosten/Nutzen-Effekt aufweisen.
- Bei der Wahl des Entsorgungssystems muss das Risiko der hygienischen und ökologischen Gefährdung der Wasserressourcen gesamtheitlich und realistisch beurteilt werden, vor allem in Anbetracht der Tatsache, dass kostenaufwendige Gesamtsysteme meist nur unvollständig realisiert werden.

Sowohl im Rahmen des WSSCC wie auch durch eigene Forschungsprojekte beteiligt sich die Abteilung SANDEC an der Entwicklung und Evaluation von alternativen Entsorgungskonzepten, welche obige Kriterien erfüllen.

EAWAG-Forschungsschwerpunkt «Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung – am Beispiel Gewässer und anthropogene Sedimente»: ein Fazit

Walter Wagner

«Mit der nachhaltigen Entwicklung ist eine Problematik höchster Komplexität, eine Grundfrage der Zivilisation, angesprochen. Sie mit handhabbaren Inhalten zu füllen, stellt heute für Gesellschaft und Wissenschaft eine zentrale Herausforderung dar. Die EAWAG möchte mit ihrem Forschungsschwerpunkt FoSP dazu einen Beitrag leisten.» Mit diesen Worten wurde 1993 der Forschungsschwerpunkt der EAWAG angekündigt. Nach vier Jahren intensiver Forschungstätigkeit im Untersuchungsgebiet, dem Einzugsgebiet der Töss, ist es Zeit, ein Fazit zu ziehen. Der FoSP hat interessante, praxisrelevante Resultate hervorgebracht, aber auch das Forschungsverständnis der EAWAG wesentlich verändert.

Thematisch haben sich im Entwicklungsprozess des FoSP drei Schwerpunkte ergeben, die intensiv bearbeitet wurden, namentlich die Auswirkungen alter Hausmülldeponien auf die Grundwasserqualität, die Problematik der Versickerung von Dach- und Strassenabwässern und die Rolle der regionalen Gewässersysteme als Lebensraum.

Am Beispiel der Deponie Riet bei Winterthur wurde ein Konzept für eine Detailuntersuchung von Altdeponien entwickelt und erprobt. Dieses Konzept umfasst verschiedene Methoden zur Standorterkundung sowie diverse chemische Analysen und erlaubt eine zuverlässige Beurteilung des Gefährdungspotentials einer Altdeponie. Es zeigte sich, dass für eine Detailuntersuchung rund 1–2 Jahre und mehrere hunderttausend Franken investiert werden müssen. Die Anwendung des Untersuchungskonzeptes am konkreten Beispiel Riet hat ergeben, dass solche Hausmülldeponien, die vor etwa 1950 angelegt wurden, die Qualität des Grundwassers kaum gefährden, da die organischen Anteile des Abfalls weitgehend abgebaut sind und damals im Abfall noch wenige schlecht abbaubare, umweltgefährdende Stoffe enthalten waren (s. auch Beitrag Amirbahman et al. S. 29).

Untersuchungen zur Meteorwasserversickerung haben gezeigt, dass die vermehrte Versickerung von Dach- und Strassenabwässern wesentlich zur Grundwasseranreicherung beitragen und so einer Übernutzung des Grundwassers entgegenwirken kann. Die Versickerung von Dach- und Strassenabwässern kann aber auch, so haben Messungen an einer heute üblichen Versickerungsmulde ergeben, zu einer Schadstoffbelastung des Grundwassers führen. Somit kann die Versickerung



Abbildung: Wasser als lebenswichtige Ressource und als zentrales Element des regionalen Naturhaushaltes steht im Zentrum des EAWAG-Forschungsschwerpunktes. (Foto: Walter Wagner)

solcher Abwässer erst wirklich als nachhaltig gelten, wenn diese durch Massnahmen an der Quelle weitgehend frei von Schwermetallen und anderen Schadstoffen sein werden. Bis dieses Ziel erreicht ist, sind Versickerungsanlagen so zu gestalten und zu betreiben, dass im Abwasser enthaltene Schadstoffe möglichst vollständig zurückgehalten werden. Zu diesem Zweck werden an der EAWAG zur Zeit verschiedene Adsorbentmaterialien geprüft.

Die Oberflächengewässer der Region, insbesondere die Töss selbst, weisen grosse ökologische Defizite auf, im wesentlichen infolge der Längs- und Querverbauungen. Die natürliche Biodiversität ist stark vermindert, wie am Beispiel der Fische gezeigt werden kann. Durch Revitalisierungsmassnahmen könnte die Situation verbessert werden, doch ergeben sich dadurch oft Interessenskonflikte mit anderen Nutzungen, im Linsental beispielsweise mit der Wasserversorgung der Stadt Winterthur (s. auch den folgenden Beitrag). Die EAWAG hat mit ihren Untersuchungen dazu beigetragen, in diesem Spannungsfeld gemeinsame Lösungen zu finden, welche ökologische Verbesserungen bringen und die verschiedenen anderen Nutzungsinteressen gebührend berücksichtigen. Erste Revitalisierungsmassnahmen an der Töss werden demnächst in Angriff genommen.

Methodisch bildete der Praxis- und Problembezug der Untersuchungen eine neue Herausforderung für die Forschenden und ihre Forschung. Nur durch intensive Forschungsk Kooperationen über die traditionellen Disziplinengrenzen hinweg und eine partnerschaftliche Zusammenarbeit mit Behörden und anderen regionalen Akteuren war es möglich, taugliche Lösungsansätze für die regionalen Nachhaltigkeitsdefizite der Wassernutzung zu erarbeiten. Diese Erfahrung, als Forschende/r lediglich einen Teilbeitrag zur Lösung einer konkreten Problemstellung liefern zu können, führte zu einem neuen und erweiterten Verständnis der wissenschaftlichen Tätigkeit. Die eigene Arbeit wurde im Kontext der gesellschaftlichen Auseinandersetzung wahrgenommen und dadurch relativiert, bekam aber andererseits durch die konkrete Anwendung auch mehr Relevanz. Die WissenschaftlerInnen wurden nicht nur in ihrer fachlichen Kompetenz, sondern ebenso in ihrer Persönlichkeit intensiv gefordert.

Der FoSP hat wesentlich dazu beigetragen, die Forschung an der EAWAG verstärkt auf die Lösung praktischer Probleme zu fokussieren. Nachhaltige Ressourcennutzung als Leitidee für die Ausrichtung der Forschung ist durch den FoSP sowie durch zahlreiche Diskussionen am Rande des FoSP an der EAWAG zu einem zentralen Thema geworden. Zudem ist es gelungen, Forschungsarbeiten durchzuführen, die sich gleichzeitig durch Praxisbezug und hohe Wissenschaftlichkeit auszeichnen und die ihren Niederschlag in konkreten Aktivitäten in der Region und in zahlreichen wissenschaftlichen Publikationen finden.

Dem Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich, der Stadt Winterthur und der Schweizerischen Rückversicherungsgesellschaft danken wir für ihre finanzielle Unterstützung des Projektes.

Laienwissen unter der Lupe – zur Renaturierung der Töss im Linsental

Andrea Rüede, Alexandra Garaventa, Gregor Dürrenberger

Das Linsental (ein ca. 5 km langer Flussabschnitt der Töss kurz oberhalb von Winterthur) wird manchmal etwas spöttisch «das meistuntersuchte Tal der Schweiz» genannt. Während in naturwissenschaftlich-technischer Hinsicht sehr viele Daten und Informationen vorliegen, wird die Beziehung zwischen Mensch und Linsental kaum explizit thematisiert. Möglichkeiten zur Entschärfung dieses Defizites wurden in einem Projekt im Rahmen des Forschungsschwerpunktes der EAWAG entwickelt. Im Zentrum stand dabei das Bemühen, die «innere»

Natur im Hinblick auf Renaturierungsbestrebungen in der «äusseren» Natur zur Sprache zu bringen.

Am Fallbeispiel «Renaturierung Linsental» – offiziell als ein Konflikt zwischen der Sicherstellung von Trinkwasser und der Erhöhung der Biodiversität diskutiert – wurde der Versuch unternommen, neben natur- und ingenieurwissenschaftlichen Argumenten zu Wasserbau, Trinkwasserversorgung und Naturschutz auch Erfahrungen, Erlebnisse und Äusserungen von engagierten, ortskundigen Laien («Erfahrungswissen») als eigenständige «Wissensquelle» zu verstehen und in den politischen Problemlösungsprozess einzubringen.

In einem sich über zwei Jahre erstreckenden Prozess setzten sich 16 bezüglich Alter, Berufsgruppe und Dauer der Beziehung zum Linsental unterschiedliche Laienpersonen mit dem Linsental auseinander (7 Frauen, 9 Männer). Die Eindrücke ihrer monatlichen Besuche im Tal dokumentierten sie systematisch (schriftlich oder zeichnerisch). Dazu ein Beispiel (Frau Z., 43jährig): *«Bald komme ich an einen Seitenbach, welcher ein Stück hinter der Einmündung sehr lauschig wird. Habe spontan Lust, im Bach hochzugehen, empfinde dann aber Hemmungen. Fühle mich als Eindringling in die Intimität, die*



Petra Ammann, Winterthur

Privatsphäre dieses Baches, der ein vielfältiges Eigenleben zu haben scheint.»

Neben dieser individuellen Arbeit über zwei Jahre hinweg erhielten die Mitwirkenden in sieben Abendveranstaltungen von verschiedener Seite (Amt für Gewässerschutz und Wasserbau Zürich, Städtische Wasserwerke Winterthur, Fachstelle Naturschutz Winterthur, Forstmeister und Naturschutzkommission Winterthur) Fachinformationen oder erarbeiteten gemeinsam u.a. Zukunftsszenarien für das Linsental.

Trotz unserer aktiven Unterstützung der Laien im Ausdruck und insbesondere in der Kommunikation der persönlichen, inneren Erlebnisse und Erfahrungen im Linsental zeigte die Auswertung, dass, sobald es in den Diskussionen um politische Empfehlungen ging, nur ein verschwindend kleiner Anteil an «Erfahrungswissen» eingebracht wird. Gemäss den Aussagen der daraufhin befragten Laien waren v.a. die folgenden Gründe dafür ausschlaggebend:

- Die Angst, durch die Verwendung von irrationalen, gefühlsmässigen, nichtwiederholbaren Aussagen in Entscheidungskommissionen nicht ernst genommen zu werden und sich damit sogar lächerlich zu machen.
- Die Überzeugung, dass die «pure» persönliche Beschreibung nicht die geeignete Form für das Einbringen des «Erfahrungswissens» in Entscheidungskommissionen war und eine intersubjektiv verständliche Form dieses Wissens in nützlicher Frist nicht herausgearbeitet werden konnte.
- Schwierigkeiten, z.B. gefühlsmässige Aussagen in ihrem Wert gegenüber ExpertInnenaussagen einzuschätzen.

Hinweise auf entscheidende Verbesserungsmöglichkeiten für die Verwendung von «Erfahrungswissen» in Diskussionsgruppen mit Laien über komplexe Probleme wurden durch den Beizug der Typenlehre von C.G. Jung deutlich. Die grundsätzliche Offenheit der Jungschen Typenlehre z.B. auch gegenüber introvertierten oder gefühlsmässigen Aussagen ermöglichte es bei der Analyse einerseits, solche Aussagen nicht – wie üblich – zugunsten extravertierter Fakten unter den Tisch zu wischen. Andererseits wurden ebenfalls ausgehend von der Jungschen Typenlehre verschiedene Konfliktbeschreibungen erarbeitet – auch solche, die uns unverständlich oder fremd sind. Dieses Vorgehen erlaubte es, neben der offiziellen und der wissenschaftlichen Konfliktdarstellung weitere, v.a. für Laien relevante Konfliktwahrnehmungen sichtbar zu machen. Die Ergebnisse legen nahe, dass durch die Erarbeitung unterschiedlicher Problembeschreibungen



André Weiss, Winterthur

und Inputs, die verschiedenen psychologischen Idealtypen gerecht werden, sowie der diesbezüglichen Sensibilisierung der Moderationsperson die Qualität von «Erfahrungswissen» und das Einbringen desselben in politische Empfehlungen erheblich verbessert werden können.

Auf politisch-praktischer Ebene wurde die Stellungnahme der Laien zur geplanten Renaturierung der Töss im Linsental in der zuständigen Fachkommission eingebracht und an der Pressekonferenz des Kantons und der Stadt Winterthur vertreten.

Ökostrom – erste Gehversuche eines Querprojektes

Bernhard Truffer, Jürg Bloesch, Christine Bratrach, Bernhard Wehrli

«Querprojekte» stellen umsetzungsorientierte und zukunftsweisende Forschungsprojekte an der EAWAG dar. Unter dem Namen «Ökostrom» wurde im vergangenen Jahr ein solches Querprojekt entwickelt. Es möchte zu einer ökologischen Aufwertung der Wasserkraftnutzung im Alpenraum beitragen. Ein Leitungsteam und eine Projektgruppe haben auf Ende Jahr einen umfassenden Projektantrag mit 14 natur- und 5 sozialwissenschaftlichen Einzelanträgen ausgearbeitet.

«Ökostrom» steht für Strom, der aus umweltverträglichen Produktionsanlagen stammt. Umweltbewusste KundInnen, Betriebe oder ganze Verteilwerke können sich durch ihr Konsumverhalten für eine umweltgerechte Stromproduktion einsetzen. In den letzten zwei, drei Jahren wurden in den USA und in Europa Erfahrungen mit Ökostrom gesammelt. In der Schweiz kennt man vor allem Solarstrombörsen. So hat zum Beispiel das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich bis Ende 1997 an etwa 4500 KundInnen eine Gesamtmenge von 500 000 kWh Solarstrom geliefert.

Der Erfolg von Ökostromprodukten hat aber auch Probleme aufgezeigt. Bis heute haben sich keine anerkannten Standards etabliert, unter welchen Umständen Strom als «ökologisch verträglich» gelten kann. Die Wasserkraft erweist sich dabei als besonders problematisch. Zwar zeichnet sie sich durch eine vorteilhafte CO₂-Bilanz aus, doch werden die betroffenen Fliessgewässer durch den Kraftwerksbetrieb massiv beeinflusst.

Vor diesem Hintergrund hat sich die EAWAG zum Ziel gesetzt, die wissenschaftlichen Grundlagen für ein ökologisches Bewertungsverfahren der Wasserkraftnutzung zu erarbeiten. Diese Bewertung umfasst erstens eine Erhebung des ökologischen Zustandes des betroffenen Einzugsgebietes. In einem zweiten Schritt sollen die Ursachen für allfällige ökologische Defizite erforscht werden. Aus diesen beiden Elementen soll bestimmt werden, ob ein Kraftwerk zum Verkauf von Ökostrom berechtigt werden kann oder nicht. In letzterem Fall können Massnahmen vorgeschlagen werden, die ein Kraftwerk berechtigen, Ökostrom zu produzieren. Eine solche Bewertung kann nicht als simple Ja/Nein-Entscheidung von Experten vorgenommen werden. Da die Nutzung der Wasserkraft die unterschiedlichsten Interessen berührt, müssen die betroffenen Interessengruppen in einen konstruktiven Dialog eingebunden werden.

Da das Bewertungsverfahren mit vielen Unsicherheiten behaftet ist und die ökologischen Probleme je nach Einzugsgebiet sehr unterschiedlich ausfallen, wird das Ökostromprojekt in zwei Etappen durchgeführt: Zunächst wird im Tessiner Bleniootal (Kraftwerk Luzzzone) ein Verfahren konkret erprobt. In einer zweiten Phase sollen die Erkenntnisse auf weitere Fragestellungen und Gebiete ausgedehnt werden. Ziel ist es, in etwa fünf Jahren ein allgemeines Bewertungsverfahren zu entwickeln, welches potentiell in ganz Europa angewendet werden kann und welches bereits in ersten konkreten Fällen realisiert sein wird.

Naturwissenschaftliche Forschungsprojekte liefern die Grundlagen für ein glaubwürdiges und effizientes Bewertungsverfahren. Dabei wollen wir Schwachstellen in

den bisherigen Bewertungsverfahren identifizieren und Vorschläge für neue Bewertungskriterien erarbeiten. Die einzelnen Projekte umfassen Untersuchungen über Vegetation, Benthos, Fische, Chemie und Sedimente sowie über die Rolle von Methan und Biofilmen als Bioindikatoren. Abfluss-, Geschiebe- und Habitatsmodelle sollen Prognosen zur ökologischen Auswirkung einzelner Eingriffe und Massnahmen ermöglichen.

Sozialwissenschaftliche Forschungsprojekte unterstützen das Bewertungsverfahren, indem sie ein partizipatives Vorgehen entwickeln und dieses wissenschaftlich begleiten. Darüber hinaus soll abgeschätzt werden, welche Wirkung die Einführung eines Ökolabels für Strom auf die Verbesserung der Umweltsituation haben kann. Dazu gehören Untersuchungen zum Marktpotential von Ökostrom, aber auch Fragen nach potentiellen Promotoren einer solchen Strategie.

Der Erfolg eines Ökolabels für Strom wird sich nicht nur an den Schreibtischen und in den Freiluftlabors der Forscher entscheiden. Besonders wichtig ist die Koordinierung der Forschungsarbeiten mit den Aktivitäten anderer Akteure (Behörden, Umweltverbände, Wirtschaft usw.), die an einer konkreten Umsetzung von Ökostrom interessiert sind. Aus diesem Grunde haben wir die Projektidee von Beginn an in engem Kontakt mit Wirtschaft, Umweltorganisationen und Behörden entwickelt. Dieser Kontakt soll im Verlaufe des Projektes ausgebaut und vertieft werden.

Anfang 1998 wird entschieden, in welcher Form und in welchem Umfang die EAWAG das Projekt realisieren will. Wie auch immer der Entscheid ausfallen wird, die Ausarbeitung einer solch umfassenden und zukunftsgerichteten Fragestellung hat den beteiligten Forschenden viele neue Erfahrungen ermöglicht. Die enge Verknüpfung zwischen praktischen Bewertungsverfahren und wissenschaftlichen Forschungsprojekten kann nicht nur eine erhöhte Praxisrelevanz der Forschung bringen, sondern sie kann auch zu neuen Fragestellungen für die Forschung führen.

Verbesserung umweltökonomischer Modelle für die Politikberatung

Irene Peters, Aleksandr Rudkevich (Tellus Institute, Boston), Carlo C. Jaeger

Ökonomen haben seit Jahrzehnten Computermodelle in der wissenschaftlichen Politikberatung eingesetzt. Ein spezieller Modelltyp, das Berechenbare Allgemeine Gleichgewichtsmodell (BAG), hat in den letzten Jahren

weite Verbreitung gefunden und spielt nun eine zentrale Rolle bei der Analyse von politischen Massnahmen. Gegenstand unseres Projektes ist es, diesen Modelltyp um die Darstellung einiger Phänomene zu erweitern, die für eine wirtschaftliche Umorientierung, wie das Postulat der Nachhaltigkeit sie gebietet, von entscheidender Bedeutung sind.

BAG-Modelle weisen gegenüber ihren Vorläufern manche Vorteile auf: So wird die gesamte Wirtschaft als ein Netz von Sektoren oder Märkten abgebildet, die miteinander in Wechselwirkung stehen. Im Unterschied zu der weit verbreiteten Input-Output-Analyse, die ebenfalls diese Interdependenz darstellt, erfassen BAG-Modelle zusätzlich die Reaktionen auf Preisänderungen in den einzelnen Märkten. (Steigende Preise bewirken einen Rückgang der Nachfrage und eine Ausweitung des Angebots eines gehandelten Gutes oder Produktionsinputs; sinkende Preise bewirken das Gegenteil.) Ein entscheidender Nachteil von BAG-Modellen ist, dass sie positiven Rückkopplungsmechanismen wenig Rechnung tragen. Gerade solche Mechanismen aber sind das Herzstück von Innovation und technischem Fortschritt. Ein Beispiel eines solchen positiven Rückkopplungsmechanismus ist das «Learning by doing», das darin besteht, dass die Produktion und der Gebrauch neuer Technologien billiger wird, je mehr Erfahrungen mit ihnen gesammelt werden.

In einem Projekt, an dem gegenwärtig in der Abteilung Humanökologie gearbeitet wird, versuchen wir, Schwächen von BAG-Modellen auszuloten und konkrete Verbesserungsmöglichkeiten zu testen. Wir untersuchen die Rolle kritischer Annahmen in BAG-Modellen anhand eines kleinen «heuristischen» Modells. Kritische Annahmen betreffen unter anderem

- a) die Darstellung des technischen Fortschritts, insbesondere die Entwicklung der Energieeffizienz in einzelnen Sektoren,
- b) die Darstellung der öffentlichen Hand, insbesondere die Bedeutung von öffentlichen Ausgaben (z.B. Infrastrukturinvestitionen) für private Hersteller, und
- c) die Rolle von Umweltressourcen in der Produktion von Gütern und Dienstleistungen.

Es soll der Einfluss dieser Modellannahmen auf politisch wichtige Ergebnisse aufgezeigt werden (im Sinne einer Sensitivitätsanalyse). Wir werden die wirtschaftlichen Auswirkungen einiger umweltpolitischer Massnahmen erst mit einer Standardversion unseres Modells simulieren, dann mit einer Version, die alternative (hoffentlich befriedigendere) Formulierungen einiger kritischer Annahmen sowie einige unkonventionelle Bausteine enthält wie zum Beispiel den oben genannten positiven Rückkopplungsmechanismus des Learning by doing.

Das heuristische Modell (sozusagen ein «Modell eines Modells») ist mit ca. 20 wirtschaftlichen Branchen recht aggregiert und orientiert sich insofern an der Realität, als es auf einem detaillierten Datensatz einer bestehenden Volkswirtschaft fusst (augenblicklich der USA, später, so das Ziel, der Schweiz). In den ersten Monaten des Projekts haben wir ein Portfolio von «Steckbriefen» existierender energie-ökonomischer CGE-Modelle erstellt, einen Entwurf für die Struktur unseres Modells angefertigt und einen Grossteil der Daten zusammengetragen. Die Grundlage bildet dabei eine sogenannte «Social Accounting Matrix» (zu deutsch, eine Tabelle der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung). Dabei handelt es sich um eine Input-Output-Tabelle, die um «Institutionen» wie die öffentliche Hand und verschiedene Haushaltstypen erweitert ist. Input-Output-Tabellen sind hinreichend aus der Analyse von Stoffflüssen und Ökosystemen bekannt. In ökonomischen Modellen stellt die Input-Output-Tabelle monetär bewertete Ströme dar. Die Social Accounting Matrix nun ist eine Input-Output-Tabelle, die nicht nur Ströme zwischen produzierenden Branchen, sondern auch zwischen Institutionen erfasst, also Steuern, Subventionen und Investitionen.

Mindestens Teil a), die Darstellung des sektoral differenzierten technischen Fortschritts in Hinblick auf Energieeffizienz, wird in Zusammenarbeit mit dem Tellus Institute for Resource and Environmental Strategies in Boston, USA, durchgeführt. Tellus ist eines der führenden Forschungsinstitute auf dem Gebiet Energie und Umwelt in den USA. Es verfügt über ein ingenieurwissenschaftlich-ökonomisches Hybridmodell der industriellen Energienachfrage.

In der ersten Runde dieses Projektes liegt der Fokus auf der Ressource Energie. Er lässt sich auch auf die Ressource Wasser lenken. Die Modellierung von Energieeffizienz und energierelevantem technischem Fortschritt wirft konzeptionell die gleichen Fragestellungen auf wie die Darstellung der Effizienz der Wassernutzung. Allerdings wird die Gewinnung von Daten zur Kostenstruktur und zur Effizienz von Wassertechnologien uns vor Aufgaben stellen, die wir in Zusammenarbeit mit anderen Abteilungen, insbesondere den Ingenieurwissenschaften, anzugehen hoffen.

Wir erwarten, dass verbesserte Annahmen, genauere Berücksichtigung von Prognosen über steigende Energieeffizienz und der Einbau von positiven Rückkopplungsmechanismen zu einer positiveren Beurteilung mancher umweltpolitischer Massnahmen führen werden, als es bei herkömmlichen Modellen der Fall ist. Unser Modell könnte grundsätzlich direkt in die Politikberatung einfließen, oder es könnte indirekt auf diese einwirken, indem es bewusstseinsbildend für die Beteiligten wirkt.

Ansprechpartner für unsere Arbeit sind erst einmal die «scientific community», aber darüber hinaus alle, die sich für diese Thematik interessieren, also auch Verbände und Parteien, die ihre eigene wirtschaftliche Aufklärungsarbeit leisten.

Zusammenarbeit mit der Technischen Universität in Prag: Bilanz nach drei Jahren

Vladimir Krejci und Hannes Wasmer

Langjährige Präferenz des Unterrichtes vor der Forschung und mangelnde internationale Konkurrenz prägt die Arbeits- und Denkweise vieler Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der Technischen Universität in Prag (TUP) noch heute. Die ökonomische Lage in der Tschechischen Republik stellt zusätzliche Hindernisse für die Hochschulforschung dar. Der Aufbau des hochqualifizierten akademischen Nachwuchses ist ernsthaft bedroht. Die Unterstützung der wissenschaftlichen Arbeit an der TUP durch Forschungshochschulen aus dem Ausland ist deswegen wichtig. Die Erfahrungen der EAWAG zeigen, dass die Zusammenarbeit nicht problemlos, jedoch möglich ist, und dass sie auch zunehmend anerkannt wird.

Motivation und Zielsetzung: Das Hauptziel der Zusammenarbeit ist der Aufbau und die Konsolidierung einer Arbeitsgruppe an der TUP, die im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft (SWW) moderne Hochschulaufgaben wahrnehmen kann und die sowohl national als auch international anerkannt wird. Diese Zusammenarbeit wurde motiviert durch das gemeinsame Interesse an konzeptuellen Fragen der SWW (Nachhaltigkeit), durch den grossen finanziellen Bedarf für Investitionen zur Erneuerung der Wasser- und Abwasseranlagen in beiden Ländern und die Bereitschaft des ETH-Rates, die Zusammenarbeit zu unterstützen.

Situation an der TUP: Das akademische Personal der TUP ist fast ausschliesslich in der Lehre engagiert. Daneben werden gelegentliche Beratungen und kleinere Forschungsprojekte durchgeführt. Für systematische wissenschaftliche Arbeiten fehlen Zeit, finanzielle Mittel und eine zeitgemässe Infrastruktur. Lehre ohne Forschung: Der wichtigste Grund dafür liegt in der Trennung von Lehre (Hochschulen) und Forschung (Forschungsanstalten und Akademie der Wissenschaften), die vom ehemaligen politischen Regime vor mehr als 40 Jahren eingeführt wurde und die heute noch immer praktiziert wird.

Zusammenarbeit EAWAG-TUP; Ergebnisse: Aus den oben genannten Gründen sollte die Zusammenarbeit

mit der EAWAG den TUP-Mitarbeitern v.a. Gelegenheit zu vermehrten wissenschaftlichen Kontakten bieten. Unterricht und Beratung sollen vermehrt auf eigenen Forschungsergebnissen aufbauen. In den Forschungsaktivitäten ging es darum, die «integralen» und «interdisziplinären» Aspekte der SWW hervorzuheben. Inhaltlich lag der Schwerpunkt in der Untersuchung und Bearbeitung von zukünftigen Strategien der Siedlungsentwässerung.

Der Versuch zur Bildung einer Gruppe «Siedlungshydrologie» im Institut für Siedlungswasserwirtschaft der TUP hat vielversprechend begonnen. Für dieses Thema haben sich mehrere Assistenten interessiert. Sie haben auch Studierende motiviert, was vermehrt zu Diplomarbeiten und zur Anstellung von Doktoranden führte. Gleichzeitig wurden internationale Kontakte gesucht. Allmählich hat sich eine Gruppe etabliert, die zwar keinen offiziellen Status hatte, die jedoch als Team funktionierte, sich als Team präsentierte und zunehmend auch so verstanden wurde. Leider ist es nicht gelungen, die jungen Mitarbeiter und die etablierten Institutsmitglieder in ein Team zu integrieren oder diese mindestens für die Unterstützung zu gewinnen. Ein zunehmend gespanntes Arbeitsklima und attraktive Anstellungsangebote der Privatwirtschaft haben Kündigungen von mehreren jungen Mitarbeitern bewirkt. Die restlichen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen dieser Gruppe wurden im Jahre 1996 in einen anderen Bereich der TUP versetzt, wo sie weiterhin von der EAWAG finanziell und fachlich unterstützt wurden.

Was institutionsintern (noch) nicht möglich schien, sollte mit externer Hilfe (unter anderem Forderungen der Privatwirtschaft nach Fachleuten) doch realisiert werden. Anfang 1997 wurde der TUP-Leitung ein Vorschlag für die Bildung eines «Laboratory of ecological risks of urban drainage» unterbreitet. Dieser Vorschlag basiert auf einem Programm des tschechischen Ministeriums für Schulwesen, das gezielt junge Akademiker und ihre wissenschaftlichen Aktivitäten an den Hochschulen unterstützt. Der erwähnte Vorschlag beruft sich explizit auf die Zusammenarbeit EAWAG–TUP und strebt praktisch die gleichen Ziele an. Dieser Vorschlag wurde vom wissenschaftlichen Rat der TUP dem Ministerium zur Realisierung empfohlen, im Sommer 1997 gutgeheißen und im November 1997 wurde diese Gruppe an der TUP (zunächst für die nächsten 3 Jahre) auch offiziell institutionalisiert.

Erfahrungen und Erkenntnisse

- Die gründliche Vorbereitung (Vorprojekt/Machbarkeitsstudie) der Zusammenarbeit hat sich gelohnt. Es hat sich auch gezeigt, dass gute Kenntnisse der lokalen Verhältnisse und eine dauerhafte Präsenz vor Ort fast unerlässlich sind.

- Es ist wichtig, dass Schlüsselpersonen der Partner-Institution die EAWAG gut kennen. Die Struktur der EAWAG und ihr Aufgabenbereich ist für PartnerInnen aus den mittel- und osteuropäischen Ländern ungewöhnlich, und deswegen haben sie Schwierigkeiten, die EAWAG richtig einzuschätzen.
- Die Bearbeitung eines konkreten Projektes bringt sehr schnell die notwendige Information über das Potential des Partner-Institutes und der einzelnen MitarbeiterInnen. So kann man schnell erkennen, wo und wie die Kräfte und die Mittel mit vertretbarem Kosten-Nutzen-Verhältnis eingesetzt werden können.
- Die Kompetenz über den Einsatz der EAWAG-Mittel darf nicht delegiert werden. Der Partner ist jedoch in die Entscheidung mit einzubeziehen; er muss seine Rolle bei der Qualitätskontrolle wahrnehmen.
- Zunehmende Privatisierung führt zum steigenden Interesse der neuen Firmen am Niveau der Ausbildung und an Fachkenntnissen der Hochschulmitarbeiter. Privatfirmen, die jüngeren Fachleuten gute Saläre und attraktive Berufsperspektiven anbieten, reagieren zunehmend auf die Defizite in der Ausbildung.
- Diese Firmen suchen gut ausgebildete Mitarbeiter auf dem «Inland-Markt» und «saugen» dabei u.a. auch die besten Leute aus dem Hochschulbereich ab. Auch deswegen ist heute der hochqualifizierte akademische Nachwuchs (potentielle Professoren) in der SWW an der TUP fast inexistent.

In der Bilanz der Zusammenarbeit nach 3 Jahren überwiegen Erfolge, insbesondere die Gründung eines neuen Institutes an der TUP, dessen Hauptaufgabe die Unterstützung des wissenschaftlichen Nachwuchses ist.

Zu weiteren Erfolgen gehört der Transfer der Forschungsergebnisse in die tschechische Praxis, z.B. bei der Bearbeitung des Generellen Entwässerungsplanes für die Stadt Prag.

Die Zusammenarbeit zwischen der EAWAG und der TUP hat einen bedeutenden Einfluss für die weitere Entwicklung der Siedlungswasserwirtschaft in der Tschechischen Republik. Der positive Einfluss des Projektes ist nicht nur in der Hochschule, sondern auch ausserhalb deutlich zu spüren. Dies haben auch namhafte Vertreter der Politik, der Wirtschaft und der Wissenschaft ausserhalb der Hochschule bestätigt.

Die Zusammenarbeit wird fortgesetzt. Dabei geht es v.a. um die Konsolidierung des neuen Institutes. Es sollen v.a. die wissenschaftlichen Projekte des Institutes inklu-

sive der Bearbeitung der Dissertationen fachlich von der EAWAG unterstützt werden. Weiter wird die EAWAG bei der Vorbereitung des Nachdiplomstudiums an der TUP mitwirken und die Stadt Prag bei der Generellen Entwässerungsplanung beraten.

Das Bergsteigen und die Energie

Florian Hug und Peter Baccini

Bilder vom Bergsteigen zeigen Menschen zu Fuss auf einem Grat, in Kletterstellung an einer Felswand oder auf einem Gipfel stehend. An technischer Ausrüstung ist relativ wenig zu sehen. Bergsteiger betreiben ihren Sport mit der eigenen Körperenergie. Sie sind, so scheint es auf den ersten Blick, ökologische Musterknaben und -mädchen. Eine Energie- und Stoffflussanalyse zeigt, dass die Wahl des Transportmittels darüber entscheidet, ob Alpinisten ihren Sport ökologisch betreiben.

Wo beginnt eigentlich das Bergsteigen? Zu dieser Frage gibt es eine erste schnelle Antwort: bei der Hütte. Der Schweizerische Alpenclub (SAC) ist bestrebt, seinen Hüttenbetrieb nach ökologischen Kriterien zu gestalten. Eine Bergtour ist meistens mit einer Übernachtung verbunden. Rund 150 SAC-Hütten und Biwaks bieten rund 10 000 Schlafplätze. Im Rahmen einer Diplomarbeit der Studienrichtung Umweltingenieur wurde der Betrieb einer sehr gut besuchten SAC-Hütte untersucht (Chamanna da Tschierva auf 2600 m ü. M. im Oberengadin, am Fusse der Berninagruppe; geöffnet von Mitte März bis Mitte Oktober; rund 4000 Übernachtungen im Jahre 1996). Die dabei verwendete Methode ist die Stoffflussanalyse.

Der Hüttenbetrieb benötigt pro Person (gerundete Zahlen) 20 l Wasser, 1 kg Nahrungsmittel und 2 kg Energieträger

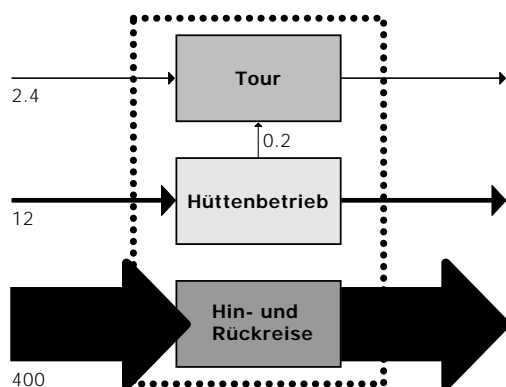


Abbildung: Energiefluss in der Aktivität Bergsteigen in kWh pro Person (eine Hütten-Übernachtung pro Tour).

(Holz und fossile Brenn- und Treibstoffe), was einer Energiemenge von 12 kWh entspricht. Der Verbrauch an Wasser liegt fünf- bis zehnmal, jener an Energie dreimal tiefer als der durchschnittliche Aufwand für eine komfortablere Hotelübernachtung. Auch der Anteil an erneuerbarer Energie (Holz und «Solarstrom») ist mit rund 50% sehr hoch. Der Warentransport mit Helikopter (Hüttenversorgung und -entsorgung) schlägt mit einem Energieanteil von 12% nicht gewichtig zu Buche. Mit anderen Worten: Im Vergleich zur «normalen Hotellerie» im Alpentourismus ist die untersuchte SAC-Hütte wesentlich ressourceneffizienter.

Lässt man das Bergsteigen vor der Haustür der Alpinisten beginnen, so ergibt sich für den gleichen Sport ein ganz anderes Bild (Abbildung). Hin- und Rückreise werden zum dominanten Ressourcenverbrauch (97% der benötigten Gesamtenergie). Das grösste Potential für ein ressourceneffizienteres Bergsteigen liegt also in der Wahl des Verkehrsmittels. Heute reisen 40% mit der Bahn, 60% mit dem Privatauto zum Ausgangsort ihrer Bergtour. Die zweite Variante ist rund fünfmal energieaufwendiger. Aus lokaler Sicht ist es zwar vertretbar, den Hüttenbetrieb noch ressourceneffizienter und umweltverträglicher zu gestalten. Aus der Sicht der gesamten Aktivität verhält sich nur jener Bergsteiger wirklich ökologisch, der mit der Bahn zum Ort seiner Passion fährt.

Literatur:

Hug, F.: Stoff- und Energieflussanalyse für die Chamanna da Tschierva SAC, Diplomarbeit ETH Zürich, Abt. VIII, Lehrstuhl für Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik, 1997.

Der persönliche CO₂-Rechner

Christoph Schlumpf, Claudia Pahl-Wostl, Jeannette Behringer, Gregor Dürrenberger

Der persönliche CO₂-Rechner ist ein Computerprogramm, das es dem Benutzer auf einfache Weise erlaubt, den Einfluss verschiedener Aspekte seines Lebensstils auf seine persönlichen CO₂-Bilanz abzuschätzen. Die bisherigen Erfahrungen beim Einsatz des CO₂-Rechners in Diskussionsgruppen zeigen, dass der Rechner den Anwendern hilft, das abstrakte Thema des Klimawandels mit dem persönlichen Alltagsleben in Verbindung zu bringen.

Globale Klimaveränderungen sind eine der grössten Gefahren der globalen Umweltveränderung. Es werden grosse Anstrengungen seitens der Politik und der Wissenschaften unternommen, das Problem des Klimawandels mit geeigneten Massnahmen in den Griff zu bekommen. Um den Nutzen wissenschaftlicher For-

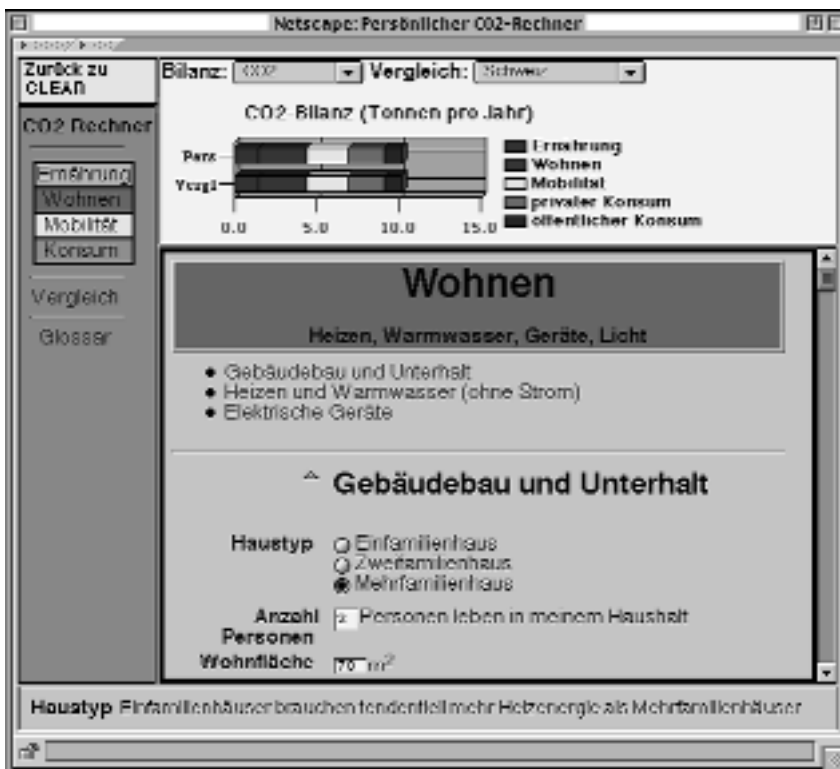


Abbildung: Die Benutzeroberfläche besteht aus fünf Feldern. Im Navigationsbalken links kann der zu bearbeitende Bereich des Lebensstils ausgewählt werden. Im oberen Feld wird die momentane CO₂-Bilanz als Diagramm angezeigt. Im zentralen Hauptfeld können die Optionen für den persönlichen Lebensstil des aktuellen Bereiches ausgewählt werden. Das Feld am unteren Bildschirmrand zeigt die kontextsensitiven Informationen.

schung zu erhöhen, beschäftigt sich die Wissenschaft vermehrt mit dem Zusammenführen und Aufbereiten von relevanten Informationen für den politischen Entscheidungsprozess. Diese interdisziplinäre, problem- und entscheidungsorientierte Form der Forschung wird «Integrated Assessment» genannt.

Während sich die meisten Integrated-Assessment-Bemühungen zum Klimawandel an politische Entscheidungsträger im globalen Rahmen richten, werden viele klimarelevante Entscheidungen real von Millionen einzelner Menschen und Organisationen getroffen. Dies sollte beim Versuch, den Klimawandel umfassend zu beurteilen, berücksichtigt werden. Deshalb arbeiten wir momentan an der Entwicklung einer partizipativen Methode des Integrated Assessment. Ein wichtiges Element unseres Ansatzes ist die Verbindung von Diskussionsgruppen mit formalen Methoden. Dazu werden benutzerfreundliche interaktive Computermodelle entwickelt. Im Moment wird diese Methode im Rahmen des Schweizer Forschungsprojekts CLEAR (CLimate and Environment in Alpine Regions) getestet.

In kleinen Gruppen (Fokusgruppen) diskutieren BürgerInnen über den Klimawandel und Handlungsoptionen für die Schweiz. Sie erhalten schriftliche Unterlagen sowie Computermodelle, um sich über verschiedene Aspekte des Klimawandels zu informieren. Die BürgerInnen geben dann aufgrund dieser Informationen, der Gruppendiskus-

sion und ihrer persönlichen Einschätzung eine politische Handlungsempfehlung ab.

Bis jetzt wurden in den Fokusgruppen zwei kleine Computermodelle eingesetzt. Eines veranschaulicht den globalen Kohlenstoffkreislauf und seinen Einfluss auf das zukünftige Klima, und das andere ist der hier vorgestellte persönliche CO₂-Rechner. Zwei weitere Modelle sind in Entwicklung. Der persönliche CO₂-Rechner soll das Phänomen der anthropogenen CO₂-Emissionen, die eine wichtige Ursache des Klimawandels sind, für Laien fassbar machen. FokusgruppenteilnehmerInnen können damit einfach und schnell ihre persönliche CO₂-Bilanz berechnen, diese mit anderen Bilanzen vergleichen und den Effekt von Verhaltensänderungen abschätzen. Der Rechner basiert auf dem Fragebogen «Persönliche Energie- und CO₂-Bilanz» von Greenpeace [1]. Die Bilanz beruht dabei auf einem globalen Ansatz, der alle Emissionen im In- oder Ausland mitberücksichtigt, die bei der Herstellung eines Konsumgutes oder einer Dienstleistung entstehen.

Der Rechner berechnet die persönliche CO₂-Bilanz basierend auf den CO₂-produzierenden Aktivitäten im persönlichen Lebensstil. Der persönliche Lebensstil kann in vier Bereichen festgelegt werden:

- Ernährung (Quantität, Ernährungsart, CO₂-Intensität)
- Wohnen (Gebäudebau, Wohnungsgrösse, Heizung, Mobiliar)

- Mobilität (Autos, öffentlicher Verkehr, Flugreisen)
- Zusätzlicher privater (Güter) und öffentlicher (Infrastruktur) Konsum

Jeder Bereich enthält einige Kategorien, aus denen der Benutzer eine seinem Lebensstil entsprechende Auswahl treffen kann. Aufgrund der gewählten Optionen werden die jährlichen CO₂-Emissionen berechnet, die durch diesen Lebensstil entstehen.

Die Abbildung zeigt dies am Beispiel des Bereichs Wohnen. Sobald eine Option gewählt wird, zeigt der Rechner die veränderte CO₂-Bilanz in einem Diagramm an. Somit kann jederzeit der Effekt eines bestimmten Aspekts des Lebensstils auf die persönliche Bilanz abgeschätzt werden. Die Bilanz kann mit derjenigen eines durchschnittlichen Schweizer Bürgers, eines Menschen in einer anderen Weltregion oder des Weltdurchschnitts verglichen werden. Anstelle einer CO₂-Bilanz kann auch eine Energiebilanz angezeigt werden. Erweiterungen auf weitere Ressourcen (z.B. Wasser) und Möglichkeiten zur Bewertung der Bilanzen sind in Vorbereitung. Der Rechner enthält zusätzlich Hintergrundinformationen über den Klimawandel, Lebensstile und CO₂-Emissionen. Ein kontextsensitives Hilfesystem und ein Navigationssystem unterstützen den Benutzer beim Arbeiten mit dem Rechner.

Die ersten Erfahrungen mit dem Rechner waren vielversprechend. Der Rechner unterstützte die Laien beim Verknüpfen des abstrakten Phänomens der globalen CO₂-Emissionen mit ihren persönlichen Lebensumständen. Neben der Information über die persönliche CO₂-Bilanz förderte der Rechner durch die Vergleichsmöglichkeiten mit anderen Bilanzen viele interessante Diskussionen und Einsichten. Sehr begrüsst wurde die Bedienungsfreundlichkeit des Rechners und die kurze Einarbeitungszeit.

Die Software ist entweder als EXCEL-Arbeitsmappe erhältlich oder über Internet als HTML-Dokument online abrufbar (Auskunft bei Chr. Schlumpf).

Literatur

- [1] *Biedermann, A.*: Persönliche Energie- und CO₂-Bilanz. Aktion Klimaschutz, Greenpeace Schweiz und Verkehrs-Club der Schweiz (VCS), Zürich 1992

Organigramm

Direktion



Alexander J.B.
Zehnder
Direktor



Hans
Wasmer
**Stellvertr.
Direktor**



Ueli
Bundi
Vizedirektor

Forschungsbereiche



Bernhard
Wehrli*
Biogeochemie



Stephan
Müller*
Chemie



Rudolf
Müller
**Fischerei-
wissenschaften**



Carlo C.
Jaeger
Humanökologie



James V.
Ward
**Hydrobiologie/
Limnologie**



Hansruedi
Siegrist*
**Ingenieur-
wissenschaften**

Stab



Theresa
Büsser
Public Relations



Herbert
Güttinger
Weiterbildung



Rik
Eggen*
Mikrobiologie



Roland
Schertenleib
**Siedlungshygiene in
Entwicklungsländern**



Peter
Baccini
**Stoffhaushalt und
Entsorgungstechnik**



Claudia
Pahl-Wostl*
Umweltphysik

IGW



René
Schwarzenbach
**Institut für
Gewässerschutz und
Wassertechnologie**

Fachbereiche



Lucien
Nick
Technischer Dienst



Elisabeth
Stüssi
Bibliothek



Ulrich Martin
Joss
**Finanz-, Einkaufs-
und Kaufmännische
Dienste**



Peter
Reichert*
**Informatik und
Systemanalyse**



Max
Reutlinger
Lehrlingswesen



Verena
Cajochen
Personaldienst

* alternierende Leitung (Stand Januar 1998)



Rudolf
Müller
**Fischerei-
wissenschaften**



Carlo C.
Jaeger
Humanökologie



James V.
Ward
**Hydrobiologie/
Limnologie**



Hansruedi
Siegrist*
**Ingenieur-
wissenschaften**



Peter
Baccini
**Stoffhaushalt und
Entsorgungstechnik**



Claudia
Pahl-Wostl*
Umwelphysik

* alternierende Leitung (Stand Januar 1998)



Ulrich Martin
Joss
**Finanz-, Einkaufs-
und Kaufmännische
Dienste**



Peter
Reichert*
**Informatik und
Systemanalyse**



Max
Reutlinger
Lehrlingswesen



Verena
Cajochen
Personaldienst

Beratende Kommission 1997



Dr. Ernst Basler
E. Basler und Partner AG, Zollikon (Präsident)



Dr. Claude Martin
Directeur Général, WWF – World Wide Fund for Nature, Gland (ab Nov. 1997)



Dr. André Bachmann
Direktor BMG Engineering AG, Schlieren



Ursula Mauch
INFRAS AG, Forschung, Wirtschafts- und Umweltberatung, Zürich



Dr. Mathias Hohl
Vizedirektor
EMS-Dottikon AG, Dottikon



Prof. Yves Maystre
Directeur Institut de génie de l'environnement,
EPFL, Ecublens



Dipl. Ing. Bernhard Jost
Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich, Zürich



Dr. Philippe Roch
Direktor, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL, Bern

Interner Umweltschutz

Herbert Güttinger, Joan Davis, Ueli Joss,
Thomas Lichtensteiger, Mark Gessner, Lucien Nick,
Claudia Pahl, Wolfram Schumacher

Im Jahre 1997 hat der interne Umweltschutz sehr erfreuliche Fortschritte erzielt. Die langersehnte Seewasserwärmepumpe in Kastanienbaum ist installiert und seit November in Betrieb, Entsorgungsboxen für die getrennte «Abfall»-Sammlung stehen in den Korridoren, die EAWAG ist der Interessengemeinschaft ökologische Beschaffung IGÖB beigetreten und die EAWAG-Konferenz hat eine Lenkungsabgabe auf Flugreisen verabschiedet. Schliesslich hat der ETH-Rat die EAWAG für die Planungsperiode 2000–2003 in die Pflicht genommen und sie beauftragt, eine Vorzeiginstitution für ökologisch nachhaltige Betriebsführung zu werden.

Das bedeutendste umweltrelevante Ereignis der EAWAG war 1997 die Installation einer Seewasserwärmepumpe im Forschungszentrum für Limnologie in Kastanienbaum. Die Wärmepumpe war zwar schon 1975 in den Plänen für den Laborneubau enthalten, wurde aber zugunsten einer (billigeren) reinen Ölheizung nicht realisiert, obwohl schon damals genügend Seewasser – für die Fischeiche und die WC-Spülung – aus dem See gepumpt wurde und auch für einen Wärmeentzug verfügbar gewesen wäre. 1994 ist als Ersatz für die alte Ölheizung die Wärmepumpe wiederum in die Planung einbezogen und – wiederum aus Kostengründen – gestrichen worden. Der Bau einer neuen Ölheizung konnte aber in letzter Minute durch einen von der Direktion verfügbaren Projektierungs- und Baustopp verhindert werden. Seit November 1997

ist nun die «Wasser-Wasser-Wärmepumpe bivalent-teilparallel» in Betrieb. Sie ist so ausgelegt, dass ca. 50% des Jahresenergiebedarfs von 315 MWh dem Seewasser entzogen werden (Abkühlung von 5 °C auf 2 °C). Die erwarteten Jahresenergieflüsse sind in der Abbildung dargestellt.

Zur getrennten Sammlung von Papier und Karton, Betriebskehricht, Klarsichtmappen und Folien, Glas, Styropor, Aluminium, Eisen, Buntmetallen und Batterien hat der technische Dienst Mitte Jahr in allen Stockwerken Container aufgestellt. Sie erleichtern den MitarbeiterInnen die sachgerechte Entsorgung ihrer «Abfälle». Erste Beobachtungen zeigen vor allem bei den Altbatterien eine rege Benutzung der neuen Möglichkeiten (ca. 105 kg in einem halben Jahr). Insgesamt sind an der EAWAG übrigens etwa 70 Tonnen «Abfälle» entsorgt worden (Tabelle). Ebenfalls neu eingeführt wurde im Sommer eine elektronische Börse (EAWAG-Cyberboard), welche auf der www-Homepage zur Koordination von Transporten, zum Suchen und Anbieten von Geräten und für private Zwecke allen MitarbeiterInnen zur Verfügung steht. Um schon beim Einkauf Umweltaspekte besser berücksichtigen zu können, ist die EAWAG der IGÖB (Inter-

Betriebskehricht	40 000 kg
Altglas	5 600 kg
Altpapier	16 600 kg
Batterien	200 kg
Aluminium	300 kg
Eisenmetalle	1 300 kg
Styropor	100 kg

Tabelle: Geschätzte Menge der jährlich an der EAWAG entsorgten Materialien [1].

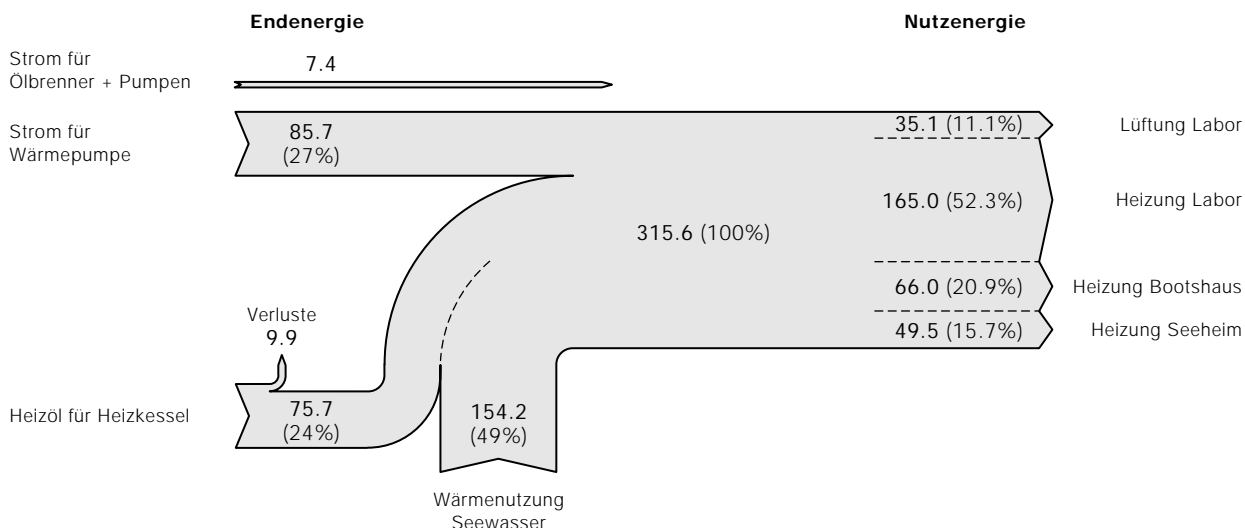


Abbildung: EAWAG-Forschungszentrum für Limnologie in Kastanienbaum. Energieflussdiagramm bei Wärmepumpenbetrieb in MWh/Jahr.

essengemeinschaft Ökologische Beschaffung) beigetreten. Dieser Verein bezweckt die Förderung der ökologischen öffentlichen Beschaffung durch Information, Harmonisierung, Kooperation und Koordination.

Zusätzlich zu der seit einigen Jahre wirksamen internen Belastung der mit Geschäftsautos gefahrenen Kilometer ist im vergangenen Sommer ein Bonus-Malus-System auf Flugreisen eingeführt worden. Flugreisen an Destinationen, welche mit der Bahn in weniger als 7 Stunden oder mit Euro-Night bzw. City-Night-Line erreichbar sind, werden den Abteilungen mit einem *Malus* von 25% der Flugpreise belastet. Die so erwirtschafteten Erträge werden quartalsweise denjenigen Abteilungen als *Bonus* gutgeschrieben, die an entsprechende Destinationen mit der Bahn reisen. Mit diesem marktwirtschaftlichen Instrument soll die Zahl der Europaflüge vermindert werden.

Der ETH-Rat hat die EAWAG beauftragt, in der Planungsperiode 2000–2003 eine Vorbildfunktion bezüglich betrieblicher Nachhaltigkeit einzunehmen. Diesen Auftrag verstehen wir sowohl als Unterstützung unserer Anliegen als auch als Herausforderung. Er ist uns eine starke Motivation.

Literatur

- [1] Freuler, N.: Das Stoffhaushaltssystem EAWAG. Stoff- und Energiebuchhaltung eines Forschungsbetriebes. Status quo und Perspektiven. Diplomarbeit ETH Zürich 1996.

Chancengleichheit im Betrieb

Barbara Känel und Beate Escher, Frauenförderungskommission

Ein steigender Anteil von Frauen in der Belegschaft, eine Kinderkrippe und die erleichterte Möglichkeit von Arbeitszeitreduktion – seit 1993 sind die Arbeitsbedingungen an der EAWAG für Frauen attraktiver geworden. Trotzdem zeigt sich bei genauem Hinsehen, dass bis zur wirklichen Chancengleichheit von Frau und Mann an der EAWAG noch einiges zu tun bleibt.

Zahlenmässig sind die Frauen an der EAWAG gut vertreten. Der Frauenanteil ist seit 1993 von 32% auf 40% geklettert. Der Anstieg ist überproportional beim technischen Personal (von 37% auf 51%) und leicht steigend bei den Wissenschaftlerinnen (von 23% auf 29%). Der administrative Bereich wird nach wie vor von Frauen dominiert (von 83% auf 89%). Trotz Erhöhung des Frauenanteils sind noch immer weniger Frauen als Männer in verantwortungsvollen Positionen zu finden. Während 40% der Männer Führungsaufgaben wahrnehmen, tun dies nur 23% der Frauen.



Foto: Theresa Blusser, EAWAG

Die Erhöhung des Frauenanteils ist u.a. auf die Realisierung verschiedener Massnahmen zurückzuführen. 1993 wurde die Frauenförderungskommission gegründet, welche einerseits die Funktion einer Drehscheibe hat und Informationen zu frauenspezifischen Themen, Veranstaltungen und Weiterbildungsmöglichkeiten vermittelt. Andererseits ermöglicht sie auch, die Anliegen der angestellten Frauen zu bündeln und an geeigneter Stelle Einfluss zu nehmen. So konnte beispielsweise die Situation doktorierender Eltern verbessert werden (z.B. das Informationsblatt für doktorierende Eltern an der EAWAG). Die von der Kommission erarbeiteten «Empfehlungen bei Neuanstellungen – Chancengleichheit von Mann und Frau an der EAWAG» geben Anleitung zur Formulierung von Stellenausschreibungen, die auch für Frauen attraktiv sind. Dazu gehören beispielsweise Hinweise auf die Möglichkeit zur Teilzeitarbeit sowie das Bestehen einer Kinderkrippe. Zudem helfen sie bei der gezielten Suche nach geeigneten Kandidatinnen und zeigen auf, wie im Auswahlprozess eine Benachteiligung von Frauen vermieden werden kann. Schliesslich wurde 1994 auf Eigeninitiative von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der EAWAG und der EMPA eine Kinderkrippe eröffnet, welche Kinder ab zwei Monaten bis zum Kindergartenalter aufnimmt.

Um zu eruieren, wie zufrieden die EAWAG-Angestellten mit ihrer Arbeitssituation sind und wie sie die Gleichstellungsbestrebungen an der EAWAG wahrnehmen, wurde im Herbst 1997 eine Fragebogenaktion unter allen Angestellten durchgeführt. 101 Männer und 62 Frauen haben geantwortet, was je 48% der gesamten Belegschaft entspricht.

Die Mehrheit der Befragten bewertet die Arbeitssituation an der EAWAG als positiv. Trotzdem werden Veränderungen in verschiedenen Bereichen gewünscht. So möchten beispielsweise 13% der befragten Frauen und 17% der Männer den Beschäftigungsgrad um 10–50% reduzieren. Gründe dafür sind die bessere Vereinbarkeit von Beruf und Familie, der Wunsch nach Weiterbildung oder nach mehr Freizeit. Wie bereits an der regen Teilnahme ersichtlich, hatte die Frauenförderungskommission mit ihrer 1997 durchgeführten halbtägigen Veranstaltung «Zeit für Arbeitsteilung» eine gute Nase – nicht nur für die Wünsche der Frauen.

Die Gleichstellungsbestrebungen der EAWAG werden von 40% der befragten Frauen und von 45% der Männer als positiv erlebt. Eine Minderheit empfindet sie als negativ (15% der Frauen, 6% der Männer), und erstaunlich viele Mitarbeitende geben keine Meinung ab. Trotz aller Gleichstellungsbestrebungen glauben aber nur 59% der Männer und 38% der Frauen, dass beide Geschlechter an der EAWAG gleiche Chancen haben. Deshalb bleibt

es eines der angestrebten Ziele der Frauenförderungskommission, die Gleichstellung von Mann und Frau weiter voranzutreiben. Dazu schlagen wir folgende drei Massnahmen vor:

1. Teilzeitarbeit und Job-sharing sollen auf allen Stufen vermehrt gefördert werden. Bereits heute beweisen Teilzeitangestellte in leitenden Positionen, dass auch mit reduziertem Pensum Führungsaufgaben wahrgenommen werden können. Um interessierten Angestellten den Einstieg in Teilzeitarbeit zu erleichtern, soll vorübergehend eine sogenannte «Schnupper-Teilzeit» eingeführt werden, das heisst eine zeitlich beschränkte Reduktion der Arbeitszeit. Während der Reduktionsphase muss die Zielvereinbarung dem Beschäftigungsgrad angepasst werden.
2. Bei Neuanstellungen oder Umbesetzungen sollen bei gleicher Qualifikation Frauen bevorzugt werden, bis ein ausgewogenes Geschlechterverhältnis in allen Lohnklassen erreicht ist.
3. Viele Angestellte sind davon überzeugt, dass Chancengleichheit erst erreicht wird, wenn sich bei der Mehrheit der Mitarbeitenden die Einsicht durchgesetzt hat, dass Frauen und Männer gleichberechtigt und auch in der Leistung ebenbürtig sind. Voraussetzung hierfür ist eine stärkere Sensibilisierung für Gleichstellungsfragen in der Belegschaft. Dies setzt einen verstärkten Dialog zwischen den Geschlechtern voraus. Die Frauenförderungskommission zieht hieraus die Konsequenzen: in Zukunft wird sie sich als Gleichstellungsgruppe aus Männern und Frauen zusammensetzen.

Lehrlingswesen an der EAWAG: Verdoppelung der Neueintritte 1997

Hans R. Wasmer

Die Ausbildung von Chemielaboranten hat an der EAWAG seit Jahrzehnten Tradition. Als Beitrag gegen die allgemeine Lehrstellen-Knappheit wurde sowohl die Zahl als auch das fachliche Angebot an Lehrstellen stark erweitert.

Bisher hat die EAWAG jährlich vier *Chemielaboranten* ausgebildet. Nun wurde die Zusammenarbeit mit der Privatwirtschaft stark ausgebaut. Die Bachema AG, analytische Laboratorien, in Schlieren, mit welcher wir schon länger gemeinsam einen Lehrling ausbilden, finanziert ab 1997 eine zweite Lehrstelle. Der Lehrling hat aber den Lehrvertrag von der EAWAG. Eine weitere Stelle wurde zusammen mit der Firma Coca-Cola Amatil AG in Dietlikon ins Leben gerufen. Diese Firma hat selbst ein zu kleines Spektrum im Laborbereich vorzuweisen und braucht deshalb einen Partner mit den entsprechenden Ausbildungsmöglichkeiten. Alle Chemielaboranten-Lehrlinge der EAWAG absolvieren einen Teil der praktischen Ausbildung in diesen Firmen. Die Zusammenarbeit der

EAWAG mit der Privatwirtschaft wird von allen Beteiligten sehr positiv beurteilt.

Neben der Ausbildung von Chemielaboranten wurde das Lehrstellenangebot auch fachlich erweitert. Ab 1997 wird neu je ein Ausbildungsplatz für *Biologielaboranten* und *Kaufmännische Angestellte* angeboten. Für beide Berufe sind die Tätigkeitsbereiche an der EAWAG breit genug für eine optimale Ausbildung.

Ab 1998 schliesslich wird die EAWAG auch auf dem zukunftsträchtigen Gebiet der *Informatik* eine Lehrstelle offerieren.

Dank diesen verschiedenen Massnahmen hat sich die Zahl der Neueintritte von 1997 gegenüber dem Vorjahr von bisher 4 auf 8 verdoppelt. Insgesamt befanden sich somit Ende 1997 neu 16 statt wie bisher 12 Lehrlinge im Hause. Ende 1998 werden es sogar 18 sein.

Dem Leiter des Lehrlingswesens, Herrn Max Reutlinger, und den vielen Betreuerinnen und Betreuern sei an dieser Stelle für das grosse Engagement gedankt.



Foto: Max Reutlinger

Aus dem Personal

Im Laufe des Jahres 1997 wurden die folgenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter pensioniert; sie alle wirkten an der Abteilung Hydrobiologie/Limnologie:

- Frau Dr. *Marianne Bosli* arbeitete ab 1957 an der EAWAG, zunächst als Assistentin, 1962–1970 als Biologin im Fachgebiet Algologie. 1986 kehrte sie zurück und widmete sich vor allem den Dienstleistungen im Zusammenhang mit der Algothek. Offiziell seit Anfang 1995 pensioniert, arbeitete Frau Bosli in Teilzeit weiter bis 1997.
- Herr *Heinz Bachmann* trat 1966 in die EAWAG ein und wirkte vor allem als Biologielaborant und REM-Operator. Einen grossen Teil seiner Arbeit widmete er der Fotografie von Wasserorganismen. Seine Aufnahmen, die vor allem durch den Einbezug eines natürlichen Hintergrundes sehr lebendig wirken, sind ein bleibender kostbarer Schatz an der EAWAG.
- Herr Dr. *Fred Stössel* kam 1972 nach einem Studium der Zoologie an die EAWAG. Anfänglich galt sein Interesse vor allem den Fliesswasserorganismen. Später widmete er sich der Fauna der Seen und Teiche. Viele Jahre lang war er Lehrbeauftragter an der ETH Zürich.

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.

Frau *Anna Furst* ist am 13. November 1997 gestorben. Sie arbeitete für Herrn Prof. Otto Jaag in seinen letzten Lebensjahren als Sekretärin. 1978 wechselte sie ins Direktionssekretariat zu Prof. Stumm, wo sie sich bis 1983 engagierte.

Der ETH-Rat hat Herrn Dr. *Markus Boller* am 16. März 1997 aufgrund seiner hervorragenden fachlichen und didaktischen Leistungen den Titel eines Professors der ETH Zürich verliehen. Auf den 1. Oktober 1997 wurde Herr Dr. *Bernhard Wehrli* zum ausserordentlichen Professor für Aquatische Chemie gewählt; bisher war er Assistenzprofessor für dasselbe Gebiet.

Frau *Barbara Baumann* erhielt für ihre ausgezeichnete Dissertation «Dynamics of Denitrification in *Paracoccus denitrificans*» den Otto-Jaag-Preis 1997.

Herr *Oliver Heiri* erhielt für seine im Jahre 1996 an der EAWAG erarbeitete Diplomarbeit der ETHZ «Die Frühlings-epidemie der Zuckmücken (Diptera, Chironomidae) einer

Restwasserstrecke der Engelberger Aa (OW/NW)» einen Preis der Schweizerischen Gesellschaft für Hydrobiologie und Limnologie.

Herrn Dr. *Jürg Beer* wurde (gemeinsam mit Herrn Dr. Peter Jenny vom CERN) der Heinrich-Greinacher-Preis verliehen, und zwar für seine phantasievolle und erfolgreiche Anwendung der Beschleuniger-Massenspektrographie und für herausragende Beiträge über die Sonnenvariabilität und deren Auswirkungen auf das Klima der Erde.

Im Berichtsjahr wirkten folgende Gastwissenschaftlerinnen und Gastwissenschaftler an der EAWAG:

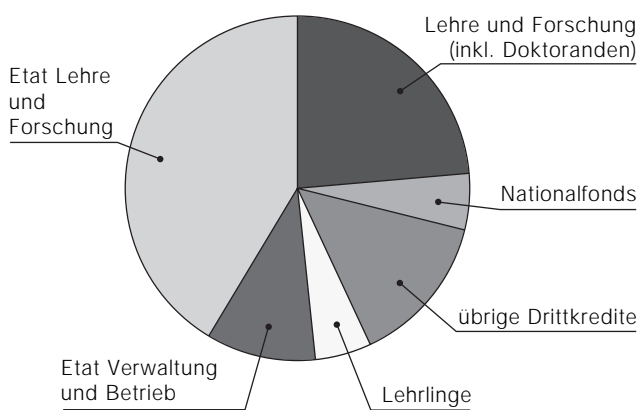
- *Abramovich, Dorit*, IMI (TAMI) Institute for Research and Development Ltd., Haifa Bay, Israel
- *Ahel, Marijan*, Institute Rudjer Boskovic, Center for Marine Research Zagreb, Zagreb, Croatia
- *Anderson, James L.*, The University of Georgia, Dept. of Chemistry, Athens, Georgia, USA
- *Blinov, Alexander*, Department of Cosmic Research, State Technical University, St. Petersburg, Russia
- *Brooks, Norman*, W.M. Keck Laboratory, Environmental Engineering Science, California Institute of Technology, Pasadena, USA
- *Cossu-Leguille, Carole*, Centre des Sciences de l'Environnement, Université de Metz, Metz, France
- *Espino, Pythias*, Ateneo de Manila University, Manila, Philippines
- *Granina, Liba*, Limnological Institute, Academy of Sciences, Siberian Division, Irkutsk, Russia
- *King, Whitney*, Colby College, Dept. of Chemistry, Waterville, USA
- *Masarik, Jozef*, Komensky University, Dept. of Nuclear Physics, Bratislava, Slovenia
- *Mazumder, Azit*, Université de Montreal, Quebec, Canada
- *Nekrassova, Valeria*, Institute of Microbiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- *Nozhevnikova, Alla*, Institute of Microbiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- *O'Melia, Charles*, The Johns Hopkins University, Dept. of Geography and Environmental Engineering, Baltimore, USA
- *Ortega, José Julio*, Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, Sevilla, Spain
- *Satroudinov, Aidar*, Institute for Biochemistry & Physiology of Microorganisms, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow Region, Russia
- *Westall, John*, Cooper, Oregon State University, Dept. of Chemistry, Corvallis, USA

Personalbestand

Durchschnitt 1997 und Anzahl Köpfe im Juni 1997

	Durchschnitts- bestand Pj	Bestand in Köpfen (Stand Juni 1997) P	davon Frauen P
ETH-Professoren (davon 3 Titular-, 1 Assistenzprof.)		10	1
ETH-Assistenten	8.5	9	2
ETH-Angestellte	7.5	9	3
Doktoranden Kredit ETHZ	7.5	12	2
Plafoniertes Personal	137.4	162	58
Zusatzpersonal Lehre und Forschung	63.5	109	49
Nicht-Etat-Stellen auf Krediten			
• Nationalfonds	13.9	20	7
• übrige Drittkredite	37.9	74	30
Lehrlinge	13.5	12	5
Gastwissenschaftler	4.0	6	2
Total Personal	293.7	423	159
<i>Anteil der Frauen</i>			37.6%
Doktoranden		78	21
<i>Anteil der Frauen</i>			26.9%

Verteilung der Stellen 1997 (EAWAG-Kredite)



Finanzen

AUSGABEN	1996		1997		Δ%
I Eigene Budgetmittel gemäss Staatsrechnung					
1 Personalbezüge					
1.1 Etatpersonal	14 818 165		15 126 599		
1.2 Hilfspersonal	<u>216 683</u>	15 034 848	<u>15 126 599</u>		0.61
2 Lehre und Forschung					
2.1 Zusatzpersonal L+F	4 824 290		4 418 193		
2.2 Sachausgaben L+F	1 461 470		1 279 646		
2.3 Mobilien L+F	<u>1 824 534</u>	8 110 294	<u>802 172</u>	6 500 011	-19.85
3 Übrige Ausgaben					
3.1 Wasser, Energie, Heizung	460 606		416 073		
3.2 Verbrauchsmaterial, U+R	1 281 266		1 362 208		
3.3 Diverse	<u>304 109</u>	2 045 981	<u>296 378</u>	2 074 659	1.40
Total 1-3		25 191 123		23 701 269	-5.91
II Budgetmittel anderer Bundesstellen					
4 Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale					
4.1 Druckerzeugnisse, Bürobedarf	179 867		170 147		
4.2 Informatikmittel	1 032 815		1 096 729		
4.3 Büromatik	<u>84 950</u>	1 297 631	<u>46 569</u>	1 313 445	1.22
5 Amt für Bundesbauten					
5.1 Bauten und Anlagen	415 466		762 000		
5.2 Unterhalt von Bauten und Anlagen	1 731 088		545 000		
5.3 Mieten	727 770		699 706		
5.4 Möbel	<u>168 746</u>	3 043 070	<u>80 034</u>	2 086 740	-31.43
6 Eidg. Finanzverwaltung					
6.1 Sozialleistungen Arbeitgeber		4 205 777		4 220 810	0.36
7 Diverse andere Bundesstellen					
7.1 Post- und Telefntaxen	300 399		262 756		
7.2 Versicherung/Auto-Spesen/TSK	<u>446 685</u>	747 084	<u>409 670</u>	672 426	-9.99
Total 4-7		9 293 562		8 293 421	-10.76
III Drittmittel					
8 Drittmittel (Beiträge und Aufträge)					
8.1 Ressortforschung (Bund)		925 946		1 934 489	108.92
8.2 Industrie, Privatwirtschaft		459 638		452 960	-1.45
8.3 Fonds, Stiftungen, International		306 986		254 118	-17.22
8.4 Nationalfonds		1 608 673		1 443 136	-10.29
8.5 Kantone und Gemeinden		<u>668 050</u>		<u>900 735</u>	34.83
Total 8		3 969 294		4 985 437	25.60
Ausgaben-Total I-III		38 453 979		36 980 127	-3.83
EINNAHMEN					
IV Erlöse aus Dienstleistungen und F+E-Aufträgen					
9 9.1 gemäss Staatsrechnung		57 197		124 217	117.17
Einnahmen-Total IV		57 197		124 217	117.17
NETTO-AUSGABEN/EINNAHMEN		38 396 782		36 855 911	-4.01

Kommentar zur Jahresrechnung

Die *Ausgaben gemäss Staatsrechnung* verminderten sich gegenüber der *Rechnung 96* von 25.2 auf 23.7 Mio. Franken (–1.5 Mio. Fr. oder –5.9%). Der Voranschlag 1997 betrug 23.8 Mio. Franken. Die gemäss Bundesrats- und Parlamentsbeschluss verfügten Kürzungen (2% auf Sachkredite, 1.36% auf Personalkredite) reduzierten den Voranschlag auf 23.5 Mio. Franken. Abtretungen für die positive Leistungskomponente, die Aufhebung der Kredit-sperre für das Investitionsprogramm vom 30.4.1997 sowie projekt- und aufgabengebundene Abtretungen aus den Reserven des ETH-Rates von Fr. 98 500.– führten zu verfügbaren Mitteln von 23.7 Mio. Franken. In den Ausgaben sind 0.146 Mio. Franken enthalten, welche die Rechnung 97 über ein transitorisches Konto der Bestandesrechnung belasten, aber gemäss Bundesratsbeschluss vom 19.1.1998 als Kreditübertragung erst im Jahre 1998 ausgabenwirksam werden.

Die *Personalbezüge aus den plafonierten Personalkrediten* stiegen um Fr. 91 652.– oder 0.61%. Bei gleicher Stellenanzahl von 134 Personenjahren wurden die im stark reduzierten Budget noch machbaren Personal-massnahmen unter Berücksichtigung des Leistungsprinzips umgesetzt. Die Bewirtschaftung der Kredite auf finanzieller Basis erlaubte uns, Fr. 61 000.– zugunsten der L+F-Personalbezüge und dort zur Zusatzfinanzierung eines unserer prioritären Forschungsprojekte, «Siedlungswasserwirtschaft», abzutreten.

Die *Personalbezüge aus dem L+F-Globalkredit* verminderten sich unter dem Diktat des reduzierten Budgets gegenüber der Rechnung 96 von 4.82 Mio. Franken auf 4.42 Mio. Franken oder um 0.4 Mio. Franken entsprechend 8.42%. Die finanzierten Personenjahre verminderten sich von 75.2 auf 63.5 Mio. Franken oder um 11.7 Personenjahre entsprechend 15.6%. Die einge-

sparten Personenjahre gingen grösstenteils zu Lasten der finanzierten Doktorandenjahre, welche von 32 auf 24 Personenjahre oder von 64 Doktoranden-Stellen auf 48 reduziert werden mussten.

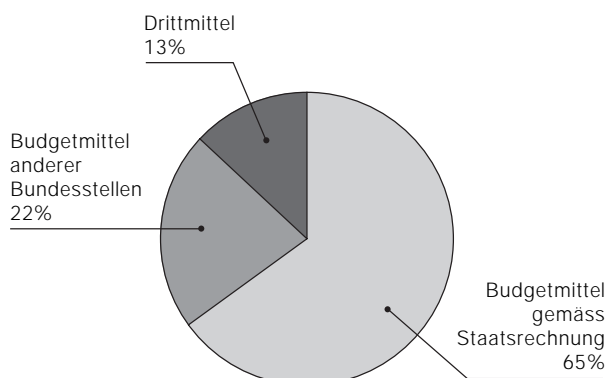
Die *Sachausgaben aus dem L+F-Globalkredit* inklusive Apparate-Beschaffungen verminderten sich gegenüber der Rechnung 96 von 3.29 auf 2.08 Mio. Franken oder um 36.6%. Wegen der terminlich und personalpolitisch nicht im nötigen Ausmass abbaubaren Personalkosten mussten die Sachmittel überproportional gekürzt werden. Wir mussten deshalb wichtige Neuanschaffungen von Forschungsapparaturen zurückstellen und den Verbrauch an Sachmitteln (Labor-Materialien und Chemikalien) strikt einschränken.

Einzig die *diversen laufenden Sachausgaben* erhöhten sich von 2.05 auf 2.07 Mio. Franken oder um 1.4%. Die früher durch das Bundesamt für Militärflugplätze (BAMF) übernommenen Kosten für unsere mit der Einkaufsverordnung übereinstimmenden Einkäufe über dieses Amt belasten seit der Übernahme des BAMF durch die Schweiz. Unternehmung für Flugzeuge und Systeme (SF) unser Budget mit ca. 90 kFr. Einsparungen beim Energie- und Wasserverbrauch erlaubten es, einen Teil dieser an uns ohne Budgetabtretung überwälzten Kosten aufzufangen.

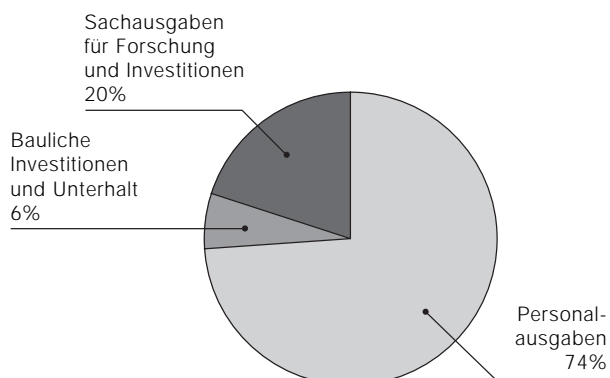
Unsere *Drittmittel-Forschungsprojekte* für den Nationalfonds und in Zusammenarbeit mit diversen Bundesämtern sowie mit Kantonen, Gemeinden, der Privatwirtschaft und internationalen Organisationen zeigen bezüglich der Geldmenge folgendes Bild (in Mio. Franken):

- per 1.1.1997 vom Vorjahr übernommene Mittel 5.693
- Zahlungen der Vertragspartner 5.288
- Mittelverbrauch 1997
(ohne Übertrag 96 von 0.44 Mio. Fr.) 4.986
- per 31.12.1997 verfügbare Mittel 5.995

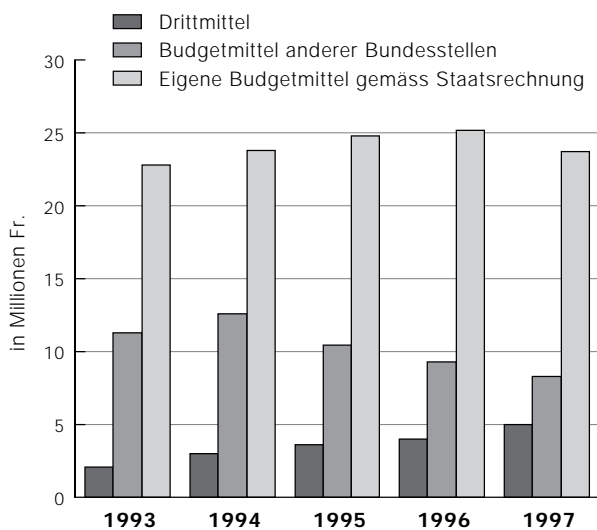
Struktur der Mittelherkunft 1997



Struktur der Mittelverwendung 1997



Ausgabenentwicklung 1993 bis 1997



Das Total des Drittmittelverbrauchs erhöhte sich gegenüber letztem Jahr von 3.969 Mio. Fr. auf 4.986 Mio. Fr. oder um 25.62% (Nationalfonds minus 10.29% auf 1443 kFr., Kantone und Gemeinden plus 34.38% auf 902 kFr., Privatwirtschaft/internationale Organisationen minus 7.76% auf 707 kFr., Ressortforschung des Bundes plus 108.96% auf 1935 kFr.). Die überaus starke Zunahme der Ressortforschungsmittel kommt aus EU-Mitteln des Bundesamtes für Bildung und Wissenschaft und aus Projekten mit dem BUWAL, der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit und neu auch dem Bundesamt für Landwirtschaft, wo wir im Rahmen der Evaluation der Ökomassnahmen in der Landwirtschaft den Einfluss der Pflanzenbehandlungsmittel auf die Gewässer untersuchen.

Aus diesen Drittmitteln wurden 51.81 Personenjahre für spezifisch angestellte ForschungsprojektmitarbeiterInnen finanziert (Vorjahr 35.82 Personenjahre).

Vereinnahmungen zugunsten Rubrik 5340 aus Abrechnungen für Aufträge, Kurse und diverse Rückvergütungen betrugen Fr. 124 217.- (Vorjahr Fr. 57 197.-).



Foto: EAWAG

AN H A N G

Kurse und Fachtagungen der EAWAG

21. Januar

Treffen der MS-Diskussionsgruppe der Region Zürich (EAWAG, Dübendorf)

Leitung: Marc Suter.

18.–21. Februar

Modellierung natürlicher Systeme (PEAK-Vertiefungskurs V11/97)

Gerrit Goudsmit, Peter Reichert.

14. März

Lebenskundetage der Gewerblichen Berufsschule Luzern

Leitung: Peter Bossard, Daniel Steiner.

4. Juni

Lehreratelier der Gewerblichen Berufsschule Luzern

Leitung: Peter Bossard, Daniel Steiner.

12. Juni

Krokodile im Vierwaldstättersee: Sind nichteinheimische Tier- und Pflanzenarten ein Problem für die Schweiz (Seminar für Journalistinnen und Journalisten)

Leitung: Theresa Büsser.

13./14. Juni

Tage der offenen Tür im Forschungszentrum für Limnologie der EAWAG in Kastanienbaum.

18.–20. Juni

Siedlungshygiene in Entwicklungsländern: Fäkalien- und Abwasserentsorgung (PEAK-Vertiefungskurs V12/97)

Leitung: Roland Schertenleib, Martin Strauss.

18.–22. August

Grundsätze und Techniken zur Charakterisierung aquatischer Lebensräume (PEAK-Vertiefungskurs V13/97)

Leitung: Hans Rudolf Bürgi, Andreas Frutiger.

28. August–2. September

7th International Symposium on Palaeolimnology, Heiligkreuztal (D).

Leitung: Josef Merk, Angelika Kleinmann (Landesamt für Bodenforschung, Hannover); André F. Lotter, Michael Sturm (EAWAG), Erhard Schulz (Geogr. Institut, Würzburg), Burkhard Scharf (Umweltforschungszentrum, Magdeburg).

31. August–4. September

3rd Miniconference on Recharge Temperatures, Paleowaters and Climate

Leitung: Hugo Loosli (Phys. Inst. Univ. Bern), Rolf Kipfer (EAWAG).

2.–4. September

Ressourcen im Bau (PEAK-Vertiefungskurs V14/97)

Leitung: Peter Baccini, Thomas Lichtensteiger.

2.–5. September

**Excursion F (7th Int. Symp. on Palaeolimnology):
Lacustrine environmental archives in Central Switzerland**
Leitung: Michael Sturm, André F. Lotter.

7.–11. September

Frühdigenese-Workshop
Leitung: Bernhard Wehrli.

9. September

**Treffen der MS-Diskussionsgruppe der Region Zürich
(EAWAG, Dübendorf)**
Leitung: Marc Suter.

9.–11. September

**Ökotoxikologie-Kurs (coetox Block 9).
Einführung in die Ökotoxikologie: Theorie und Praxis.**
Leitung: Herbert Güttinger (EAWAG); Joseph Tarradellas (EPF
Lausanne).

16. September

**Wasser – Ressource und Lebensraum. Neue Ansätze für den
Gewässerschutz am Beispiel der Region Töss (Infotag 1997)**
Leitung: Theresa Büsser, Walter Wagner.

17.–18. (–19.) September

**Möglichkeiten und Grenzen von physikalischen und
chemischen *in situ*-Messungen in Gewässern
(PEAK-Vertiefungskurs V15/97)**
Leitung: Gerrit Goudsmit, Beat Müller, Bernhard Wehrli, Alfred Wüest.

22.–25. September

**Prozesse und Dimensionierung der Nachklärbecken
(PEAK-Anwendungskurs A7/97)**
Leitung: Peter Krebs, Hansruedi Siegrist.

6.–10. (13.–17.) Oktober

**Wasseraufbereitung: Umwandlung und Elimination gelöster
Stoffe (PEAK-Vertiefungskurs V16/97)**
Leitung: Markus Boller, Urs von Gunten.

31. Oktober

Informal Workshop on Lake Baikal
Leitung: Michael Sturm, Rolf Kipfer.

3.–6. November

**European-Ocean River Systems (EROS-21) Sediment Studies in
the North-Western Black Sea. Projekt-Workshop**
Leitung: Jana Friedrich, Bernhard Wehrli.

13. November

**Hochschulen und Fachhochschulen – Perspektiven gemein-
samer Umweltbildung (Workshop anlässlich der M.U.T. 97,
Europäische Messe für Umwelttechnik in Basel)**
Leitung: Herbert Güttinger (EAWAG), Thomas Heim (FHBB Muttenz),
Vroni Mazenauer-Kistler (ITR Rapperswil), Hanspeter Wessels (ETHZ).

Lehrveranstaltungen

ETH Lausanne

- Cytochrome P450: Introduction and consequences for ecotoxicology (Biomarker), Cycle postgrade en sciences de l'environnement **PD Dr. Karl Fent**
- L'interprétation et l'utilisation des résultats des tests écotoxicologiques, Cycle postgrade en sciences de l'environnement **Dr. Herbert Güttinger**
- Relations rivières/nappes, Cycle Postgrade en géologie appliquée **Dr. Eduard Hoehn**

ETH Zürich

* gemeinsam mit Dozenten, die nicht zur EAWAG gehören

- Abwasserreinigung I, Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung I **Dr. Tove Larsen, Dr. Hansruedi Siegrist**
- Abwasserreinigung II, Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung II **Prof. Willi Gujer**
- Allgemeine Chemie I + II **Dr. Dieter Diem***
- Allgemeine Mikrobiologie **Dr. Christof Holliger, Prof. Alexander J.B. Zehnder**
- Analytische Chemie für Umweltnaturwissenschaftler **Dr. Christa McArdell-Bürgisser, Prof. Walter Giger**
- Angewandte Limnologie **Dr. René Gächter**
- Angewandte Mikrobiologie **PD Dr. Thomas Egli**
- Aquatische Chemie I **Prof. Laura Sigg**
- Aquatische Physik I + II **Dr. Alfred Wüest**
- Biogeochemische Kreisläufe **Prof. Bernhard Wehrli**
- Bioindikation und Ökotoxikologie **PD Dr. Karl Fent**
- Biologie V: Ökologie II **Dr. Hans Rudolf Bürgi**
- Biologie V: Ökologische Übungen und Exkursionen **Dr. Hans Rudolf Bürgi***
- Biotechnologie I: Allgemeine Biotechnologie **PD Dr. Thomas Egli***
- Chemie I **Dr. Werner Angst, Dr. Dieter Diem, Prof. Bernhard Wehrli***
- Chemie II **Dr. Werner Angst, Prof. René P. Schwarzenbach, Dr. Barbara Sulzberger***
- Chemie III/Allgemeine Mikrobiologie **Dr. Werner Angst, Dr. Christof Holliger, Prof. Alexander J.B. Zehnder**
- Chemie im Umfeld **Dr. Joan Davis**
- Chemie natürlicher Gewässer **Prof. Laura Sigg**
- Einführung in die aquatische Ökologie **Dr. Hans Rudolf Bürgi, Dr. Andreas Frutiger**
- Einführung in die Physik aquatischer Systeme **Dr. Rolf Kipfer**
- Fische: Biologie, Ökologie, Ökonomie **Dr. Rudolf Müller, Dr. Armin Peter**
- Fischkunde der Schweiz **Dr. Rudolf Müller**
- Gewässerschutz und Trinkwasseraufbereitung, Wasserversorgung **Prof. Markus Boller**
- Gewässerschutz und Umweltökologie **Prof. Alexander J.B. Zehnder**
- Grundlagen des Gewässerschutzes **Dipl. Ing. Ueli Bundi**
- Grundwasserökologie **Prof. James V. Ward**
- Hygiene und Chemie des Trink- und Abwassers **Dr. Mario Snozzi**
- Hygiene und Chemie des Trinkwassers **Dr. Urs von Gunten**
- Integriertes Grundpraktikum I: Chemie **Dr. Werner Angst***

- Integriertes Grundpraktikum II, Teil Aquatische Ökologie
Dr. Hans Rudolf Bürgi, Fred Stössel
- Integriertes Grundpraktikum III: Physik **Dr. Rolf Kipfer***
- Kryptogamen (ohne Pilze) **Dr. Hans Rudolf Bürgi***
- Kulturtechnischer Diplom-Feldkurs **Prof. Willi Gujer***
- Limnogeologie **Dr. Michael Sturm***
- Limnologie I (Fliessgewässer) **Prof. James V. Ward**
- Limnologie II **Dr. Hans Rudolf Bürgi, Fred Stössel**
- Mathematik II: Lineare Algebra und Systemanalyse
PD Dr. Peter Reichert*
- Mathematische Modellierung aquatischer Systeme
PD Dr. Peter Reichert
- Mensch – Technik – Umwelt (Gruppenarbeit) **Dr. Jürg Beer, Dr. Joan Davis***
- Mensch-Umwelt-Dynamik in modernen Gesellschaften
Dr. Gregor Dürrenberger
- Methoden der Ökotoxikologie **PD Dr. Karl Fent**
- Mikrobielle Ökologie I **PD Dr. Thomas Egli***
- Modellierung der Wasserqualität in Fliessgewässern
Dr. Oskar Wanner*
- Nachhaltige Baustoff-Bewirtschaftung **Prof. Peter Baccini, Dr. Thomas Lichtensteiger***
- Natürliche Isotope in der Umwelt **Dr. Jürg Beer**
- Naturwissenschaften für Bauingenieure (Gewässerschutz und Umweltökologie) **Prof. Alexander J.B. Zehnder**
- NDK Risiko und Sicherheit (ETHZ/EPFL/HSG)
Dipl. Ing. Hans Wasmer, PD Dr. Karl Fent*
- Ökologie aquatischer Lebensräume **Dr. Hans Rudolf Bürgi, Dr. Andreas Frutiger**
- Ökologie natürlicher Gewässer **Dr. Hans Rudolf Bürgi, Dr. Andreas Frutiger**
- Ökologie von Feuchtgebieten (Vorlesung und Praktikum)
Dr. Mark Gessner, Dr. Klement Tockner
- Ökologisch-ökonomische Problemfelder in Entwicklungsländern I + II **Dipl. Ing. Roland Schertenleib***
- Ökologische Genetik aquatischer Organismen (Vorlesung und Praktikum) **Dr. Piet Spaak**
- Ökotoxikologie **PD Dr. Karl Fent**
- Organisation und Dynamik von Ökosystemen
PD Dr. Claudia Pahl-Wostl
- Organische Chemie für Umweltnaturwissenschaftler
Dr. Werner Angst
- Organische Umweltchemie I **Dr. Beate Escher, Prof. René P. Schwarzenbach**
- Organische Umweltchemie II **Dr. Werner Angst, Prof. René P. Schwarzenbach, Dr. Barbara Sulzberger**
- Organische Umweltchemie III **Prof. René P. Schwarzenbach, Dr. Markus Ulrich**
- Praktikum Analytische Chemie **Dr. Stephan Müller, Prof. Laura Sigg***
- Praktikum in aquatischer Physik und Hydrologie **Dr. Rolf Kipfer**
- Praktikum in Chemie **Dr. Dieter Diem, Prof. Bernhard Wehrli**
- Praktikum Limnologie II **Dr. Hans Rudolf Bürgi, Fred Stössel**
- Praktikum Systematische und ökologische Biologie I
Dr. Rudolf Müller, Dr. Armin Peter*
- Praktikum Systematische und ökologische Biologie II
Dr. Hans Rudolf Bürgi, Fred Stössel*
- Regionaler Stoffhaushalt und Abfallwirtschaft **Prof. Peter Baccini**
- Risiko und Sicherheit **Dipl. Ing. Hans Wasmer***
- Schadstoffdynamik in Wasser, Boden und Luft **Prof. Walter Giger, Dr. Hans-Peter Kohler***
- Seminar in Siedlungswasserwirtschaft **Prof. Willi Gujer**
- Seminar in Umweltchemie und Umweltmikrobiologie
Prof. René P. Schwarzenbach*

- Siedlungsentwässerung **Prof. Willi Gujer, Dr. Peter Krebs**
- Siedlungswasserbau, Siedlungswasserwirtschaft, Grundzüge
Prof. Willi Gujer
- Stoffwechsel der Anthroposphäre **Prof. Peter Baccini**
- Systematik aquatischer Invertebraten **Dr. Hans Rudolf Bürgi**
- Technik und Umwelt **Dr. Jürg Beer, Dr. Joan Davis**
- Technische Mikrobiologie **Dr. Mario Snozzi**
- Transportprozesse im geologischen Untergrund I
Dr. Eduard Hoehn*
- Trinkwasser und Abwasser **Dr. Mario Snozzi, Dr. Urs von Gunten**
- Umwelt II: Stoffwechsel der Anthroposphäre **Prof. Peter Baccini**
- Umweltchemie I: Chemische Ökologie **Prof. René P. Schwarzenbach, Prof. Bernhard Wehrli**
- Umweltchemie II: Allgemeine Toxikologie und Ökotoxikologie
PD Dr. Karl Fent*
- Umweltchemikalien: Analytik und Verhalten von chemischen Substanzen in der Umwelt **Prof. Walter Giger, Dr. Christa McArdell-Bürgisser**
- Umweltchemisches Praktikum **Prof. Walter Giger, Dr. Christa McArdell-Bürgisser, Prof. René P. Schwarzenbach, Prof. Laura Sigg, Prof. Bernhard Wehrli**
- Umweltmikrobiologie inkl. Praktikum **PD Dr. Thomas Egli, Dr. Hauke Harms, Dr. Mario Snozzi, Prof. Alexander J.B. Zehnder***
- Umweltsystemanalyse **PD Dr. Peter Reichert**
- Urbane Regionen: Bevölkerung, Mobilität, Umweltprobleme
Dr. Bernhard Truffer
- Verfahrenstechnik in Entsorgungssystemen **Prof. Peter Baccini, Dr. Hasan Belevi**
- Vertiefungsblock B 7: Bodenschutz, Kulturtechnischer Wasserbau
Dipl. Ing. Martin Strauss, Dipl. Ing. Martin Wegelin*
- Vertiefungsblock C 6/8: Siedlungswasserwirtschaft und Versorgungstechnik **Prof. Willi Gujer, Dr. Peter Krebs**
- Vertiefungsblock E 7: Gewässerschutz, Siedlungswasserwirtschaft
Prof. Willi Gujer, Dr. Hansruedi Siegrist
- Vertiefungsblock F 7 und F8: Regionaler Stoffhaushalt und Abfallwirtschaft **Prof. Peter Baccini, Dr. Hans Peter Bader, Dr. C. Annette Johnson, Dr. Susanne Kytzia, Dr. Thomas Lichtensteiger**
- Wassertechnologie **Prof. Markus Boller, Dr. Urs von Gunten**
- Wirkung von Chemikalien auf Umwelt und Mensch und ihre Vernetzung **PD Dr. Karl Fent***

Andere Hochschulen

Ecole Supérieure de Biotechnologie Strasbourg, Biozentrum, Basel

Mikrobielle Physiologie und Wachstumskinetik **PD Dr. Thomas Egli, Dr. Mario Snozzi**

Europäische Akademie, Bozen/Bolzano, Italien

Blockkurs «Umweltverträglichkeitsprüfung alpiner Kraftwerksanlagen»
Dr. Eduard Hoehn

Technische Universität Darmstadt TUD

Vorlesung: Urbane Dynamik und Umweltmanagement; Proseminar: Urbane Dynamik und Umweltmanagement; Seminar I: Multiagenten-Simulationen von Mensch-Umwelt-Systemen; Seminar II: Umweltsoziologie und partizipative Planungsverfahren **Prof. Carlo C. Jaeger**

Technische Universität Prag

Diplomarbeiten Siedlungsentwässerung **Dr. Vladimír Krejci**

Universität Basel

Faunakurs, Teil 1: «Fische» **Dr. Rudolf Müller**; Mikrobielle Züchtungstechnik **PD Dr. Thomas Egli, Dr. Mario Snozzi**; Mikrobielle Wachstumsphysiologie **PD Dr. Thomas Egli, Dr. Mario Snozzi**; Physiologie und Kinetik des Wachstums von Mikroorganismen (gemeinsam mit Ecole Supérieure de Biotechnologie, Strasbourg) **PD Dr. Thomas Egli, Dr. Mario Snozzi**

Université de Genève

Kurs «Radionuclides in the Aquatic Environment»: «Radionuclides in Ground Waters» **Dr. Eduard Hoehn**

Universität Innsbruck

Durchführung und Koordination von UVP-Gutachten **Dr. Eduard Hoehn**

Universität Siena, International School of Earth and Planetary Sciences

Waste Disposal, a Geological Approach **Prof. Peter Baccini**

Universität Zürich

Umwelttoxikologie/Humantoxikologie; Spezielle Kapitel der Umwelttoxikologie/Humantoxikologie; Nachdiplomstudium Umweltwissenschaften: Umweltbelastung **PD Dr. Karl Fent**

Université de Neuchâtel

Qualité et protection de l'eau **Dr. Jürg Zobrist**; Water and Sanitation Emergency Engineering **Dipl. Ing. Roland Schertenleib**

Andere Lehranstalten

Bela Johan National Institute of Public Health, Budapest, Ungarn

Ecotoxicology **PD Dr. K. Fent**

Ingenieurschule beider Basel, Muttenz

NDS Umwelt: Kurs «Grundwasser» **Dr. Eduard Hoehn**; Umwelt und 3. Welt **Dipl. Ing. Roland Schertenleib**

Ingenieurschule ITR Rapperswil

Exkursionen in Ökologie und Umweltschutz; GUK Gesellschaft – Umwelt – Kultur **Dr. Hans Rudolf Bürgi**

Ingenieurschule Zürich

Abwassertechnik, Wasserversorgung **Dr. Vladimir Krejci**

Ingenieurschule Zürich

Hydraulik und Hydrologie **Dr. Rolf Fankhauser**

Wissenschaftliche Publikationen

Beiträge in den EAWAG news

Abkürzung:

EN 42 D = EAWAG news Nr. 42 D

Albrecht, A., Goudsmit, G., Qian, J., Sigg, L., Xue, H.B., Kobler, D., Lück, A., Weidmann, Y.:

Transport von Kobalt im Bielersee – dem Aarewasser auf der Spur. EN 43 D, 21–24 (1997) / Transport du cobalt dans le lac de Bièvre à la recherche de l'Aar. EN 43 F, 21–24 (1997) / The transport of cobalt in Lake Biel – in the footsteps of the Aare River. EN 43 E, 21–24 (1997).

Alder, A.C., Giger, W., Schaffner, C.:

Phosphate substitutes in laundry detergents and cleaning agents. EN 42 E, 6–8 (1997) / Remplacement des phosphates dans les produits détergents. EN 42 F, 6–8 (1997).

Arlosoroff, S.:

Israel – eine Fallstudie über die Wassernutzung. EN 43 D, 8–11 (1997) / Israël – une étude de cas sur l'utilisation de l'eau. EN 43 F, 8–11 (1997) / Israel – a case study of water resources management. EN 43 E, 8–11 (1997).

Bloesch, J.:

Sustainability: empty phrase or close to reality? EN 41 E, 6–9 (1996) / Durabilité: étiquette sans contenu ou motion concrète? EN 41 F, 6–9 (1997).

Boller, M.:

Die Rolle der Siedlungsentwässerung bei der Schadstoffanreicherung in Böden. EN 38 D, 17–21 (1995). [2300]

Boller, M.:

Janus – the two faces of phosphorus. EN 42 E, 2 (1997) / Les deux faces du phosphore. EN 42 F, 2 (1997).

Boller, M.:

Regenwasser auf neuen Wegen. EN 44 D, 6–11 (1997).

Bossard, P., Gächter, R.:

Controversial hypotheses related to the ban on phosphates. EN 42 E, 18–19 (1997) / Interdiction des phosphates: thèses et anti-thèses. EN 42 F, 18–19 (1997).

Brunner, P.H., Lampert, C.:

Nährstoffflüsse im Donauraum – Quellen und letzte Senken. EN 43 D, 15–17 (1997) / Flux de nutriments dans le bassin du Danube – sources et puisards. EN 43 F, 15–17 (1997) / The flow of nutrients in the Danube river basin – sources and final sinks. EN 43 E, 15–17 (1997).

Bundi, U.:

Conclusions: phosphorus leads the way. EN 42 E, 26 (1997) / Bilan: Les révélations du phosphore. EN 42 F, 26 (1997).

Bundi, U.:

Nachhaltiger Gewässerschutz und die EAWAG. EN 44 D, 2–3 (1997).

Frutiger, A.:

Why streams need more space. EN 41 E, 3–5 (1996) / Les cours d'eau ont besoin de se sentir à l'aise! EN 41 F, 3–5 (1997).

Hoehn, E.:

Importance of ground water at EAWAG – with fresh stream into the future. EN 41 E, 10–13 (1996) / Importance des eaux souterraines à l'EAWAG – un avenir riche en perspectives. EN 41 F, 10–13 (1997).

Hoehn, E.:

Das Linsental – Trinkwasser-Ressource und Lebensraum. EN 44 D, 21–22 (1997).

Jaeger, C.C., Beck, A., Dürrenberger, G.:

Innovative environmental policy and the phosphate ban. EN 42 E, 20–22 (1997) / Politique environnementale innovatrice et interdiction des phosphates. EN 42 F, 20–22 (1997).

James, B.R.:

Soil, water and civilizations. EN 41 E, 17–20 (1996) / Sol, eau et civilisations. EN 41 F, 17–20 (1997).

Johnson, C.A., Hoehn, E.:

Auswirkungen von Altdeponien auf das Grundwasser. EN 44 D, 12–17 (1997).

Kerr, A.:

Chemische Reaktionen in der Atmosphäre – ein Rückblick und ein Blick in die Zukunft. EN 43 D, 36–39 (1997).

Krebs, P.:

Interdependencies and dynamics within the urban water management. EN 41 E, 14–16 (1996) / Gestion des eaux en milieu urbain: vers une pensée globale et dynamique. EN 41 F, 14–16 (1997).

Krejci, V., Wasmer, H.:

Zusammenarbeit mit Osteuropa: Erfahrungen und Absichten. EN 43 D, 33–35 (1997).

Larsen, T.A.:

Regional nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung. EN 44 D, 25–27 (1997).

Larsen, T.A., Gujer, W.:

Nachhaltige Siedlungswasserwirtschaft – technologische Implikationen. EN 43 D, 12–14 (1997) / Gestion durable des eaux en milieu résidentiel: implications techniques. EN 43 F, 12–14 (1997). Sustainable urban water management – technological implications. EN 43 E, 12–14 (1997).

Müller, E.:

Banning phosphates in detergents: preventing contamination at the source. EN 42 E, 3–5 (1997) / Interdiction des phosphates dans les lessives. EN 42 F, 3–5 (1997).

Peter, A., Gonser, T.:

Töss als Lebensraum. EN 44 D, 18–20 (1997).

Rüede, A., Dürrenberger, G., Larsen, T.A., Pahl-Wostl, C.:

Partizipative Prozesse: Eine Herausforderung für die Wissenschaft? EN 44 D, 23–24 (1997).

Siegrist, H., Boller, M.:

Effects of the ban on sewage treatment. EN 42 E, 9–11 (1997) / Interdiction des phosphates: conséquences pour l'épuration des eaux. EN 42 F, 9–11 (1997).

Truffer, B.:

Nachhaltige Wassernutzung und Innovation. EN 43 D, 2 (1997) / Utilisation durable de l'eau et innovations. EN 43 F, 2 (1997) / Sustainable water usage and innovations. EN 43 E, 2 (1997).

Uehlinger, U., Bürgi, H.-R., Müller, R.:

Changes in the ecology of lakes and rivers due to sinking phosphate levels. EN 42 E, 14–17 (1997) / Diminution des phosphates: conséquences pour les écosystèmes aquatiques. EN 42 F, 14–17 (1997).

van der Meer, J.R., Jaspers, M., Sticher, P., Tchelet, R.,**Harms, H.:**

Bakterien können die bioverfügbaren Konzentrationen verschiedener Umweltschadstoffe anzeigen. EN 43 D, 25–27 (1997) / Les bactéries peuvent indiquer la concentration de polluant biodisponible. EN 43 F, 25–27 (1997) / Bacteria which report the bioavailable concentration of environmental pollutants. EN 43 E, 25–27 (1997).

von Gunten, U., Elovitz, M., Kaiser, H.P.:

Ozonung von Trinkwasser – Oxidation von Spurenstoffen. EN 43 D, 18–20 (1997) / Ozonation de l'eau potable – oxydation des micro-polluants. EN 43 F, 18–20 (1997) / The ozonation of drinking water – oxidation of trace compounds. EN 43 E, 18–20 (1997).

Wagner, W.:

Gewässer – Spiegel der Regionalentwicklung. EN 44 D, 3–5 (1997).

Wegelin, M., Schertenleib, R.:

Angepasste Wasseraufbereitung hilft allen. EN 43 D, 5–7 (1997) / Traitement approprié de l'eau: tout le monde en profite. EN 43 F, 5–7 (1997) / Appropriate water treatment. EN 43 E, 5–7 (1997).

Wehrli, B., Wüest, A., Bühler, H., Gächter, R., Zobrist, J.:

Decreasing eutrophication in Swiss lakes. EN 42 E, 12–13 (1997) / Eutrophisation des lacs suisses: réjouissante tendance à la baisse. EN 42 F, 12–13 (1997).

Zehnder, A.J.B.:

Wasser, ein knappes Gut? EN 43 D, 3–4 (1997) / Vers un manque d'eau? EN 43 F, 3–4 (1997) / Water – a commodity in short supply. EN 43 E, 3–4 (1997).

Zehnder, A.J.B.:

A glance across the border. EN 42 E, 23–25 (1997) / Coup d'œil par delà les frontières. EN 42 F, 23–25 (1997).

Fachartikel in Zeitschriften und Buchkapitel**Albrecht, A., Beer, J.:**

Assessment of radionuclide distribution in continental shelf sediments (the Gulf of Taranto, Mediterranean Sea). Radioprotection – Colloques 32, C2, 277–285 (1997). [2225]

Albrecht, A., Beer, J., Weidmann, Y., Murith, C.:

Evaluation de l'impact radioécologique du CERN sur la base de sédiments et de mesure *in-situ*. In: «Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 1996». Bundesamt für Gesundheits-

wesen, Sektion zur Überwachung der Radioaktivität, Bern 1997, B. 8.5., 1–6.

Alder, A.C., Siegrist, H., Fent, K., Egli, T., Molnar, E., Poiger, T., Schaffner, C., Giger, W.:

The fate of organic pollutants in wastewater and sludge treatment: significant processes and impact of compound properties. *Chimia* 57, No. 12, 922–928 (1997). [2369]

Altenbach, B., Giger, W.:

Applications of graphitized carbon black for solid-phase extraction of benzene- and naphthalenesulfonates from aqueous environmental samples. *Anal. Methodes & Instrumentation* 2, No. 5, 285–292 (1995). [2242]

Amirbahman, A., Sigg, L., von Gunten, U.:

Reductive dissolution of Fe(III) (hydr)oxides by cysteine: kinetics and mechanism. *J. Coll. Interface Sci.* 194, 194–206 (1997).

Arnold, C.G., Weidenhaupt, A., David, M.M., Müller, S.R., Haderlein, S.B., Schwarzenbach, R.P.:

Aqueous speciation and 1-octanol-water partitioning of tributyl- and triphenyltin: effect of pH and ion composition. *Environ. Sci. & Technol.* 31, No. 9, 2596–2602 (1997). [2306]

Baccini, P.:

A city's metabolism: towards the sustainable development of urban systems. *J. Urban Technol.* 4, No. 2, 27–39 (1997). [2277]

Bader, H.-P., Baccini, P.:

System-Modelle und Simulations-Programme im Umweltmanagement – Eine kritische Analyse zum Stand der Technik. *GAIA* 5, No. 6, 263–275 (1997). [2297]

Baldy, V., Gessner, M.O.:

Towards a budget of leaf litter decomposition in a first-order woodland stream. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences Paris, Sciences de la vie/Life Sciences* 320, 747–758 (1997).

Baltensperger, U., Giger, W., Kläntzchi, N., Pretsch, E., Schweiger, A., Schwarzenbach, R., Zenobi, R.:

The center of excellence in analytical chemistry at ETH-Zurich, Switzerland. *Chimia* 51, No. 10, 80 (1997).

Baumann, B., Snozzi, M., van der Meer, J.R., Zehnder, A.J.B.:

Development of stable denitrifying cultures during repeated aerobic-anaerobic transient periods. *Water Res.* 31, No. 8, 1947–1954 (1997). [2257]

Baumgartner, S., Beer, J., Suter, M., Dittrich-Hannen, B., Synal, H.-A., Kubik, P., Hammer, C., Johnson, S.:

³⁶Cl fallout in the Summit GRIP ice core. *J. Geophys. Res.* 102, 26 659–26 662 (1997).

Baumgartner, S., Beer, J., Wagner, G., Kubik, P., Suter, M., Raisbeck, G.M., Yiou, F.:

¹⁰Be and dust. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Res. B* 123, 296–301 (1997). [2262]

Beer, J.:

Accelerator mass spectrometry: a new tool in environmental sciences. *Nuclear Physics News* 7, 15–22 (1997).

Beer, J.:

Report on the working group on «Radionuclides in alpine snow and ice». Workshop «Glaciers from the alps: climate and environmental archives». Wengen, 21.–23.10.1996. p. 7–11 (1997).

Behringer, J., Dürrenberger, G., Pahl, C., Schär, C.:

Klimawandel: Handeln trotz Unsicherheit? *Schweiz. Tech. Z.* 94, H. 5 48–51 (1997).

Behringer, J., Dürrenberger, G., Willi, N., van Asselt, M.B.A.:

IA-focus groups: first experiences in Zürich. In: «Focus groups in integrated assessment: the ULYSSES pilot experiences», Kasemir, B. et al. (Eds.). ULYSSES Working Paper, WP-97-4, 63–70. Center for Interdisciplinary Studies in Technology: University of Technology, Darmstadt 1997.

Binder, C., Schertenleib, R., Diaz, J., Bader, H.-P., Baccini, P.:

Regional water balance as a tool for water management in developing countries. *Water Resources Development* 13, 5–20 (1997). [2263]

Binswanger, S., Siegrist, H., Lais, P.:

Simultane Nitrifikation/Denitrifikation von stark ammoniumbelasteten Abwässern ohne organische Kohlenstoffquellen. *Korrespondenz Abwasser* 44, Nr. 9 1573–1580 (1997). [2301]

Bloesch, J.:

Towards a new generation of sediment traps and a better measurement/understanding of settling particle flux in lakes and oceans: a hydrodynamical protocol. *Aquatic Sci.* 58, No. 4, 283–296 (1996). [2212]

Bloesch, J.:

Revitalisierung der Fliessgewässer im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees. *Mitt. Naturforsch. Ges. Luzern* 35, 9–28 (1997). [2276]

Boller, M.:

Biofilm an Rohren als Nest für Keime. *Kommunalmagazin* 14, Nr. 4, 31–33 (1997). [2251]

Boller, M.:

Small wastewater treatment plants – a challenge to wastewater engineers. *Water Sci. Tech.* 35, No. 6, 1–12 (1997). [2259]

Boller, M.:

Tracking heavy metals reveals sustainability deficits of urban drainage systems. *Water Sci. Tech.* 35, No. 9, 77–87 (1997). [2261]

Boller, M., Kobler, D., Koch, G.:

Particle separation, solid budgets and headless development in different biofilters. *Water Sci. Tech.* 36, No. 4, 239–247 (1997). [2342]

Boller, M., Tschui, M., Gujer, W.:

Effects of transient nutrient concentrations in tertiary biofilm reactors. *Water Sci. Tech.* 36, No. 1, 101–109 (1997). [2321]

Bosma, T.N.P., Middeldorp, P.J.M., Schraa, G., Zehnder, A.J.B.:

Mass transfer limitation of biotransformation; quantifying bioavailability. *Environ. Sci. & Technol.* 31, 248–252 (1997). [2201]

Bratrich, C., Bloesch, J.:

Zeitgemässer Hochwasserschutz an Fliessgewässern. Chancen und Grenzen einer neuen Philosophie am Beispiel der Engelberger Aa. Wasser, Energie, Luft 89, H. 5/6, 123–130 (1997). [2302]

Brunke, M., Gonser, T.:

The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater. Freshwater Biology. 37, 1–33 (1997).

Brunke, M., Gonser, T.:

Kolmationsprozesse und Tiefenfiltration im Interstitial. Aktuelle Reihe der Brandenburg. Tech. Univ. Cottbus 1997, H. 1, 51–60 (1997).

Brunner, I., Luster, J., Ochs, M., Blaser, P.:

Phytotoxic effects of the high molecular weight fraction of an aqueous leaf litter extract on barley root development. Plant and Soil 178, 83–93 (1996). [2209]

Brüschweiler, B.J., Würigler, F.E., Fent, K.:

Inhibitory effects of heavy metals on cytochrome P4501A induction in permanent fish hepatoma cells. Arch. Environ. Toxicol. 31, 475–482 (1996). [2199]

Bucheli, T.D., Gruebler, F.C., Müller, S.R., Schwarzenbach, R.P.:

Simultaneous determination of neutral and acidic pesticides in natural waters at low nanogram per liter level. Anal. Chem. 69, No. 8, 1569–1576 (1997). [2234]

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

Kinetics and pH dependence of chromium(VI) reduction by iron(II). Environ. Sci. & Technol. 31, 1426–1432 (1997). [2246]

Bundi, U.:

Qualité des eaux en Suisse: développement historique et nouveaux besoins du fait des conditions marginales modifiées. Proc. Journée scientifique du Groupe Général des Eaux. Conseil Scientif. Groupe Gén. des Eaux, Paris 1997, p. 28–30.

Bundi, U.:

Umfassende Strategien für den Gewässerschutz. VGL-Inform. Nr. 4, 6–8 (1997).

Bundi, U.:

Verursacherprinzip für einen besseren Umweltschutz. VGL-Inform. Nr. 2, 2–3 (1997).

Bundi, U., Karagounis, I.:

Gewässerschutzverordnung – Chance für Koordination nutzen. VGL-Inform. Nr. 3, 22–23 (1997).

Burgherr, P., Meyer, E.I.:

Regression analysis of linear body dimensions vs. dry mass in stream macroinvertebrates. Arch. Hydrobiol. 139, 101–112 (1997).

Bürgi, H.R., Uehlinger, U.:

Die Algenbiozönose eines Gletscherbaches im Einzugsgebiet der Donau. Wiss. Referate Internat. Arbeitsgem. Donauforsch., 32. Konf. der IAD, Limnol. Ber. Donau, Wien 1997, S. 133–136. [2323]

Burckhardt, S., Fankhauser, R.:

Temporal interpolation of rainfall time series for the use in urban hydrology. 3rd Internat. Workshop on Rainfall in urban areas, Pontresina, Switzerland, 4.–7.12.1997.

Büssenschütt, M., Pahl-Wostl, C.:

Temporal self-organization in generic ecosystem models. In: «Self-organization of complex structures», Schweitzer, F. (Ed.). Gordon and Breach Science Publ., Amsterdam 1997, pp. 307–318.

Canonica, S., Kramer, J.B., Reiss, D., Gygax, H.:

Photoisomerization kinetics of stilbene-type fluorescent whitening agents. Environ. Sci. & Technol. 31, 1754–1760 (1997). [2247]

Carstensen, J., Vanrolleghem, P., Rauch, W., Reichert, P.:

Terminology and methodology in modelling for water quality management – a discussion starter. Water Sci. Tech. 36, No. 5, 157–168 (1997). [2345]

Dahinden, U., Dürrenberger, G.:

Public participation in energy policy. Results from focus groups. In: «Risk perception and communication in Europe», Renn, O. (Ed.). Kluwer, Dordrecht. 1998.

Davidova, I.A., Harmsen, H.J.M., Stams, A.J.M., Belyaev, S.S., Zehnder, A.J.B.:

Taxonomic description of *Methanococcoides euhalobius* and its transfer to *Methanohalophilus* genus. Antonie van Leeuwenhoek 71, 313–318 (1997). [2258]

Dürrenberger, G.:

Integrating scientific expertises with democratic decision making. In: «Ökologisierungprozesse in Wirtschaft und Verwaltung», Kaufmann-Hayoz, R., Häfeli, U. (Hrsg.). Universität Bern, Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie, Bern 1997, S. 137–139 (1997).

Dürrenberger, G., Behringer, J., Dahinden, U., Gerger, A., Kasemir, B., Querol, C., Schüle, R., Tabara, D., Toth, F., van Asselt, M., Vassilarou, D., Willi, N., Jaeger, C.C.:

Focus groups in integrated assessment: a manual for a participatory tool. ULYSSES Working Paper, WP-97-2. Center for Interdisciplinary Studies in Technology, Univ. of Technology, Darmstadt 1997.

Dürrenberger, G., Behringer, J.:

Einbezug von Laien in die Klimaforschung? Panorama H. 9, 27–31 (1997).

Egli, T.:

Biodegradation of pollutants at extremely low concentrations and in the presence of easily degradable organic carbon of natural origin. In: «Biotechnology for Water Use and Conservation», The Mexico '96 Workshop, OECD Documents, Paris, 1997, pp. 271–276. [2355]

Egli, T.:

Multiple-nutrient-limited growth of microorganisms: what are the consequences for bioremediation processes? In: «Environmental Biotechnology, Part I», Verachtert, H., Verstraete, W. (Eds.). Int. Sympos., 94th event Eur. Fed. Biotechnol., Oostende, April 21–23, 1997, pp. 189–193. [2293]

Egli, T., Durner, R.:

Microbial growth under multiple-nutrient-limited cultivation conditions, with special reference to the accumulation of PHA. Proc. 1996 Internat. Sympos. on Bacterial Polyhydroxyalkanoates, Davos, Switzerland, Eggink, G. et al. (Eds.), NRC Press, Ottawa 1997, pp. 171–177. [2356]

Eisenmann, H., Traunspurger, W., Meyer, E.I.:

Community structure of selected micro- and meiobenthic organisms in sediment chambers from a prealpine river (Necker, Switzerland). In: «Advances in River Bottom Ecology», Bretschko, G., Helesic, J. (Eds.). Backhuys Publ., Leiden, The Netherlands 1997, pp.152–162.

Eisenmann, H., Traunspurger, W., Meyer, E.I.:

A new device to extract sediment cages colonized by microfauna from coarse gravel river sediments. Arch. Hydrobiol. 139, No. 4, 547–561 (1997). [2324]

Ekama, G., Barnard, J., Günthert, F. W., Krebs, P., McCorquodale, J.A., Parker, D., Wahlberg, E.:

Secondary settling tanks: theory, modelling, design and operation. IAWQ Sci. & Tech. Report No 6, Int. Assoc. on Water Quality, London, England 1997.

Escher, B.I., Behra, R., Eggen, R.I.L., Fent, K.:

Molecular mechanisms in ecotoxicology: an interplay between environmental chemistry and biology. Chimia 51, No. 12, 915–921 (1997). [2368]

Escher, B.I., Snozzi, M., Häberli, K., Schwarzenbach, R.P.:

A new method for simultaneous quantification of uncoupling and inhibitory activity of organic pollutants in energy-transducing membranes. Environ. Toxicol. Chem. 16, No. 3, 405–414 (1997). [2226]

Fankhauser, R.:

Influence of systematic errors from tipping bucket rain gauges on urban runoff simulation. 3rd Internat. Workshop on Rainfall in Urban Areas, Pontresina, Switzerland, 4.–7.12.1997.

Fent, K.:

Umweltchemikalien – Wirkungen auf das Hormonsystem. Vielzahl von Stoffen mit östrogenen Aktivität. Neue Zürcher Ztg., Beil. «Forschung und Technik», Nr. 81, 9. April 1997, S. 61. [2244]

Fent, K.:

Perspektiven und Probleme in der Ökotoxikologie. 5. Statuskolloquium Projekt «Angewandte Ökologie». Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. 22, 223–229 (1997). [2337]

Fioramonti, E., Semlitsch, R.D., Reyer, H.-U., Fent, K.:

Effects of triphenyltin and pH on the growth and development of *Rana lessonae* and *Rana esculenta* tadpoles. Environ. Toxicol. & Chem. 16, No. 9, 1940–1947 (1997). [2320]

Friedl, G., Wehrli, B., Manceau, A.:

Solid phases in the cycling of manganese in eutrophic lakes: new insights from EXAFS spectroscopy. Geochim. Cosmochim. Acta 61, 275–290 (1997). [2254]

Friedrich, S., Kytzia, S., Fischer, C., Oswald, F., Baccini, P.:

Umbau des Wohnens – Werkstattbericht aus einem transdisziplinären Forschungsprojekt. Dokumente und Informat. Schweiz. Orts-, Regional- und Landesplanung (DISP) 129, 23–29 (1997).

Frutiger, A., Imhof, A.:

Life cycle of *Dinocras cephalotes* and *Perla grandis* (Plecoptera: Perlidae) in different temperature regimes. In: «Ephemeroptera & Plecoptera Biology-Ecology-Systematics», Landolt, P., Sartori, M. (Eds.). Imprimerie MTL, Fribourg 1997, pp. 34–42. [2267]

Frutiger, A.:

Biologische Bewertung der Fließgewässer. Das Problem der Referenz. VSA-Verbandsber. Nr. 512 (Vortrag 37. Chemiker-Tagung, 15.11.1996 in Olten), S. 20–29. [2229]

Furger, F., Truffer, B.:

Umweltzertifikate und die ökologische Umgestaltung moderner Gesellschaften. In: «Energiepolitik: Technische Entwicklungen, politische Strategien, Handlungskonzepte zu erneuerbaren Energien und zur rationalen Energieerzeugung», Brauch, H.-G. (Hrsg.). Springer-Verlag, Berlin 1997, S. 169–182.

Gasol, J.M., Zehnder, A.J.B.:

Note: a simple method for the detection and the «a posteriori» correction of the interference of sulfide on phosphorus measurements. Sci. Marina 61, No. 2, 213–219 (1997). [2299]

Geering, J.-J., Buchillier, T., Kosinski, M., Vallez, J.-F., Albrecht, A., Oess, A.:

Mesures de plutonium dans quelques échantillons clefs de la Suisse: surveillance et évaluation des dépôts atmosphériques. In: «Umwelt-radioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 1996». Bundesamt für Gesundheitswesen, Sektion zur Überwachung der Radioaktivität, Bern 1997, B. 7.3., 1–13.

Genoni, G.P.:

Influence of the energy relationships of organic compounds on toxicity to the cladoceran *Daphnia magna* and the fish *Pimephales promelas*. Ecotoxicol. & Environ. Safety 36, 27–37 (1997). [2237]

Genoni, G.P.:

Influence of the energy relationships of organic compounds on their specificity toward aquatic organisms. Ecotoxicol. & Environ. Safety 36, 99–108 (1997). [2238]

Genoni, G.P.:

Towards a conceptual synthesis in ecotoxicology. Oikos 80, 96–106 (1997). [2289]

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

Growth and production of aquatic hyphomycetes in decomposing leaf litter. Limnol. Oceanogr. 42, 496–505 (1997).

Gessner, M.O., Newell, S.Y.:

Bulk quantitative methods for the examination of eukaryotic organo-osmotrophs in plant litter. In: «Manual of Environmental Microbiology», Hurst, C.J., Knudsen, G., McInerney, M., Stetzenbach, L.D., Walter, M. (Eds.). Amer. Soc. for Microbiology, Washington, D.C., USA, pp. 295–308 (1997).

Gessner, M.O., Schieferstein, B., Müller, U., Barkmann, S., Lenfers, U.A.:

A partial budget of primary organic carbon flows in the littoral zone of a hardwater lake. Aquat. Bot. 55, 93–103 (1996).

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

Decomposition of plant litter by fungi in marine and freshwater ecosystems. In: «The Mycota: A comprehensive treatise on fungi as experimental systems for basic and applied research, Vol. IV: Environmental and microbial relationships», Wicklow, D.T., Söderström, B. (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, pp. 303–322 (1997).

Giger, W.:

Trace determinations of individual organic pollutants – 25 years of research at the Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology (EAWAG). *Chimia* 51, No. 10, 729–732 (1997). [2360]

Giger, W., Sigg, L.:

Homage to Werner Stumm, Kurt Grob, and Jürg Hoigné. *Chimia* 51, No. 12, 859–860 (1997). [2362]

Giger, W., Sulzberger, B.:

Chemistry at EAWAG – a key player in environmental research. *Chimia* 51, No. 12, 857–858 (1997).

Glod, G., Angst, W., Holliger, C., Schwarzenbach, R.P.:

Corrinoid-mediated reduction of tetrachloroethene, trichloroethene, and trichlorofluoroethene in homogeneous aqueous solution: reaction kinetics and reaction mechanisms. *Environ. Sci. & Technol.* 31, 253–260 (1997). [2202]

Glod, G., Brodmann, U., Angst, W., Holliger, C., Schwarzenbach, R.P.:

Cobalamin-mediated reduction of *cis*- and *trans*-dichloroethene, 1,1-dichloroethene, and vinyl chloride in homogeneous aqueous solution: reaction kinetics and mechanistic considerations. *Environ. Sci. & Technol.* 31, 3154–3160 (1997). [2316]

Gonser, T., Spies, M.:

Southern hemisphere *Symbiocladius* (Diptera, Chironomidae) and their mayfly hosts (Ephemeroptera, Leptophlebiidae). In: «Ephemeroptera & Plecoptera: Biology-Ecology-Systematics», Landolt, P., Sartori, M. (Eds.). Mauron, Tinguely & Lachat SA, Fribourg, pp. 455–466 (1997).

Goss, K.-U.:

Considerations about the adsorption of organic molecules from the gas phase to surfaces: implications for inverse gas chromatography and the prediction of adsorption coefficients. *J. Colloid & Interface Sci.* 190, 241–249 (1997). [2298]

Goss, K.-U., Eisenreich, S.J.:

Sorption of volatile organic compounds to particles from a combustion source at different temperatures and relative humidity. *Atmospher. Environ.* 1997, 31, 2827–2834.

Gujer, W., Holiencin, A., Purtschert, I., Siegrist, H., Thomann, M., Diebold, J., Zimmerli, T., Koch, G., Maurer, M., Wild, D., Kisliakova, A., von Schulthess, R.:

Biologische Nährstoff-Elimination. VSA Verbandsber. Nr. 499, 198. Mitgliederversamml., 29.11.1995 in Zürich, 55. S. [2249]

Gujer, W., Larsen, T.A.:

Siedlungswasserwirtschaft – wie weiter? Wiener Mitt., Wasser-Abwasser-Gewässer. 141, 17–37 (1997).

Güttinger H.:

Wie überzeuge ich wen, dass das, was ich weiss, wissenschaftlich ist? in: «Universitäre Weiterbildung, Symposium 1996», Univ. Bern Koordinationsstelle für Weiterbildung, Arbeitsbericht Nr. 17, 153–156 (1997).

Harms, H., Bosma, T.N.P.:

Mass transfer limitation of microbial growth and pollutant degradation. *J. Industrial Microbiol. & Biotechnol.* 18, 97–105 (1997). [2241]

Harms, S., Truffer, B.:

Keine technikverrückten Spinner. Der Markt für Elektromobile. *Mobil E*, Nr. 6, 24–26 (1996/1997).

Harms, S., Truffer, B.:

Leichtelektromobile: Alltagstauglichkeit und Marktchancen. *Mobil E*, Nr. 3, 26–27 (1997).

Harms, S., Truffer, B.:

Der Markt für Leichtelektromobile – Was können wir von heutigen KonsumentInnen lernen? Tagungsband der 5. Tagung Leichtelektromobile im Alltag. Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern 1997, S. 153–160.

Hausmann, S.E., Grönlund, E., Lemcke, G., Lotter, A.F.:

High-resolution study of the last 400 years in the laminated sediments of subalpine Seeburgsee (Switzerland). *Würzburger Geogr. Manuskripte* 41, 91 (1997).

Herzog, G.F., Vogt, S., Albrecht, A., Xue, S., Fink, D., Klein, J., Middleton, R., Weber, H.W., Schultz, L.:

Complex exposure histories for meteorites with «short» exposure ages. *Meteoritics & Planetary Sci.* 32, 413–422 (1997).

Hildenbrand, M., Haderlein, S.:

Sorptionskinetik von Nitroaromaten im Grundwasserleiter. 5. Dresdner Grundwasserforschungstage 1996, Luckner, L. (Hrsg.). Proc. Dresdner Grundwasserforschungszentrum, Dresden, 1996.

Hofer, M., Aeschbach-Hertig, W., Beyerle, U., Haderlein, S.B., Hoehn, E., Hofstetter, T.B., Johnson, A., Kipfer, R., Ulrich, A., Imboden, D.M.:

Tracers as essential tools for the investigation of physical and chemical processes in groundwater systems. *Chimia* 51, No. 12, 941–946 (1997).

Hoigné, J.:

Inter-calibration of OH radical sources and water quality parameters. *Water. Sci. Technol.* 35, No. 4, 1–8 (1997). [2230]

Holliger, C., Gaspard, S., Glod, G., Hejman, C., Schumacher, W., Schwarzenbach, R.P., Vazquez, F.:

Contaminated environments in the subsurface and bioremediation: organic contaminants. *FEMS Microbiol. Reviews.* 20, 517–523 (1997). [2285]

Hug, S.J.:

In situ fourier transform infrared measurements of sulfate adsorption on hematite in aqueous solutions. *J. Colloid & Interface Sci.* 188, 415–422 (1997). [2252]

Hug, S.J., Buerge, I.J., Weidler, P.G.:

Transformations of chromium in the environment. *Analysis Magazine* 25, No. 7, M12–M15 (1997). [2310]

Hug, S.J., Johnson, A., Friedl, G., Lichtensteiger, T., Belevi, H., Sturm, M.:

Characterization of environmental solids and surfaces. *Chimia* 51, No. 12, 884–892 (1997). [2365]

Hug, S.J., Laubscher, H.U., James, B.R.:

Iron(III) catalyzed photochemical reduction of chromium(VI) by oxalate and citrate in aqueous solutions. *Environ. Sci. & Technol.* 31, 160–170 (1997). [2194]

Hunkeler, D., Hoehn, E., Höhener, P., Zeyer, J.:

Rn-222 as a partitioning tracer to detect mineral oil contaminations: laboratory experiments and field measurements. *Environ. Sci. & Technol.* 31, No. 11, 3180–3187 (1997).

Jaeger, C.C.:

Scientific knowledge, models and decision Process. In: «Prospects for integrated environmental assessment: lessons learnt from the case of climate change», Sors, A., Liberatore, A., Funtowicz, S., Hourcade, J.C., Fellous, J.L. (Eds.). *Proc. Internat. Symposi.* 24–26.10.1996, Toulouse, France, Eur. Commission, DG XII, EUR 17639, 1997, pp. 49–52.

Jaeger, C.C., Barker, T., Edenhofer, O., Faucheux, S., Hourcade, J.-C., Kasemir, B., O'Connor, M., Parry, M., Peters I., Ravetz J., Rotmans, J.:

Procedural leadership in climate policy: a European task. *Global Environmental Change* 7, Issue 3 (1997).

Jucker, B.A., Harms, H., Hug, S.J., Zehnder, A.J.B.:

Adsorption of bacterial surface polysaccharides on mineral oxides is mediated by hydrogen bonds. *Colloids & Surfaces* 9, 332–343 (1997). [2349]

Kasemir, B.:

Changing the environment in style – lifestyles, sustainability and integrated assessment. In: «Prospects for integrated environmental assessment: lessons learnt from the case of climate change», Sors, A., Liberatore, A., Funtowicz, S., Hourcade, J.C., Fellous, J.L., (Eds.). *Proc. Internat. Sympos.* 24–26 Oct. 1996, Toulouse, France, Eur. Commission, DG XII, EUR 17639, 1997, pp.145–148.

Kasemir, B.:

Integrated environmental assessment: embedding science in a social discourse. In: «Allgemeine Ökologie zur Diskussion gestellt», Kaufmann-Hayoz, R., Haefeli, U. (Hrsg.). Nr. 3/4, Ökologisierungprozesse in Wirtschaft und Verwaltung. *Proc. Sympos. «Umweltverantwortliches Handeln»*, Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie, Universität Bern 1997, S. 140–146.

Kasemir, B., Behringer, J., De Marchi, B., Deuker, C., Dürrenberger, G., Funtowicz, S., Gerger, A., Giaoutzi, M., Haffner, Y., Nilsson, M., Querol, C., Schüle, R., Tabara, D., van Asselt, M., Vassilarou, D., Willi, N., Jaeger, C.C.:

Focus Groups in Integrated Assessment: The ULYSSES pilot experience, Working paper ULYSSES WP-97-4, Center for Interdisciplinary Studies in Technology, Darmstadt University of Technology 1997.

Kerr, J.A., Stocker, D.W., Semadeni, M., Eberhard, J., Müller, C.:

The rates and mechanisms for VOC photo-oxidation reactions under simulated tropospheric conditions. In: «Transport and chemical transformation of pollutants in the troposphere», Vol. 3, «Chemical processes in atmospheric oxidation», Le Bras, G. (Ed.). Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 1997, pp.128–134. [2197]

Kersten M., Moor H.C., Johnson C.A.:

Speciation of trace metals in leachate from a MSWI bottom ash landfill. *Appl. Geochem.* 12, 675–683 (1997). [2346]

Kiefer, E., Sigg, L., Schosseler, P.:

Chemical and spectroscopic characterization of algae surfaces. *Environ. Sci. & Technol.* 31, No. 3, 759–764 (1997). [2235]

Kiel, E., Frutiger, A.:

Behavioural responses of different blackfly species to short-term oxygen depletion. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 82, No. 1, 107–120 (1997). [2223]

Klausen, J., Haderlein, S.B., Schwarzenbach, R.P.:

Oxidation of substituted anilines by aqueous MnO₂: effect of Co-solutes on initial and quasi-steady-state kinetics. *Environ. Sci. & Technol.* 31, No. 9, 2642–2649 (1997). [2308]

Klausen, J., Meier, M.A., Schwarzenbach, R.P.:

Assessing the fate of organic contaminants in aquatic environments: mechanism and kinetics of hydrolysis of a carboxylic ester. *J. Chem. Education*, 74, 1440–1443 (1997).

Knauer, K., Behra, R., Sigg, L.:

Adsorption and uptake of copper by the green alga *Scenedesmus subspicatus* (Chlorophyta). *J. Phycology* 33, 596–601 (1997). [2292]

Knauer, K., Behra, R., Sigg, L.:

Effects of free Cu²⁺ and Zn²⁺ ions on growth and metal accumulation in freshwater algae. *Environ. Toxicol. & Chem.* 16, No. 2, 220–229 (1997). [2227]

Knie, A., Berthold, O., Hård, M., Buland, M., Gjøen, H., Quéré, M., Streicher, W., Truffer, B., Harms, S.:

Consumer use patterns of electric vehicles. Veröffentlichungsreihe Abt. Organisation und Technikgenese, Forschungsschwerpunkt Technik–Arbeit–Umwelt, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung. FS II, 97–105 (1997).

Kobler, D., Boller, M.:

Particle removal in different filtration systems for tertiary wastewater treatment – a comparison. *Water Sci. Tech.* 36, No. 4, 259–267 (1997). [2343]

Koch, G., Siegrist, H.:

Denitrification with methanol in tertiary filtration at wastewater treatment plant Zürich-Werdhölzli. *Water Sci. Tech.* 36, No. 1, 165–172 (1997). [2322]

Koch, G., Siegrist, H.:

Denitrification with methanol in tertiary filtration. *Water Res.* 31, No. 12, 3029–3038 (1997). [2347]

Kohler, H.-P.E., Angst, W., Giger, W., Kanz, C., Müller, S., Suter, M.J.-F.:

Environmental fate of chiral pollutants – the necessity of considering stereochemistry. *Chimia* 51, No. 12, 947–951 (1997). [2371]

Kohler, H.-P.E., Zipper-Duss, C., Nickel, K.:

Umweltdynamik chiraler Schadstoffe – die Notwendigkeit einer Stereoisomeren – spezifischen Betrachtung. In: «Umwelt und Chemie», Bayer, E., Ballschmitter, K. et al. (Eds.), Bd. 8, Monogr. Ges. Dt. Chemiker, Ulm 1997, S. 263–372. [2295]

Komov, V.T., Stepanova, I.K., Lazareva, V.I., Robinson, C.T.:

Spatial and temporal aspects in water chemistry of lakes in Darwin Reserve, northwest Russia. *Arch. Hydrobiol.* 139, 129–144 (1997).

Kovářová, K., Egli, T.:

Effects of naturally occurring substrates on the biodegradation of pollutants at low concentrations. In: «Environmental Biotechnology», Part I, Verachtert, H., Verstraete, W. (Eds.). *Int. Sympos.*, 94th event

Eur. Fed. Biotechnology, Oostende, April 21–23, 1997, pp. 99–103. [2354]

Kovářová, K., Käch, A., Chaloupka, V., Egli, T.:

Cultivation of *Escherichia coli* with mixtures of 3-phenylpropionic acid and glucose: dynamics of growth and substrate consumption. *Biodegradation* 7, 445–353 (1996). [2290]

Kovářová, K., Käch, A., Zehnder, A.J.B., Egli, T.:

Cultivation of *Escherichia coli* with mixtures of 3-phenylpropionic acid and glucose: steady-state growth kinetics. *Appl. Environ. Microbiol.* 63, No. 7, 2619–2624 (1997). [2291]

Krebs, P.:

Nutzung von Modellen für Gestaltung und Betrieb von Nachklärbecken. *Wiener Mitt. Wasser, Abwasser, Gewässer* 137, 159–190. (1997).

Krebs, P, Larsen, T.A.:

Guiding the development of urban drainage systems by sustainability criteria. *Water Sci. Tech.* 35, No. 9, 89–98 (1997). [2281]

Krejci, V., Schilling, W., Gammeter, S.:

Receiving water protection during wet weather. *Water Sci. Tech.* 29, Nr. 1–2, 219–229 (1994). [2309]

Langenhoff, A.A.M., Brouwers-Ceiler, D.L., Engelberting, J.H.L., Quist, J.J., Wolkenfelt, J.G.P.N., Zehnder, A.J.B., Schraa, G.:

Microbial reduction of manganese coupled to toluene oxidation. *FEMS Microbial Ecology* 22, 119–127 (1997). [2208]

Langenhoff, A.A.M., Nijenhuis, Y., Tan, N.C.G., Briglia, M., Zehnder, A.J.B., Schraa, G.:

Characterisation of a manganese-reducing, toluene-degrading enrichment culture. *FEMS Microbiol. Ecol.* 24, 113–125 (1997). [2348]

Larsen, T.A., Gujer, W.:

The concept of sustainable urban water management. *Water Sci. Tech.* 35, No. 9, 3–10 (1997). [2280]

Lemcke, G., Sturm, M.:

$\delta^{18}\text{O}$ and trace element measurements as proxy for the reconstruction of climate changes at Lake Van (Turkey): preliminary results. *NATO ASI Series* 149, 653–678 (1997).

Leveau, J. H. J., van der Meer, J.R.:

Genetic characterization of insertion sequence ISJP4 on plasmid pJP4 from *Ralstonia eutropha* JMP134. *Gene* 202, 103–114 (1997). [2350]

Liberatore, A., Journé, V., Kasemir, B., Fellous, J.L., Skea, J., Toth, F.:

Learning about integrated environmental assessment: an introductory polylogue. In: «Prospects for integrated environmental assessment: lessons learnt from the case of climate change», Sors, A., Liberatore, A., Funtowicz, S., Hourcade, J.C., Fellous, J.L. (Eds.). *Proc. Internat. Sympos.* 24–26 Oct. 1996, Toulouse, France, European Commission, DG XII, EUR 17639, 1997, pp. 7–21.

Lichtensteiger, Th.:

Produkte der thermischen Abfallbehandlung als mineralische Zusatzstoffe in Zement und Beton – Ein Beispiel für Produktdesign in der Abfallwirtschaft. *Müll und Abfall.* 29, H. 2, 80–84 (1997).

Livingstone, D.M.:

Break-up dates of alpine lakes as proxy data for local and regional mean surface air temperatures. *Clim. Change* 37, 407–439 (1997).

Livingstone, D.M., Imboden, D.M.:

Reply – the prediction of hypolimnetic oxygen profiles: a plea for a deductive approach. *Canad. J. Fisheries & Aquatic Sci.* 54, No. 3, 740–741 (1997). [2288]

Lotter, A.F., Ammann, B., Birks, H.J.B., Heiri, O., Hirt, A., Lanci, L., Lemcke, G., Sturm, M., van Leeuwen, J., Walker, I.R., Wick, L.:

AQUAREAL: A multi-proxy study of Holocene sediment archives in alpine lakes. *Würzburger Geogr. Manuskripte* 41, 127–128 (1997).

Lotter, A. F., Birks, H.J.B.:

The separation of the influence of nutrients and climate on the varve time-series of Baldeggersee, Switzerland. *Aquatic Sci.* 59, 362–375 (1997).

Lotter, A.F., Birks, H.J.B., Sturm, M.:

Disentangling the influence of nutrients and climate in the varved sediments of Baldeggersee (Switzerland). *Würzburger Geogr. Manuskripte* 41, 125–126 (1997).

Lotter, A.F., Merkt, J., Sturm, M.:

Differential sedimentation versus coring artifacts: a comparison of two widely used piston-coring methods. *J. Palaeolimnol.* 18, No. 1, 75–85 (1997).

Lotter, A.F., Renberg, I., Hansson, H., Stöckli R., Sturm, M.:

A remote controlled freeze corer for sampling unconsolidated surface sediments. *Aquatic Sci.* 59, 295–303 (1997).

Lotter, A.F., Sturm, M., Teranes, J.L., Wehrli, B.:

Varve formation since 1885 and high-resolution varve analyses in hypertrophic Baldeggersee (Switzerland). *Aquatic Sci.* 59, 304–325 (1997).

Mader, B.T.; Goss, K.-U.; Eisenreich, S.J.:

Sorption of nonionic, hydrophobic organic chemicals to mineral surfaces. *Environ. Sci. & Technol.* 1997, 31, 1079–1086 (1997).

Malard, F., Laurent, R., Reygrobellet, J.-L.:

Impacts physico-chimiques et biologiques de l'aménagement des fleuves sur les nappes alluviales: exemple de la retenue du barrage de Génissiat (Ain) dans un secteur encaissé du Rhône. In: *Documents du BRGM* 256, BRGM (Ed.), Orléans, France, p. 67–72 (1996).

Malard, F., Turquin, M.J., Magniez, G.:

Filter effect of karstic spring ecotones on the population structure of the hypogean amphipod *Niphargus virei*. In: «Groundwater/surface water ecotones – biological and hydrological interactions and management options», Gibert, J., Mathieu, J., Fournier, F. (eds). *International Hydrology Series and Cambridge University Press, Paris*, pp. 42–50 (1997).

Malard, F., Reygrobellet, J.-L., Laurent, R. Mathieu, J.:

Developments in sampling the fauna of deep water-table aquifers. *Arch. Hydrobiol.* 138, 401–432 (1997).

Malard, F., Simon, K.:

Sampling in wells for describing ecological patterns at a microscale in karst aquifers. In: «Conservation and protection of the biota of karst»,

Sasowsky, I.D., Fong, D.W., White, E.L. (eds.), Special Publ. No. 3, Karst Water Institute, Charles Town, West Virginia, pp. 46–55 (1997).

Maret, T.R., Robinson, C.T., Minshall, G.W.:

Fish assemblages and associated environmental correlates in least-disturbed streams of the Upper Snake River basin, western USA. *Transacti. Amer. Fish. Soc.* 126, 200–216 (1997).

Marmonier, P., Ward, J. V., Danielopol, D.L.:

Biodiversity in groundwater/surface water ecotones: central questions. In: «Groundwater/Surface Water Ecotones: Biological and Hydrological Interactions», Gibert, J., Mathieu, J., Fournier, F. (Eds.). Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK 1997, pp. 231–235.

Masarik, J., Beer, J.:

Monte Carlo simulation of particle fluxes and cosmogenic nuclide production in earth's atmosphere. 25th Internati. Cosmic Ray Conf., Durban. 2, 461–464 (1997).

Matthäi, C.D., Uehlinger, U., Frutiger, A.:

Response of benthic invertebrates to natural versus experimental disturbance on a Swiss prealpine river. *Freshwater Biol.* 37, 61–77 (1997). [2256]

Matthäi, C.D., Werthmüller, D., Frutiger, A.:

Invertebrate recovery from a bed-moving spate: the role of drift versus movements inside or over the substratum. *Arch. Hydrobiol.* 140, No. 2, 221–235 (1997). [2335]

Maurer, M., Gujer, W., Hany, R., Bachmann, S.:

Intracellular carbon flow in phosphorus accumulating organisms from activated sludge systems. *Water Res.* 31, No. 4, 907–917 (1997). [2283]

Meier, G.M., Meyns, S., und Meyer, E.I.:

Saisonalität von Fettgehalt und Fettsäuremuster in aquatischen Makroinvertebraten. Tagungsber. Jahrestagung 1996 Dt. Limnol. Ges., Schwedt a. d. Oder, Eigenverlag der DGL, Krefeld 1997.

Mengis, M., Gächter, R., Wehrli, B.:

Stickstoff-Elimination in Schweizer Seen. *Gas, Wasser, Abwasser* 77, Nr. 3, 174–180 (1997). [2231]

Mengis, M., Gächter, R., Wehrli, B.:

Sources and sinks of nitrous oxide (N₂O) in deep lakes. *Biogeochem.* 38, 281–301 (1997). [2325]

Mensch, R., Känel, B., Uehlinger, U.:

Kurzfristige Auswirkungen einer Entkrautung auf einen Mittellandbach (Chriesbach bei Dübendorf, ZH). *Vjschr. Naturforsch. Ges. Zürich* 142, H. 1, 23–31 (1997). [2240]

Merz, P., Gujer, W.:

Fliessgewässer und die Einwirkungen der Siedlungsentwässerung. Problemanalyse und Folgerungen für die Untersuchung der Vorflutgewässer und technischen Entwässerungssysteme. *Gas, Wasser, Abwasser* 77, Nr. 3, 181–192 (1997). [2232]

Middeldorp, P.J.M., De Wolf, J., Zehnder, A.J.B., Schraa, G.:

Enrichment and properties of a 1,2,4,-trichlorobenzene-dechlorating methanogenic microbial consortium. *Appl. Environ. Microbiol.* 63, No. 4, 1225–1229 (1997). [2228]

Morris, E.M., Bader, H.-P., Weilenmann, P.:

Modelling temperature variations in polar snow using DAISY. *J. Glaciology* 43, No. 143, 180–191 (1997). [2287]

Müller, B., Wehrli, B., Power, M., van der Meer, J.R.:

Structure and activity of microbial communities in sediments. *Chimia* 51, 878–883 (1997).

Müller, S.R.:

Quantifying the dynamics of pesticides in natural waters. *Chimia* 51, No. 10, 753–755 (1997). [2361]

Müller, S.R., Berg, M., Ulrich, M.M., Schwarzenbach, R.P.:

Atrazine and its primary metabolites in Swiss lakes: input characteristics and long-term behavior in the water column. *Environ. Sci. & Technol.* 31, No. 7, 2104–2113 (1997). [2305]

Müller, S.R., Wehrli, B., Wüest, A., Xue, H., Sigg, L.:

The fate of trace pollutants in natural waters – lakes as «real-world test tubes». *Chimia* 51, No. 12, 935–940 (1997). [2370]

Nickel, K., Suter, M.J.-F., Kohler, H.-P.E.:

Involvement of two α -ketoglutarate-dependent dioxygenases in enantioselective degradation of (R)- and (S)-Mecoprop by *Sphingomonas herbicidovorans* MH.J. *Bacteriol.* 179, No. 21, 6674–6679 (1997). [2357]

Nowack, B., Sigg, L.:

Dissolution of Fe(III)(hydr)oxides by metal-EDTA complexes. *Geochim. Cosmochim. Acta* 61, No. 5, 951–963 (1997). [2239]

Nowack, B., Xue, H., Sigg, L.:

Influence of natural and anthropogenic ligands on metal transport during infiltration of river water to groundwater. *Environ. Sci. & Technol.* 31, No. 3, 866–872 (1997). [2236]

Nozhevnikova A.N., Holliger C., Ammann A., Zehnder A.J.B.:

Methanogenesis in sediments from deep lakes at different temperatures (2–70 C). *Water Sci. & Technol.* 464, 57–64 (1997).

Ochs, M.:

Influence of humified and non-humified natural organic compounds on mineral dissolution. *Chem. Geol.* 132, 119–124 (1996). [2210]

Pacini, N., Zobrist, J., Ammann, A., Gächter, R.:

Water-quality surveillance of Swiss rivers. *Chimia* 51, No. 12, 929–934 (1997).

Peeters, F., Kipfer, R., Hohmann, R., Hofer, M., Imboden, D.M., Kodenev, G.G., Khozder, T.:

Modeling transport rates in Lake Baikal: gas exchange and deep water renewal. *Environ. Sci. & Technol.* 31, 2973–2982 (1997). [2315]

Peeters, F., Piepke, G., Gloor, M.:

A diffusion model for the development of a boundary layer in lakes. *Aquatic Sci.* 59, 95–114 (1997). [2264]

Peeters, F., Piepke, G., Kipfer, R., Hohmann, R., Imboden, D.M.:

Description of stability and neutrally buoyant transport in freshwater lakes. *Limnol. Oceanogr.* 41, 1711–1724 (1996). [2255]

Peter, A., Erb, M.:

Leitfaden für fischbiologische Erhebungen in Fließgewässern unter Einsatz der Elektrofischerei. *BUWAL-Mitt. zur Fischerei* 58, 49–71 (1996).

Reichert, P.:

On the necessity of using imprecise probabilities for modelling environmental systems. *Water Sci. Tech.* 36, No. 5, 149–156 (1997). [2344]

Reichert, P.:

Environmental system identification and simulation with AQUASIM. In: «World Directory of Environmental Testing, Monitoring and Treatment 1996/1997», Cross, B. (Ed.). James & James, London, 1996, 127–130, ISBN: 1-873936-66-4.

Reichert, P.:

Der Nutzen Bayesscher Methoden zur Unsicherheitsschätzung von Modellprognosen. In: «Unsicherheit und Ungenauigkeit in ökologischen Bewertungen», Pohl, C., Ros, M. (Hrsg.). Institut für Energietechnik, ETH Zürich, 1997, 33–45.

Reichert, P., Omlin, M.:

On the usefulness of overparameterized ecological models. *Ecol. Modelling* 95, 289–299 (1997). [2224]

Reichert, P., Wanner, O.:

Movement of solids in biofilms: significance of liquid film transport. *Water Sci. Tech.* 36, No. 1, 321–328, 1997.

Reiser, R., Toljander, H., Albrecht, A., Giger, W.:

Alkylbenzenesulfonates in recent lake sediments as molecular markers for the environmental behavior of detergent-derived chemicals. In: «Molecular markers in environmental geochemistry», Eganhouse, R.P. (Ed.), chapter 13. Amer. Chem. Soc., Symposium Ser. 671, Washington 1997, pp. 196–212. [2333]

Reiser R., Toljander H., Giger, W.:

Determination of Alkylbenzenesulfonates in recent sediments by gas chromatography/mass spectrometry. *Analyt. Chem.* 69, No. 23, 4923–4930 (1997). [2359]

Rüede, A.:

In-sights and out-sights of landscapes – resonances as a bridgeconcept? In: «Ökologisierungprozesse in Wirtschaft und Verwaltung», Kaufmann-Hayoz, R., Haefeli, U. (Hrsg.). Proc. Sympos. «Umweltverantwortliches Handeln», 4.–7.9.1996 in Bern. Allgemeine Ökologie zur Diskussion gestellt. Band 3/4, S. 164–172.

Schaller, T., Moor, H.C., Wehrli, B.:

Reconstructing the iron cycle from the horizontal distribution of metals in the sediment of Baldeggersee. *Aquatic Sci.* 59, 326–344 (1997).

Schaller, T., Moor, H.C., Wehrli, B.:

Sedimentary profiles of Fe, Mn, V, Cr, As and Mo as indicators of benthic redox conditions in Baldeggersee. *Aquatic Sci.* 59, 345–361 (1997).

Schaller, T., Wehrli, B.:

Geochemical focusing of manganese in lake sediments – an indicator of deep-water oxygen conditions. *Aquatic Geochemistry* 2, 359–378 (1997).

Schertenleib, R.:

Sanitation in peri-urban areas. In: «Biotechnology for Water Use and Conservation», The Mexico '96 Workshop, OECD Documents, Paris 1997, pp. 373–383.

Schiemer, F., Tockner, K., Baumgartner, C.:

Restaurierungsmöglichkeiten von Flussauen: Das Donau-Restaurierungsprogramm bei Regelsbrunn. *Schrr. Bundesamt für Wasserwirtschaft* 4, 206–224 (1997).

Schlatter, J.W., Wüest, A., Imboden, D.M.:

Hypolimnetic density currents traced by sulphur hexafluoride (SF₆). *Aquatic Sci.* 59, 225–242 (1997). [2339]

Schosseler, P.M., Wehrli, B., Schweiger, A.:

Complexation of copper(II) with carbonate ligands in aqueous solution: a CW and pulse EPR study. *Inorg. Chem.* 36, No. 20, 4490–4499 (1997). [2318]

Schumacher, W., Holliger, C., Zehnder, A.J.B., Hagen, W.R.:

Redox chemistry of cobalamin and iron-sulfur cofactors in the tetrachloroethene reductase of *Dehalobacter restrictus*. *FEBS Letters* 409, 421–425 (1997). [2286]

Schwager, A., Boller, M.:

Transport phenomena in intermittent filters. *Water Sci. Tech.* 35, No. 6, 13–20 (1997). [2260]

Schwarzenbach, R.P., Angst, W., Holliger, C., Hug, S.J., Klausen, J.:

Reductive transformations of anthropogenic chemicals in natural and technical systems. *Chimia*, 51, No. 12, 908–914 (1997). [2367]

Schwarzenbach, R.P., Haderlein, S.B., Müller, S.R., Ulrich, M.M.:

Assessing the dynamic behavior of organic contaminants in natural waters. In: «Perspectives in environmental chemistry», Macalady, D.L. (Ed.). Chapter 6. *Environ. Chem. Ser.*, Oxford Univ. Press 1997, pp. 138–166.

Schwenk, K., Spaak, P.:

Ecology and Genetics of interspecific Hybridization in *Daphnia*. In: «Ecology and Evolution of Freshwater Animals», Streit, B., Städler, T., Lively, C. (eds). Birkhäuser Verlag, Basel, 199–229 (1997).

Sedlak, D.L., Hoigné, J., David, M.M., Colville, R.N., Seyffer, E., Acker, K., Wiepercht, W., Lind, J.A., Fuzzi, S.:

The cloudwater chemistry of iron and copper at Great Dunfell, U.K. *Atmospheric Environment* 11, No. 16, 2515–2526 (1997). [2317]

Seefeld, S., Kerr, J.A.:

Kinetics of the reactions of propionylperoxy radicals with NO and NO₂: peroxypropionyl nitrate formation under laboratory conditions related to the troposphere. *Environ. Sci. & Technol.* 31, 2949–2953 (1997). [2314]

Seefeld, S., Kinnison, D.J., Kerr, J.A.:

Relative rate study of the reactions of acetylperoxy radicals with NO and NO₂: peroxyacetyl nitrate formation under laboratory conditions related to the troposphere. *The J. of Phys. Chem.* 101, 55–59 (1997). [2196]

- Sigg, L., Goss, K.-U., Haderlein, S.B., Harms, H., Hug, S.J., Ludwig, C.:**
Sorption phenomena at environmental solid surfaces. *Chimia* 51, No. 12, 893–899 (1997).
- Sigg, L., Schnoor, J.L., Stumm, W.:**
Atmosphere-water-rock interactions; as observed in alpine lakes. In: «Perspectives in environmental chemistry», Macalady, D. (Ed.). Oxford University Press (1997).
- Simon, W., Reichert, P.:**
Properties of exact and approximate travelling wave solutions for transport with nonlinear and nonequilibrium sorption. *Water Resources Res.* 33, 1139–1147 (1997). [2253]
- Sommer, B., Mariño, A., Solarte, Y., Salas, M.L., Dierolf, C., Valiente, C., Mora, D., Rechsteiner, R., Setter, P., Wirojanagud, W., Ajarmeh, H., Al-Hassan, A., Wegelin, M.:**
SODIS – an emerging water treatment process. *J. Water SRT – Aqua* 46, No. 3, 127–137 (1997).
- Spaak, P., Hoekstra, J.R.:**
Fish predation on a *Daphnia* hybrid species complex: A factor explaining species coexistence? *Limnol. Oceanogr.* 42, No. 4, 753–762 (1997).
- Stadelmann, P., Bürgi, H.R., Butscher, E.:**
Massnahmen zur Seesaniierung: Beispiel des Baldeggersees. *Gas, Wasser, Abwasser* 77, 16–33 (1997). [2250]
- Stadelmann, P., Wehrli, B., Wüest, A., Fluder, W.:**
Zehn Jahre Seenbelüftung und Optionen. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik* 95, Nr. 3 (1997). [2233]
- Stemmler, K., Mengon, W., Kerr, J.A.:**
OH radical initiated photooxidation of 2-ethanol under laboratory conditions related to the troposphere: product studies and proposed mechanisms. *Environ. Sci. & Technol.* 30, 3385–3391 (1996). [2245]
- Stemmler, K., Mengon, W., Kerr, J.A.:**
Hydroxyl-radical-initiated oxidation of isobutyl isopropyl ether under laboratory conditions related to the troposphere. Product studies and proposed mechanism. *J. Chem. Soc., Faraday Trans.* 93, No. 16, 2865–2875 (1997). [2296]
- Stemmler, K., Mengon, W., Kinnison, D.J., Kerr, J.A.:**
OH radical-initiated oxidation of 2-butoxyethanol under laboratory conditions related to the troposphere: product studies and proposed mechanism. *Environ. Sci. & Technol.* 31, 1496–1504 (1997). [2313]
- Sticher, P., Jaspers, M.C.M., Stemmler, K., Harms, H., Zehnder, A.J.B., van der Meer, J.R.:**
Development and characterization of a whole-cell bioluminescent sensor for bioavailable middle-chain alkanes in contaminated ground-water samples. *Appl. Environ. Microbiol.* 63, No. 10, 4053–4060 (1997). [2319]
- Stoll, J.-M.A., Giger, W.:**
Determination of detergent-derived fluorescent whitening agent isomers in lake sediments and surface waters by liquid chromatography. *Analyt. Chem.* 69, No. 13, 2594–2599 (1997). [2303]
- Stoll, J.-M.A., Poiger, T.F., Lotter, A.F., Sturm, M., Giger, W.:**
Fluorescent whitening agents as molecular markers for domestic wastewater in recent sediments of Greifensee, Switzerland. In: «Molecular markers in environmental geochemistry», Eganhouse, R.P. (Ed.). Amer. Chem. Soc., Washington. pp. 231–241 (1997). [2334]
- Strauss, M., Larmie, S.A., Heinss, U.:**
Treatment of sludges from on-site sanitation: low-cost options. *Water Sci. Tech.* 35, No. 6, 129–136 (1997). [2341]
- Stumm, W.:**
Reactivity at the mineral-water interface: dissolution and inhibition. *Colloids and Surfaces* 120, 143–166 (1997). [2220]
- Stumm, W.:**
Catalysis of redox processes by hydrous oxide surfaces. *Croat. Chem. Acta* 70, No. 1, 71–93 (1997). [2266]
- Stumm, W.:**
[Water] properties. In: «Kirk/Othmer Encyclopedia of chemical technology», 4th Ed., John Wiley & Sons, New York 1998, Vol. 25, pp. 382–405. [2340]
- Sturm, M., Friedl, G., Lotter, A.F., Inauen, P., Stengel, C., Zwysig, A.:**
Results of high resolution sediment traps proof model of varve formation in Baldeggersee, Switzerland. *Würzburger Geogr. Manuskripte* 41, 211 (1997).
- Sturm, M., Matta, V., Schurter, M., Zwysig, A., Vologina, E.G., Levina, O.V., Gnadosky, R., Flower, R.J., Ryvs, D., Lees, J.A., Jewson, D.:**
Recent sedimentation in Lake Baikal. Results of high-resolution trap and short core research. *Würzburger Geogr. Manuskripte* 41, 213–214 (1997).
- Sulzberger, B.:**
Effects of light on the biological availability of trace metals. In: «Marine Chemistry», Gianguzza, A., Pelizzetti, E., Sammartano, S., (Eds.). Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands 1997, pp. 353–380.
- Sulzberger, B., Canonica, S., Egli, T., Giger, W., Klausen, J., von Gunten, U.:**
Oxidative transformations of contaminants in natural and in technical systems. *Chimia* 51, No. 12, 900–907 (1997). [2366]
- Sulzberger, B., Hug, S.I.:**
Light-induced processes in the aquatic environment. In: «Chemistry of aquatic systems: local and global perspectives», Bidoglio, G., Stumm, W. (Eds.). ECSC, EEC, EAEC, Brussels and Luxembourg 1994, pp. 183–212. [2221]
- Suske, W.A., Held, M., Schmid, A., Fleischmann, T., Wubbolts, M.G., Kohler, H.-P.E.:**
Purification and characterization of 2-hydroxybiphenyl 3-mono-oxygenase, a novel NADH-dependent, FAD-containing aromatic hydroxylase from *Pseudomonas azelaica* HBP1. *J. Biol. Chem.* 272, No. 39, 24 257–24 265 (1997). [2294]
- Suter, M.J.-F.:**
The determination of polar compounds in the aquatic environment. In: «Selected topics and mass spectrometry in the biomolecular

sciences». Caprioli, R.M. et al. (Eds.). Kluwer Academic Publ., Dordrecht 1997, pp. 559–573. [2338]

Suter, M.J.-F., Alder, A.C., Berg, M., Mc Ardell, C.S., Riediker, S., Giger, W.:

Determination of hydrophilic and amphiphilic organic pollutants in the aquatic environment. *Chimia* 51, No. 12, 871–877 (1997). [2364]

Suter, M.J.-F., Riediker, S., Zipper, C., Kohler, H.P.E., Giger, W.:

Polar organic compounds in landfill leachates. *Analisis* 25, No. 7, 23–29 (1997). [2311].

Thompson, L., Yao, T., Davis, M.E., Mosley-Thompson, E., Lin, P.-N., Beer, J., Synal, H.-A., J. Cole-Dai, J., Bolzan, J.F.:

Tropical climate instability: the last glacial cycle from a Qinghai-Tibetan plateau ice core. *Science* 276, 1821–1825 (1997).

Tockner, K., Malard, F., Burgherr, P., Robinson, C.T.,

Uehlinger, U., Zah, R., Ward, J.V.:

Physico-chemical characterization of channel types in a glacial floodplain ecosystem (Val Roseg, Switzerland). *Arch. Hydrobiol.* 140, No. 4, 433–463 (1997). [2336]

Tockner, K., Schiemer, F.:

Ecological aspects of the restoration strategy for a river-floodplain system on the Danube River in Austria. *Global Ecol. & Biogr. Lett.* 6, 321–329 (1997). [2326]

Tockner, K., Waringer, J.A.:

Measuring drift during a receding flood: results from an Austrian mountain brook (Ritrodal-Lunz). *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 82, No. 1, 1–13 (1997). [2222]

Truffer, B., Dürrenberger, G.:

Outsider initiatives in the reconstruction of the car: The case of light weight vehicle milieus in Switzerland. *Science, Technol. & Human Values* 22, No. 2, 207–234 (1997).

Tschui, M., Boller, M.:

Abwasserreinigung mit submersen Festbettreaktoren. *Gas, Wasser, Abwasser* 77, H. 11, 769–781 (1997).

Urban, N.R., Dinkel, C., Wehrli, B.:

Solute transfer across the sediment surface of a eutrophic lake: I. Porewater profiles from dialysis samplers. *Aquatic Sci.* 59, 1–25 (1997). [2248]

van der Meer, J.R.:

Evolution of novel metabolic pathways for the degradation of chloro-aromatic compounds. *Antonie van Leeuwenhoek* 74, 159–178 (1997).

van der Meer, J.R., Harms, H.:

Was kann mikrobiologische Forschung zur Bodensanierung beitragen? *Terratech* 6, H. 2/3, 24–26; 49–51 (1997).

van der Wal, A., Minor, M., Norde, W., Zehnder, A.J.B.,

Lyklema, J.:

Electrokinetic potential of bacterial cells. *Langmuir* 13, 165–171 (1997). [2353]

van der Wal, A., Minor, M., Norde, W., Zehnder, A.J.B.,

Lyklema, J.:

Conductivity and dielectric dispersion of gram-positive bacterial cells. *J. Colloids & Interface Sci.* 186, 71–79 (1997). [2352]

van der Wal, A., Norde, W., Bendinger, B., Zehnder, A.J.B., Lyklema, J.:

Chemical analysis of isolated cell walls of gram-positive bacteria and determination of the cell wall to cell mass ratio. *J. Microbiol. Methods* 28, 147–157 (1997). [2278]

van der Wal, A., Norde, W., Zehnder, A.J.B., Lyklema, J.:

Determination of the total charge in the cell walls of gram-positive bacteria. *Colloids & Surfaces B: Biointerfaces* 9, 81–100 (1997). [2279]

Voelker, B.M., Morel, F.M.M., Sulzberger, B.:

Iron redox cycling in surface waters: Effects of humic substances and light. *Environ. Sci. & Technol.* 31, 1004–1011 (1997).

von Gunten, H.R., Sturm, M., Moser, R.N.:

200-year record of metals in lake sediments and natural background concentrations. *Environ. Sci. & Technol.* 31, No. 8, 2193–2197 (1997).

von Gunten, U., Elviotz, M., Kaiser, H.P.:

Characterization of ozonation processes with conservative and reactive tracers: prediction of the degradation of micropollutants. *Analisis Magazine* 25, No. 7, M29–M31 (1997). [2312]

von Gunten, U., Oliveras, Y.:

Kinetics of the reaction between hydrogen peroxide and hydro-bromous acid: implication on water treatment and natural systems. *Water Res.* 31, No. 4, 900–906 (1997). [2282]

von Gunten, U., Oliveras, Y.:

Advanced oxidation of bromide-containing waters: bromate formation mechanisms. *Environ. Sci. & Technol.* 32, 63–70 (1998) [2351]

Voorhorst, W.G.B., Eggen, R.I.L., Geerling, A.C.M.,

Platteeuw, C., Siezen, R.J., de Vos, W.M.:

Isolation and characterization of the hyperthermostable serine protease, pyrolysin, and its gene from the hyperthermophilic archaeon *Pyrococcus furiosus*. *J. Biol. Chem.* 271, 20 426–20 431 (1996).

Walker, I.R., Levesque, A.J., Cwynar, L.C., Lotter, A.F.:

An expanded surface-water palaeotemperature inference model for use with fossil midges from eastern Canada. *J. Paleolimnol.* 18, No. 2, 165–178 (1997).

Ward, J.V.:

An expansive perspective of riverine landscapes: pattern and process across scales. *GAIA* 6, 52–60 (1997).

Ward, J.V.:

Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biol. Conservation* 83, No. 3, 269–278 (1998). [2372]

Ward, J.V., Voelz, N.J.:

Interstitial fauna along an epigeal-hypogean gradient in a Rocky Mountain river, p. 37–41. In: «Groundwater/Surface Water Ecotones: Biological and Hydrological Interactions», Gibert, J., Mathieu, J., Fournier, F. (Eds.). Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK 1997.

Wegelin, M.:

Water treatment in rural areas. In: «Biotechnology for Water Use and Conservation», The Mexico '96 Workshop, OECD Documents, Paris 1997, pp. 539–557.

Wehrli, B., Lotter, A.F., Schaller, T., Sturm, M.:

High-resolution varve studies in Baldeggersee (Switzerland): Project overview and limnological background data. *Aquatic Sci.* 59, 285–294 (1997).

Wehrli, B., Schwarzenbach, R.P.:

From molecules to ecosystems: topics, challenges, and players in environmental chemistry. *Chimia* 51, No. 12, 865–870 (1997). [2363]

Weidenhaupt, A., Arnold, C.G., Müller, S.R., Haderlein, S.B., Schwarzenbach, R.P.:

Sorption of organotin biocides to mineral surfaces. *Environ. Sci. & Technol.* 31, No. 9, 2603–2609 (1997). [2307]

Weissmahr, K.W., Haderlein, S.B., Schwarzenbach, R.P., Hany, R., Nüesch, R.:

In situ spectroscopic investigations of adsorption mechanisms of nitroaromatic compounds at clay minerals. *Environ. Sci. & Technol.* 31, 240–247 (1997). [2195]

Wellnitz, T.A., Rader, R.B., Ward, J.V.:

Light and a grazing mayfly shape periphyton in a Rocky Mountain stream. *J. North Amer. Benthol. Soc.* 15, 496–507 (1996).

Wellnitz, T.A., Rader, R.B., Ward, J.V.:

Importance of light and nutrients in structuring an algal community in a Rocky Mountain stream. *J. Freshwater Ecol.* 11, 399–413 (1996).

Wild, D., Kisliakova, A., Siegrist, H.:

Prediction of recycle phosphorus loads from anaerobic digestion. *Water Res.* 31, No. 9, 2300–2308 (1997). [2284]

Witschel, M., Nagel, S., Egli, T.:

Identification and characterization of the two-enzyme system catalyzing the oxidation of EDTA in the EDTA-degrading bacterial strain DSM 9103. *J. Bacteriol.* 179, 6937–6943 (1997). [2358]

Xue, H.B., Gächter, R., Sigg, L.:

Comparison of Cu and Zn cycling in eutrophic lakes with oxic and anoxic hypolimnion. *Aquatic Sci.* 59, 176–189 (1997). [2265]

Xue, H., Sunda, W.G.:

Comparison of [Cu²⁺] measurements in lake water determined by ligand exchange and cathodic stripping voltammetry and ion-selective electrode. *Environ. Sci. & Technol.* 31, No. 7, 1902–1909 (1997). [2304]

Yiou, F., Raisbeck, G.M., Baumgartner, S., Beer, J., Hammer, C., Johnson, S., Jouzel, J., Kubik, P.W., Lestringuez, J., Stievenard, M., Suter, M.:

¹⁰Be in the GRIP ice core at Summit. *J. Geophys. Res.* 102, 26 783–26 794 (1997).

Zerle, L., Faestermann, T., Knie, K., Korschinek, G., Nolte, E., Beer, J., Schotterer, U.:

The ⁴¹Ca bomb pulse and atmospheric transport of radionuclides. *J. Geophys. Res.* 102, 19 517–19 527 (1997).

Zika, U., Peter, A.:

Totholz als Strukturelement in Fließgewässern: Auswirkungen von gezielt eingebrachtem Totholz auf die Bachmorphologie und den Fischbestand. *BUWAL Mitt. zur Fischerei* 58, 79–99 (1996).

Zollhöfer, J.M.:

Quellen, die unbekanntes Biotope: erfassen, bewerten, schützen. *Bristol-Schrr.* Band 6, S. 132 (1997).

Bücher, Schriftenreihe der EAWAG und gedruckte Dissertationen**Ackermann-Liebrich, U., Arquit Niederberger, A., Becker van Slooten, K., Brunner, U., Bürgenmeier, B., Bürki, T., Dürrenberger, G. et al.:**

Visionen der Forschenden. Forschung zu Nachhaltigkeit und globalem Wandel – Wissenschaftspolitische Visionen der Schweizer Forschenden. *ProClim, Forum für Klima und Global Change Bern* 1997, 32 S.

Baumann, B.:

Dynamics of denitrification in *Paracoccus denitrificans*. Diss. ETHZ No. 12 096, Zürich 1997. [2272]

Binder, C.R.:

The early recognition of environmental impacts of human activities in developing countries. Diss. ETHZ No. 11 748, Zürich 1996. [2207]

Borner, S., Büsser, T., Eggen, R., Fent, K., Frutiger, A., Lichtensteiger, T., Müller, R., Müller, S., Peter, A., Wasmer, H.R.:
Procambarus clarkii (Roter Sumpfkrebs) im Schübelweiher bei Küsnacht. Ökologische Situationsanalyse und Vorschläge zur Bekämpfung. EAWAG, Dübendorf, April 1997, 27 S. [2243]**Büssenschütt, M.:**

Pattern and performance – on the modeling of self-organized behavior in ecosystems. Diss. No. 12 393. ETHZ, Zürich 1997.

Chemistry at EAWAG. *Chimia* 51, No. 12, 857–951 (1997).

Fent, K.:

Umwelt- und Ökotoxikologie. Thieme Verlag, Stuttgart 1998, 300 Seiten. ISBN 3-13-109991-7.

Ferrari, S.:

Chemische Charakterisierung des Kohlenstoffes in Rückständen von Müllverbrennungsanlagen: Methoden und Anwendungen. Diss. ETHZ Nr. 12 200, Zürich und Dübendorf 1997. [2273]

Fesch C.:

Transport of organic pollutants in aggregated media: effects of nonlinear and competitive sorption under unsaturated conditions. Diss. ETHZ No. 12 225, Zürich 1997. [2330]

Frauenlob, G., Bloesch, J.:

Bibliographie Inn. Schriftenreihe der EAWAG Nr. 11, Dübendorf 1997, 312 S. ISBN: 3-906484-15-7.

Glod, G.:

Cobalamin-mediated reductive dehalogenation of chlorinated ethenes. Diss. ETHZ No. 12 053, Kastanienbaum 1997. [2218]

Heinss, U., Larmie, S.A., Strauss, M.:

Solids separation and pond systems for the treatment of faecal sludges in the tropics. SANDEC Report No. 5/97, Dübendorf 1997.

Hohmann, R.:

Deep-water renewal in Lake Baikal. Diss. ETHZ No. 12 029, Zürich 1997. [2269]

Ivy Ochs, S.D.:

The dating of rock surfaces using *in situ* produced ^{10}Be , ^{26}Al and ^{36}Cl , with examples from Antarctica and the Swiss Alps. Diss. ETHZ No. 11 763, Zürich 1996. [2268]

Knobel, H.-R.:

Genetic study of bacterial nitrilotriacetate degrading enzymes. Diss. ETHZ No. 12 146, Zürich 1997. [2328]

Kovářová, K.:

Growth kinetics of *Escherichia coli*: Effect of temperature, mixed substrate utilization, and adaptation to carbon-limited growth. Diss. ETHZ No. 11 727, [Zürich] 1996. [2213]

Kramer, J.B.:

Photodegradation of fluorescent whitening agents on sunlit natural waters. Diss. ETHZ No. 11 934, [Zürich] 1996. [2216]

Matta, V., Sturm, M., Lotter, A.:

Post-Symposium Excursion F: Lacustrine Environmental Archives of Central Switzerland. 7th International Symposium on Paleolimnology. Heiligkreuztal, BRD. 143 p. (1997)

Maurer, M.:

Erhöhte biologische Phosphorelimination. Modellierung der biologischen und chemischen Prozesse. Diss. ETHZ Nr. 11 920. Zürich 1996. [2219]

Mengis, M.:

Nitrogen elimination in lakes by N_2 and N_2O emission. Diss. ETHZ No. 11 927, Lucerne 1996. [2215]

Naegeli, M.W.:

Sediment structure, organic matter storage, and metabolism in the hyporheic zone of a prealpine gravel bed river. Diss. ETHZ No. 11 987, Zürich 1997. [2217]

Reiser, R.:

Occurrence and fate of detergent-derived alkylbenzenesulfonates in recent sediments. Diss. ETHZ No. 12 098, Zürich 1997. [2270]

Rüede, A., Garaventa, A., Hunziker, P.:

Lebendiges Linsental. Ein Forschungsprojekt des Forschungsschwerpunktes der EAWAG 1994–1997. EAWAG, Dübendorf 1997.

Schäfer, A.:

Bacterial transport and pollutant degradation: influences of air-water interfaces and solid surfaces. Diss. ETHZ No. 12 416, Zürich 1997. [2332]

Schaller, T.L.:

Redox-sensitive metals in recent lake sediments. Proxy-indicators of deep-water oxygen and climate conditions. Diss. ETHZ No. 11 901, Zürich 1996. [2214]

Seefeld, S.:

Laboratory kinetic and atmospheric modelling studies of the role of peroxyacyl nitrates in tropospheric photo-oxidant formation. Diss. ETHZ No. 12 235, Zürich 1997. [2329]

Simon, A.:

Turbulent mixing in the surface boundary layer of lakes. Diss. ETHZ No. 12 272, Zürich 1997. [2274]

Stoll, J.-M.A.:

Fluorescent whitening agents in natural waters. Diss. ETHZ No. 12 355, Zürich 1997. [2331]

Tien, A.J.:

The physiology of a defined four-membered mixed bacterial culture during continuous cultivation with mixtures of three pollutants in synthetic sewage. Diss. ETHZ No. 11 905, Zürich 1997. [2327]

Wegelin, M.:

Traitement d'Eau de Surface par des Préfiltres à Gravier. Un manuel de Conception, de Construction et d'Exploitation. SANDEC Report No. 3/97, Dübendorf 1997

Wellnitz, T.A.:

Biotic and abiotic constraints on algal communities in streams: the role of light, nutrients, scouring and herbivory. Diss. ETHZ No. 12 301, Zürich 1997. [2275]

Wild, D.:

Nährstoffflüsse in Kläranlagen mit biologischer Phosphorelimination. Diss. ETHZ Nr. 12 197, Zürich 1997. [2271]

Tätigkeit in Kommissionen, Arbeitsgruppen etc.

- Adhoc-Arbeitsgruppe im Rahmen der Pariskommission zum Thema der Eutrophierung im Nordost-Atlantik **René Gächter**
- Adhoc-Arbeitsgruppe «DDT im Lago Maggiore» **Stephan Müller**
- Advisory Committee of Global Applied Research Network (GARNET) **Roland Schertenleib**
- «Aguasana», Schweiz. Koordinationsgruppe im Bereich Wasserversorgung und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern **Roland Schertenleib, Martin Strauss, Martin Wegelin**
- «Aquatic Geochemistry», Mitglied Editorial Board **Laura Sigg**
- Arbeitsgemeinschaft «Renaturierung des Hochrheins», Mitglied **Jürg Bloesch**
- Arbeitsgemeinschaft Material- und Energieflussrechnung (Deutschland), Mitglied **Susanne Kytzia**
- Arbeitsgemeinschaft zum Schutz der Aare ASA, Vizepräsident **Jürg Bloesch**
- Arbeitsgruppe «Forschungspolitische Früherkennung» des Schweiz. Wissenschaftsrates **Joan Davis**
- Arbeitsgruppe Anstellungsbedingungen ETH-Bereich, Teilprojekt Management, Vorsitz **Hans Wasmer**
- Arbeitsgruppe für operationelle Hydrologie der Landeshydrologie **Joan Davis, Michael Sturm**

- Arbeitsgruppe Informatik-Sicherheit im ETH-Bereich, Einberufen durch den ETH-Rat **Hans-Rudolf Rhein**
- Arbeitsgruppe Microbial Physiology, European Federation for Biotechnology, Delegierter der SGM, Sekretär Working Party **Thomas Egli**
- Abwassertechnische Vereinigung ATV, Arbeitsgruppe 2.1.1: «Weitergehende Anforderungen an Mischwassereinleitungen» **Vladimir Krejci**
- Abwassertechnische Vereinigung ATV, Arbeitsgruppe 2.1.7: «Wirksamkeit von gewässerbezogenen Massnahmen zur Regenwasserbehandlung», Vorsitz **Vladimir Krejci**
- Abwassertechnische Vereinigung ATV, Arbeitsgruppe 2.5.2: «Mathematische Modellierung von Nachklärbecken», Sprecher **Peter Krebs**
- Abwassertechnische Vereinigung ATV, Fachausschuss 2.1: «Grundsätze der Abwasserreinigung hinsichtlich der Einleitung in Gewässer und deren Nutzung» **Vladimir Krejci**
- Abwassertechnische Vereinigung ATV, Fachausschuss 2.6: «Aerobe biologische Abwasserreinigungsverfahren» **Willi Gujer**
- AWWA Research Foundation «Emerging Technology Group» **Markus Boller**
- Baudelegierter für die Forschungsanstalten EMPA/EAWAG/WSL, Vorsitzender der Baukommission (BAKO-3FA) **Hans Wasmer**
- Beratende Kommission Sondermülldeponie Kölliken, Mitglied **Hans Wasmer**
- Berufungskommission für den Direktor des Instituts für Limnologie in Mondsee, Österreich, **James Ward**
- Bundesamt für Landwirtschaft, Projektgruppe «Evaluation der Ökomassnahmen» **Stephan Müller**
- Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF, Experte **Karl Fent**
- BUWAL Arbeitsgruppe: «TVA-Revision» **C. Annette Johnson**
- BUWAL Arbeitsgruppe: «Abfallentsorgung in Zementwerken», Gesamtarbeitsgruppe und Technische Spezialkommission **Thomas Lichtensteiger**
- BUWAL Arbeitsgruppe: «Endokrine Effekte», Mitglied **Karl Fent, Walter Giger**
- BUWAL Arbeitsgruppe: «Halogenierte Essigsäuren in der Schweiz», Mitglied **Stephan Müller**
- BUWAL Arbeitsgruppe: «Kormoran und Fische», Mitglied **Rudolf Müller**
- BUWAL Arbeitsgruppe: «Ökologische Kriterien mineralischer Baustoffe», Gesamtarbeitsgruppe und Ausschuss A: Beton/neue Baustoffe **Thomas Lichtensteiger**
- BUWAL Arbeitsgruppe: «Verbrennungsrückstände» **C. Annette Johnson**
- BUWAL-Expertengruppe «Gefährdungsabschätzung Altlasten», Mitglied **Hans Wasmer**
- Commission des relations internationales du CEPF (CRICEPF) **Theresa Büsser**
- Commission informatique du Conseil des Ecoles Polytechniques Fédérales (CICEPF) **Gabriel Piepke**
- Committee for the SPINOZA Prize, Member **Alexander J.B. Zehnder**
- Compagnie générale des eaux, Paris, Consultant Expert **Renata Behra**
- COST 67 «Chemodynamics in Porous Media», Vertreter der Schweiz **Jürg Zobrist**
- COST 682: Working Group on Sustainable Urban Water Management, Vorsitz **Willi Gujer**, Mitglied **Tove Larsen**
- Deutscher Verband des Gas- und Wasserfachs, Delegierter BUWAL/ SVGW, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Arbeitskreis «Wasserschutzgebiete» **Eduard Hoehn**
- DVGW-Arbeitskreis «Flockung», Mitglied **Markus Boller**
- DVGW/LAWA Ausschuss «Wasserschutzgebiete» (Vertretung des SVGW) **Eduard Hoehn**
- Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau FAL, Zürich-Reckenholz: Begleitende Expertengruppe, Mitglied **Ueli Bundi**
- Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau FAL, Zürich-Reckenholz: Begleitgruppe zum Projekt «Eintrag wichtiger Schadstoffe in die Umwelt», Mitglied **Stephan Müller**
- Eidg. Heimarbeitskommission, Wissenschaftlicher Sachverständiger **Carlo C. Jaeger**
- Eidg. Kommission für AC-Schutz (KOMAC), Arbeitsgruppe Messorganisation **Jürg Beer**
- Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KUeR), Mitglieder **Renata Behra, Dieter Imboden**, Experte **Jürg Beer**
- «Environmental Science and Technology», Associate Editor **Walter Giger**
- European Commission, Expert for Evaluation of Research Proposals for «Biotechnology» Framework Programme IV **Thomas Egli**
- European Environmental Research Organisation, EERO, Chairman **Alexander J.B. Zehnder**
- European Inland Fisheries Advisory Commission of FAO/EIFAC: Arbeitsgruppe «Habitat – Fish» **Armin Peter**
- European Inland Fisheries Advisory Commission of FAO/EIFAC: Sub-Commission III «Environmental Problems and Fish», Chairman **Rudolf Müller**
- European Network of Fresh Water Research Organizations EurAqua **Walter Wagner**
- European Photochemistry Association, Executive Committee **Silvio Canonica**
- European Society for Quantum Solar Energy Conversion (ESQSEC), Scientific Board **Barbara Sulzberger**
- Expertengruppe Umweltradioaktivität des Bundesamtes für Gesundheitswesen BAG **Achim Albrecht, Jürg Beer**
- Fachausschuss «Oxidationsmittel in der Wasseraufbereitung» des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW) **Urs von Gunten**
- Fachausschuss HSR (Holderbank Schmelz Redox, thermische Behandlung von Kehrlichtverbrennungsrückständen), zusammen mit Von Roll Holderbank, BUWAL, Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich, Abfuhrwesen der Stadt Zürich, Montanuniversität Leoben **Thomas Lichtensteiger**
- Fachkommission für Umwelttoxikologie des Bundes, Mitglied **René P. Schwarzenbach**
- Forschungsrat des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Expertengruppe SPP Umwelt **Dieter Imboden**
- «GAIA», Mitglied Editorial Board **Peter Baccini, Walter Giger**
- Global Collaborative Council for Water Supply and Sanitation **Roland Schertenleib**
- Global Collaborative Council for Water Supply and Sanitation: Working Group «Promotion of Sanitation» **Roland Schertenleib**
- Hermann-von-Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, Senatsmitglied **Alexander J.B. Zehnder**
- Hydrologischer Atlas der Schweiz, Mitglied der Atlaskommission **Hans Wasmer**
- IAWPRC: Governing Board **Willi Gujer**
- IAWPRC: Task Group on Mathematical Modelling for Design and Operation of Biological Wastewater Treatment **Willi Gujer**
- IAWQ Task Group on River Water Quality Modelling **Peter Reichert**
- Informations- und Koordinationsorgan Umweltbeobachtung (IKUB) des EDI, Mitglied **Jürg Zobrist**
- Interdisziplinärer Arbeitskreis «Umweltbiotechnologie Boden» der DECHEMA (Dt. Ges. für Chem. Apparatewesen, Chem. Technik und Biotechnologie e.V.) **Hauke Harms**

- Internat. Advisory Board und Aufsichtsrat des Wuppertal-Instituts **Joan Davis**
- Internat. Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD), Landesvertreter der Schweiz **Jürg Bloesch**
- Internat. Association for Sediment Water Science (IAWS), Board of Directors **Jürg Bloesch**
- Internat. Association of Hydrological Sciences, Secretary Internat. Comm. on Groundwater (ICGW) **Eduard Hoehn**
- Internat. Association of Meiobenthologists, Executive Committee, member **James Ward**
- Internat. Association on Water Quality IAWQ: Specialist Group on Design and Operation of Small Wastewater Treatment Plants, Member Organizing Committee **Markus Boller**
- Internat. Association on Water Quality IAWQ: Joint Group on Solids Separation, Member Organizing Committee **Markus Boller**
- Internat. Association on Water Quality IAWQ: Task Group on Secondary Settling Tanks **Peter Krebs**
- Internat. Commission on Groundwater, Secretary, Internat. Association of Hydrologic Sciences **Eduard Hoehn**
- Internat. Committee on Microbial Ecology, ICOME, Member Executive Committee **Alexander J.B. Zehnder**
- Internat. Geosphere-Biosphere Programme, Mitglied Landeskomitee Schweiz **Jürg Beer**
- Internat. Gewässerschutzkommission für den Bodensee: Arbeitsgruppen «See» und «Umland», Sachverständiger **Heinrich Bühler**
- Internat. Gewässerschutzkommission für den Bodensee: Ökotoxikologie **Karl Fent**
- Internat. Gewässerschutzkommission für den Bodensee: Sachverständiger der Arbeitsgruppe «See» **Hans Rudolf Bürgi**
- Internat. Kommission für den Schutz der italienisch-schweizerischen Grenzgewässer, Wissenschaftlich-technische Subkommission, Experte **Rudolf Müller**
- Internat. Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigungen: Arbeitsgruppe «Biologische Untersuchungen am Hochrhein» **Fred Stössel**
- Internat. Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigungen: Arbeitsgruppe «Gewässerqualität» **Laura Sigg**
- Internat. Vereinigung für Limnologie (IVL-SIL), Landesvertreter der Schweiz **Jürg Bloesch**
- International Association on Water Quality IAWQ: Specialist Group on Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse **Martin Strauss**
- IWSA Research Committee **Markus Boller**
- Journal of Paleolimnology, Board of Advisors **André F. Lotter**
- Kantonale Einführungskommission für Chemielaboranten-Lehrlinge, Mitglied **Max Reutlinger**
- Kantonale Prüfungskommission der Laborantenberufe, Präsident **Max Reutlinger**
- Kommission «Biochemische Arbeitsmethoden» der Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker **Hans-Peter Kohler**
- Kommission für Angewandte Mikrobiologie der Schweiz. Gesellschaft für Mikrobiologie **Thomas Egli**
- Kommission für die nukleare Entsorgung (KNE) des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Mitglied **Michael Sturm**
- Kommission für Generelle Entwässerungsplanung der Stadt Prag **Vladimir Krejci**
- Kommission für Umweltwissenschaften der Schweiz. Hochschulkonferenz, Vertreter der ETHZ **René P. Schwarzenbach**
- Kompetenzverbund Risiko und Sicherheitswissenschaft KOVERS, Mitglied Geschäftsleitender Ausschuss **Hans Wasmer**
- Kompetenzzentrum Analytische Chemie an der ETH Zürich, Board of Directors **Walter Giger, René P. Schwarzenbach**
- Kurskommission Einführungskurse für Chemielaboranten der Zentralschweiz, Präsidentin **Ruth Stierli**
- KVA Linthgebiet, Baukommission, Experte **Hans Wasmer**
- Leitungsausschuss des Programmes ACTIVE **Walter Giger**
- Leitungsausschuss für Technologiefolgeabschätzung des Schweiz. Wissenschaftsrates, Mitglied **Peter Baccini**
- Max-Planck-Institut für Limnologie, Plön, Deutschland, Wissenschaftlicher Beirat, Mitglied **James Ward**
- Nationales Programm für die analytische Daueruntersuchung von Fliessgewässern NADUF, Mitglied **Adrian Ammann, Arbeitsgruppe Laura Sigg, Jürg Zobrist**
- Netherlands Committee for the Admission of Graduate Schools, ECOS, Member **Alexander J.B. Zehnder**
- Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft, Vorstand der Sektion «Analytische Chemie», Vorstandsmitglied **Walter Giger**
- OECD: Experte für aquatische Ökotoxikologie **Herbert Güttinger**
- OECD: Schweiz. Delegierter für Bioremediation **Thomas Egli**
- Österreichische Akademie der Wissenschaften, Kuratorium Limnologie, Mitglied **James Ward**
- Otto Jaag Gewässerschutzpreis, Mitglied der Jury **James Ward**
- ÖWAV, Fachgruppe Abfallwirtschaft, Ausschuss «Deponien im Festgestein» **Eduard Hoehn**
- Planungskommission der ETH Zürich, Mitglied **René P. Schwarzenbach**
- Presse- und Informations-Sitzung PRIS des ETH-Bereichs **Theresa Büsser**
- Projektgruppe «Forschung – Strategie Umwelt» im ETH-Bereich **Bernhard Wehrli**
- «Regulated Rivers», published by Wiley & Sons in England, member of Editorial Board **James Ward**
- Rheinaubund, Co-Präsident **Jürg Bloesch**
- RVR-NOVE, Prozessteam «Immobilien Management» Mitglied **Hans Wasmer**
- Schweiz. Akademie für Naturwissenschaften SANW: Jahresvorstand **Dieter Imboden**
- Schweiz. Akademie für Naturwissenschaften SANW: Kommission für Ozeanographie und Limnologie, Mitglied **Michael Sturm**
- Schweiz. Akademie für Naturwissenschaften SANW: Permafrost-Koordinationsgruppe, Mitglied **Eduard Hoehn**
- Schweiz. Akademie für Naturwissenschaften SANW: Redaktionskomitee der Zeitschrift «Aquatic Sciences», Chefredaktor **Peter Bossard**, Mitglieder **Heinrich Bühler, Hans Rudolf Bürgi, René Gächter, Tom Gonser, Christof Holliger, Dieter Imboden, Rudolf Müller, Michael Sturm, Bernhard Wehrli**
- Schweiz. Akademie für Naturwissenschaften SANW: Schweiz. Kommission für Umweltbeobachtung, SKUB **Joan Davis**
- Schweiz. Gesellschaft für Hydrogeologie: Arbeitsgruppe «Karst», Mitglied **Jürg Zobrist**
- Schweiz. Gesellschaft für Hydrogeologie: Arbeitsgruppe «Verunreinigung des Grundwassers mit chemischen Stoffen», Leiter **Eduard Hoehn**
- Schweiz. Gruppe für Massenspektrometrie, Vorstandsmitglied **Marc Suter**
- Schweiz. Hydrologisches Komitee der Schweiz. Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie SGHL, Mitglied **Michael Sturm**
- Schweiz. Kommission für Forschungspartnerschaft mit Entwicklungsländern **Roland Schertenleib**
- Schweiz. Normenvereinigung, IBN/TK Nr. 107 «Wasserbeschaffenheit», Vorsitz **Jürg Zobrist**, Expertin **Renata Behra**
- Schweiz. Studiengesellschaft für Raumordnungs- und Regionalpolitik, Vorstandsmitglied **Gregor Dürrenberger**
- Schweiz. Vereinigung für Gewässerschutz und Lufthygiene VGL, Geschäftsleitender Ausschuss: Präsident **Ueli Bundi**
- Schweiz. Wissenschaftsrat, Kommission und Leitungsausschuss «Strategie Umweltforschung und nachhaltige Entwicklung» **Alexander J.B. Zehnder**

- Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW, Kommission für Wasserfragen, Mitglied **Markus Boller**
- Scientific Information Secretary, BICER, Irkutsk (Baikal International Centre of Ecological Research, Limnological Institute of the Russian Academy of Sciences, Siberian Branch) **Rolf Kipfer**
- SCOPE – Groundwater Project, Co-Chairman of the Scientific Advisory Committee **Alexander J.B. Zehnder**
- SIGA/ASS Schweiz. Interessengemeinschaft für Abfallverminderung/ Aktion Saubere Schweiz, Mitglied **Ueli Bundi**, Stiftungsrat **Thomas Lichtensteiger**
- Special Topics Editor of Limnology & Oceanography **Dieter Imboden**
- SPP Schwerpunktprogramm Umwelt Modul 1: Sprecher des koordinierten Projektes Umweltdynamik in Vergangenheit und Gegenwart **André F. Lotter**
- Stadtentwässerung Zürich: Arbeitsgruppe «Optimierung Kläranlagenbetrieb» **Hansruedi Siegrist**
- Steering Committee European River Basin Program (EURIBA), Mitglied **Walter Giger**
- Stiftung für Kunststoffintegration, Vizepräsident Stiftungsrat **Hans Wasmer**
- Strategie Umwelt im ETH-Bereich, Projektgruppe «Dienstleistungen», Mitglied **Hans Wasmer**
- Subkommission 8 «Trinkwasser» für das Lebensmittelbuch des Bundesamtes für Gesundheitswesen, Vorsitz **Jürg Zobrist**
- Technisch-wissenschaftliche Arbeitsgruppe zur Sanierung der Mittellandseen TWA (Baldeggersee, Sempachersee, Hallwilersee) **René Gächter, Bernhard Wehrli, Alfred Wüest**
- «Technological Innovation and Human Resources», Member of Editorial Board **Gregor Dürrenberger**
- UNESCO Internat. Geological Correlation Program, IGCP 374: Paleoclimatology and Paleooceanography from Laminated Sediments **André F. Lotter**
- Unterrichtskommission Abt. XB (Umweltnaturwissenschaften), Vorsitzender **René P. Schwarzenbach**
- Upper Mississippi River Long-Term Research Program, Advisory Board, member **James Ward**
- Verband Schweiz. Abwasser- und Gewässerschutzfachleute VSA: Vorstandsmitglied **Willi Gujer**
- Verband Schweiz. Abwasser- und Gewässerschutzfachleute VSA: Arbeitsgruppe «Vision 2000: Ganzheitlicher Gewässerschutz», Vorsitzende **Tove Larsen**
- VSA-Kommission «Abfallwirtschaft» **C. Annette Johnson**
- VSA-Kommission «Chemie und Ökologie» **Urs Uehlinger, Jürg Zobrist**
- VSA-Kommission «Datenstruktur Siedlungsentwässerung» **Daniel Bernasconi**
- VSA-Kommission «Genereller Entwässerungsplan» **Vladimir Krejci**
- VSA-Kommission «Kleinkläranlagen» **Markus Boller**
- VSA-Kommission «Messtechnik in der Siedlungsentwässerung» **Hansruedi Siegrist**
- VSA-Kommission «Optimierung Siedlungsentwässerung» **Hansruedi Siegrist**
- VSA-Kommission «Regendaten für die Siedlungsentwässerung» **Valdimir Krejci**
- VSA-Kommission «Siedlungshydrologie» **Vladimir Krejci**
- VSS: Subkommission «Strassenentwässerung» **Markus Boller**
- Wissenschaftlicher Beirat des Forschungszentrums Karlsruhe, Mitglied **Peter Baccini**
- Wissenschaftlicher Beirat des Umweltforschungszentrum, Leipzig UFZ **René P. Schwarzenbach**
- Wissenschaftlicher Beirat für das Institut für Chemie und Biologie des Meeres (ICBM) der Universität Oldenburg, Mitglied **Dieter Imboden**

Abgeschlossene Diplomarbeiten und Dissertationen

Diplomarbeiten

Daniel Achermann

Kaspisches Meer oder Kaspischer See? Physikalische Grundlagen und Diskussion von Hypothesen zur Tiefenwasserbildung im Kaspischen Meer (ETHZ)

Stefan Bachmann

Erhöhte biologische Phosphorelimination: Ein biochemisches Modell (ETHZ)

Roger Bättscher

Zytotoxizität und Cytochrom P450-Induktion durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in Fisch-Hepatomazellen (PLHC-1) (ETHZ)

Stefan Bertschi

Bioakkumulation von Organozinnverbindungen bei Larven der Zuckmücke *Chironomus riparius*: Einfluss von pH und Sedimentzusammensetzung (ETHZ)

Stefan Boesch

Analysis of expression signals in the upstream region of the tcbAB gene cluster, encoding chlorobenzene dioxygenase and dihydrodiol dehydrogenase of *Pseudomonas* sp. strain P51 (ETHZ)

Jörg Bonderer

Temperaturmodellierung im Luganersee-Nordbecken (ETHZ)

Reto Bonfiglioli

Populationsdynamik des Rotauges (*Rutilus rutilus* [L.]) im Zugersee (ETHZ)

Monika Bunk

Aufnahme- und Wachstumsverhalten von *Sphingomonas herbicidovorans* MH mit den Herbiziden Dichlorprop und 2,4-D (Universität Konstanz)

Francesca Cheda

Einfluss des Windes auf die Verteilung von Schwebstoffen im Epilimnion des Petit Lac (Lac Léman) (Université de Genève)

Andrea Christoffel

Eisensulfid als Redoxparameter im Sediment des Rotsees und Zugersees (ETHZ)

Daniel Cohen, Thomas Henauer

Methode der betrieblichen Stoffbuchhaltung am Beispiel der ALUSUISSE Schweizerische Aluminium AG, Sierre (ETHZ)

Séverine Dedier

Determination of superplasticizers a contribution to the fate and behaviour studies on concrete admixtures (Ecole Européenne des Hautes Etudes des Industries Chimiques de Strasbourg)

Roland Friedli, Andreas Zbinden

Grundwasser als Trinkwasserressource für die Gemeinde Sils im Engadin (ETHZ)

José Manuel Garcia

Einfluss von zwei nichtionischen Tensiden auf die Bioverfügbarkeit von festem und sorbiertem Dibenzofuran (Universität Zürich)

Patrick Graf, Rémy Schleiniger

Betonrecycling; Stoffliche Auswirkungen von Alternativbrennstoffen in der Zement- und Betonproduktion auf die Zusammensetzung eines mehrfach rückgebauten Betons (ETHZ)

Michael Graff

Denitrifizierendes Wirbelbettverfahren in einer Pilotanlage mit kommunalem Abwasser (Fachhochschule Köln)

Fadri Guidon

Nährstofflimitierung des Algenaufwuchses in der Ova da Roseg (ETHZ)

Sonja Hausmann

Einfluss der Temperatur kombiniert mit Kupferexposition auf das Wachstum und die Morphologie von *Oocystis nephrocytioides* (TU München)

Andrea Hilse

Einfluss von unterschiedlichen Lichtintensitäten auf Pigmentgehalt und Metalltoleranz einer Alge (Universität Konstanz)

Florian Hug

Stoff- und Energieflussanalyse für die Chamanna da Tschierva SAC (ETHZ)

Jörg Hunziker

Nitrat und Ammonium im Sediment des Alpnersees (ETHZ)

Barbara Jacober

Ursachen der Zunahme der Grundwasserbelastung im Abstrom der Kläranlage der Zuckerfabrik Aarberg (ETHZ)

Michael P. Lehmann

Biotransformation of linear alkylbenzene sulfonate (LAS) in fathead minnows (*Pimephales promelas*) (ETHZ)

Irene Lenggenhager

Der Grosshandel mit Schnittblumen: Eine ökologische Analyse am Beispiel der Rosen für die Schweiz (ETHZ)

Patrick Maurer

Anreicherung und Isolierung von halogenierten Essigsäuren zur Bestimmung ihres ¹²C/¹³C-Isotopenverhältnisses (ETHZ)

Michael Meier

Umsetzung verschiedener Substrate durch Chlorbenzoldioxygenase aus *Pseudomonas* sp. P51 (ETHZ)

Suzanne Mettler

Quantifizierung der Reaktivität von natürlichen Eisenoxiden, anhand reduktiver Auflösung mit Cystein (ETHZ)

Sabine Mezger, Monika Michel

Stoffbuchhaltung KVA Oftringen (ETHZ)

Daniel Niederhauser

Auswirkungen von Wasserentnahmen aus Gebirgsbächen auf die Besiedelung der Netzflügelmücken (Diptera, Blephariceridae) (ETHZ)

Mauro Paulon

Der Einfluss verschiedenartiger Uferstrukturen auf das Vorkommen von Fischen unter spezieller Berücksichtigung von Bühnen (ETHZ)

Manuel Pesaro

Charakterisierung eines Promotors involviert in oxidativen Stress aus *Chlamydomonas reinhardtii* (ETHZ)

Roberto Pianta, Christian Marti

Denitrifikation im Nachklärbecken (ETHZ)

Felix Ramisch

Kalziumkreislauf im Nordbecken des Luganersees (ETHZ)

Johannes Ranke

Die Reduktion von 2-Methyl-Nitrobenzol mit Eisengranulat im Säulenexperiment: Einfluss verschiedener Grundwasserinhaltsstoffe auf die Kinetik im Hinblick auf die Grundwassersanierung mit Eisen(0) (ETHZ)

Graziella Regazzoni, Nicole Schläpfer

Anwendung der betrieblichen Stoffbuchhaltung bei der H. Weidmann AG (ETHZ)

Patrick Reichmuth

Charakterisierung und Validierung einer On-line-Festphasenextraktions HPLC-Methode für Nitroaromaten und Benzonitrile und deren Einsatz bei der Untersuchung von Nitrophenolen im Regenwasser (ETHZ)

Joggi Rieder, Daniel Bürgi

Membran-Wasser-Verteilung und Membrantoxizität von aromatischen Stickstoffbasen in Chromatophoren von *Rhodobacter sphaeroides* (ETHZ)

Sabine Ruckstuhl

para-Toluolsulfonat in Giessereisanden und Deponieabwässern (ETHZ)

Martin Schmid

Physikalische und chemische Prozesse im Lac Pavin: Ursachen und Folgen der stabilen Schichtung eines vulkanischen Kratersees (ETHZ)

Peter Schmidig

Biologie des Seesaiblings (*Salvelinus alpinus* [L.]) im reoligotrophierten Vierwaldstättersee (ETHZ)

Barbara Sintzel

Untersuchungen zur Reduktion von polynitroaromatischen Verbindungen mittels ATR-FTIR-Spektroskopie (ETHZ)

Roland Steinmann

Induction of stress proteins in *Dreissena polymorpha* by copper (ETHZ)

Kai Udert, Ruedi Moser-Engeler

Eignung von Versäuerungsprodukten als leichtabbaubare Substrate (ETHZ)

Andreas Voegelin

Abschätzung des Grundwasser-Gefährdungspotentials organischer Bauchemikalien bei der Versickerung von Dachwasser. Untersuchung am Beispiel von Preventol® B2 (ETHZ)

Adrian Wiedmer

Vorkommen, Quellen und Verhalten halogenierter Essigsäuren in der Umwelt. Eine Fallstudie in der Schweiz (ETHZ)

Stefan Wigger

Auswirkungen von Wasserentnahme und Wasserrückleitung auf ein alpines Fließgewässer (ETHZ)

Claudia Zraunig

Abiotische Reduktion von Polynitroaromaten durch an Eisenhydroxiden adsorbiertes Fe(II): Eine kinetische Untersuchung in zwei Modellsystemen (ETHZ)

Dissertationen**Barbara Baumann**

Dynamics of Denitrification in *Paracoccus denitrificans* (ETHZ)

Eric T.S. Boschker

Decomposition of organic matter in littoral sediments of a lake (Landbouuniversiteit te Wageningen)

Thomas Bucheli

Occurrence and behavior of pesticides during stormwater infiltration (ETHZ)

Martin Büssenschütt

Pattern and performance – on the modeling of self-organized behavior in ecosystems (ETHZ)

Stefano Ferrari

Chemische Charakterisierung des Kohlenstoffes in Rückständen von Müllverbrennungsanlagen: Methoden und Anwendungen (ETHZ)

Claudia Fesch

Transport of organic pollutants in aggregated porous media: effects of nonlinear and competitive sorption under saturated and unsaturated conditions (ETHZ)

Guy Glod

Cobalamin-mediated reductive dehalogenation of chlorinated ethenes (ETHZ)

Roland Hohmann

Deep-water renewal in Lake Baikal (ETHZ)

Barbara Jucker

Polymer interactions between bacterial cells and glass investigated using LPS micelles and vesicles as model systems (ETHZ)

Hans-Rudolf Knobel

Genetic study of bacterial nitrilotriacetate-degrading enzymes (ETHZ)

Alette Langenhoff

Biotransformation of toluene, benzene and naphthalene under anaerobic conditions (Landbouuniversiteit te Wageningen)

Max Maurer

Erhöhte biologische Phosphorelimination – Modellierung der biologischen und chemischen Prozesse (ETHZ)

Martin Mengis

Nitrogen elimination in lakes by N₂ and N₂O emission (ETHZ)

Peter J.M. Middelorp

Microbial transformation of highly persistent chlorinated pesticides and industrial chemicals (Landbouuniversiteit te Wageningen)

René Reiser

Occurrence and fate of detergent-derived alkylbenzenesulfonates in recent sediments (ETHZ)

Anke Schäfer

Bacterial transport and pollutant degradation: influences of air-water interfaces and solid surfaces (ETHZ)

Tobias Lukas Schaller

Redox-sensitive metals in recent lake sediments. Proxy-indicators of deep-water oxygen and climate conditions (ETHZ)

Philippe J.Y.M.J. Schyns

Xylan degradation by the anaerobic bacterium *Bacteroides xylohydrolyticus* (Landbouuniversiteit te Wageningen)

André Simon

Turbulent mixing in the surface boundary layer of lakes (ETHZ)

Jean-Marc Stoll

Fluorescent Whitening Agents in Natural Waters (ETHZ)

Todd Wellnitz

Biotic and abiotic constraints on algal communities in streams: the role of light, nutrients, scouring and herbivory (ETHZ)

Daniel Wild

Nährstoffflüsse in Kläranlagen mit biologischer Phosphorelimination (ETHZ)