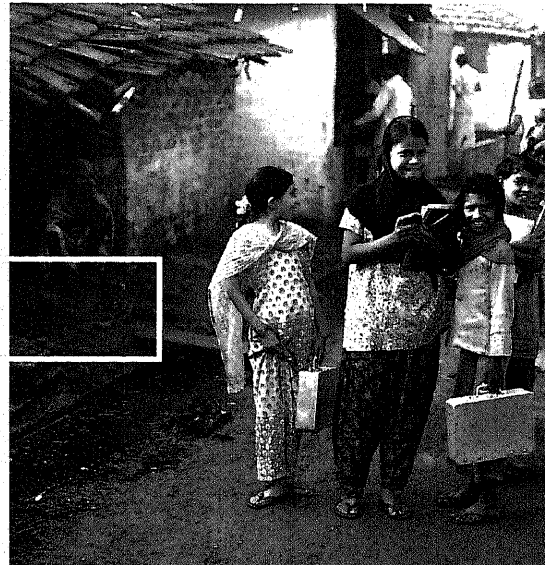


Strategien in der Siedlungswasserwirtschaft

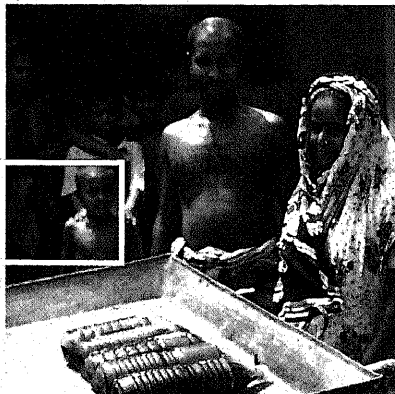
Auf dem Weg zu neuen Strategien
in der Siedlungswasserwirtschaft

3



Zurück zum Haushalt – auch
in der Wasseraufbereitung

11



BIBLIOTHEK
Eidg. Anstalt für Wasserversorgung
Abwasserreinigung u. Gewässerschutz
Überlandstr. 133 8600 Dübendorf

Wir brauchen neue Initiativen!

17



ETHICS EAWAG



01700003988455

Zum Hinschied von Prof. Werner Stumm

21



Strategien in der Siedlungswasserwirtschaft

2 Vorwort des Direktors

Leitartikel

3 Auf dem Weg zu neuen Strategien in der Siedlungswasserwirtschaft

Forschungsberichte

Bereich der Industrialisierten Länder

6 Siedlungsentwässerung: Kein Ende ohne Anfang

8 Handlungsauswirkungen abschätzen

10 Schwermetalle sind im Dachwasser unerwünscht

Bereich der Entwicklungsländer

11 Zurück zum Haushalt –

auch in der Wasseraufbereitung

13 Abfallmanagement in Armenvierteln

15 Wo Städte keine Kanalisation haben

Forum

17 Interview mit Prof. Hermann H. Hahn

19 EurAqua

Der Tianjin-Schweiz «Ping-Pong-Kurs»

20 Spuren von Pestiziden in Gewässern

In Kürze

21 Zum Hinschied von Prof. W. Stumm

22 Publikationen 2353–2624, Bücher

24 Veranstaltungen und Hinweise

Herausgeberin

Vertrieb und © by:
 EAWAG, Postfach 611, CH-8600 Dübendorf
 Tel.: +41-1-823 55 11
 Fax: +41-1-823 53 75
<http://www.eawag.ch>

Redaktion

Diana Hornung, EAWAG

Copyright

Abdruck, auch auszugsweise, ist mit Quellenangabe und unter Einsendung von zwei Belegexemplaren an die Redaktion gestattet.

Erscheinungsweise

dreimal jährlich in Deutsch, Englisch, Französisch

Fotos

Ohne besondere Angaben Diana Hornung oder unbekannt

Konzept

Inform, 8005 Zürich

Satz, Bild und Layout

Peter Nadler, 8700 Küsnacht

Gedruckt

auf recyceltem Papier

Abonnemente und Adressänderungen

NeuabonnentInnen willkommen!

Bitte Bestelltalon in der Heftmitte beachten.

ISSN 1420-3979



Alexander J.B. Zehnder
 Direktor der EAWAG

Eine effiziente und gut funktionierende Siedlungswasserwirtschaft erachten die meisten von uns als gegeben. Erst dann, wenn kein Wasser mehr aus dem Hahn fliesst, merken wir, wie abhängig wir von der geregelten Zu- und Abfuhr von Wasser sind. Und lediglich geplatzte Wasserleitungen und Baustellen in Strassen lassen uns ahnen, welche Infrastrukturen sich zu unserem Nutzen unter dem Boden verbergen. Diese Infrastrukturen müssen in der Schweiz in den nächsten 25 bis 30 Jahren erneuert werden. Die Kosten werden heute auf etwa 150 Milliarden Franken geschätzt und müssen durch die öffentliche Hand aufgebracht werden. Mit Recht kann die Frage gestellt werden, ob bei diesen immensen Kosten einfach die bestehenden Strukturen durch gleiche, aber modernere ersetzt werden sollen, oder ob Alternativen möglich sind, die uns einen Schritt näher an mehr Nachhaltigkeit bringen werden. Im Folgenden finden Sie, liebe Leserinnen und Leser, einige Gedanken zu diesem Thema. Dabei konzentrieren wir uns nicht nur auf industrialisierte Länder, sondern möchten Ihnen auch einige Aspekte aus Entwicklungsländern vorstellen. Die Artikel sollen als Gedankenanstoss dienen.

Am 14. April 1999 ist Professor Werner Stumm gestorben, viel zu früh für uns alle. Er blieb auch nach seiner Pensionierung als Direktor eine Quelle der Inspiration. Er hat mir vor sieben Jahren ein ausgezeichnetes Institut hinterlassen. Vieles, auf das wir heute stolz sind, ist sein Verdienst. Wir alle

Vorwort

haben ihm sehr viel zu verdanken und werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren. Den Nachruf für Professor Stumm finden Sie auf Seite 19.

Mit dieser Nummer verabschiedet sich mit einem herzlichen Dank an die stetig gewachsene Gemeinschaft der AbonnentInnen unsere Redaktorin Diana Hornung. Nach Abschluss ihres Nachdiplomstudiums in Siedlungswasserwirtschaft und Gewässerschutz übernahm sie 1983 die Redaktion der EAWAG news. Unter ihrer Redaktion haben sich die news stark gewandelt und zu einer attraktiven Publikation entwickelt. Ich danke Diana Hornung für ihren grossen Einsatz und wünsche ihr für die Zukunft alles Gute.



Auf dem Weg zu neuen Strategien in der Siedlungswasserwirtschaft

Die wichtigsten Funktionen der Siedlungswasserwirtschaft (SWW) sind die Vermeidung von wasser- und fäkalienbezogenen Krankheiten, die Verhinderung von Überschwemmungen in Siedlungsgebieten sowie die Sicherstellung der ökologischen Integrität von Oberflächengewässern. Durch den systematischen Auf- und Ausbau von konventionellen Entwässerungssystemen mit Ableitung und Behandlung des Abwassers in zentralen Kläranlagen war es in den Industrieländern des Nordens bis heute möglich, diese Funktionen weitgehend zu erfüllen. Das Konzept widerspricht allerdings wichtigen Kriterien der Nachhaltigkeit.

Entwicklung der Siedlungswasserwirtschaft in den Industrieländern

Verbesserte Siedlungshygiene durch Siedlungsentwässerung

Historisch gesehen war das erste Ziel der Siedlungswasserwirtschaft die Verbesserung der Siedlungshygiene. Als Folge der industriellen Revolution zogen in Europa und Nordamerika im Laufe des letzten Jahrhunderts immer mehr Menschen auf der Suche nach Arbeitsmöglichkeiten in städtische Siedlungen. Mit der zunehmenden Konzentration der Bevölkerung war eine Verschlechterung der öffentlichen Hygiene verbunden: Fäkalien und Abfälle wurden auf Strassen und in Hinterhöfen «entsorgt». Neben den ästhetischen kam es vermehrt zu hygienischen Problemen und zur Verunreinigung von Brunnen und Trinkwasser. Grosse Epidemien waren die Folge.

Da die städtischen Siedlungen vorwiegend in Klimazonen mit reichlichen und über das ganze Jahr gleichmässig verteilten Niederschlägen entstanden, mussten frühzeitig Entwässerungskanäle gebaut werden, um das Niederschlagswasser abzuleiten und Überschwemmungen zu vermeiden. Als die Probleme zunahmen, war es naheliegend, die bestehenden Entwässerungskanäle auch zur Entsorgung der unästhetischen und mit Krankheitskeimen verseuchten Fäkalien aus den Siedlungsgebieten zu verwenden. Damit war die Schwemmkanalisation geboren, das Konzept der Siedlungsentwässerung, welches noch heute in den industrialisierten Ländern des Nordens und

einigen Ballungszentren des Südens angewendet wird.

Von der Siedlungshygiene zum Gewässerschutz

Die Einführung der mit Wasser gespülten Toiletten und die Desinfektion des Trinkwassers in den grossen Wasserversorgungen haben die hygienische Situation in den Siedlungen wesentlich verbessert und die wasser- und fäkalienbezogenen Infektionskrankheiten weitgehend unter Kontrolle gebracht: Grosse Epidemien infolge ungenügender Siedlungshygiene traten in Europa und Nordamerika in diesem Jahrhundert nur noch vereinzelt auf.

Als Folge des Schmutzeintrages in die Gewässer ergaben sich jedoch neue Prob-

leme. Das starke Wachstum der Bevölkerung in den städtischen Siedlungen führte zu einer Belastung, welche die Aufnahmekapazität und Selbstreinigungskraft der Gewässer weit überstieg: Die Kanalisationsysteme mussten sukzessive durch den Bau von Abwasserreinigungsanlagen ergänzt werden. Genügten vorerst einfache Sedimentationsanlagen, konnten bald nur noch biologische Verfahren die Schmutzstoffe auf ein für die Gewässer erträgliches Mass reduzieren. Die wirtschaftliche Entwicklung und die zunehmende Produktion von Chemikalien nach dem zweiten Weltkrieg bewirkten eine quantitative Zunahme und gleichzeitig eine qualitative Veränderung der aus den Siedlungen anfallenden Schmutzstoffe. Zusammen mit den steigenden Anforderungen an die Umwelt hat dies zur Folge, dass die bestehenden Abwasserreinigungsanlagen ständig ausgebaut und durch weiter gehende Reinigungsstufen ergänzt werden müssen.

Nachhaltigkeitsdefizit der konventionellen Siedlungswasserwirtschaft

Mit der zentralen Wasserversorgung, der Schwemmkanalisation und den Abwasserreinigungsanlagen war es in den hoch industrialisierten Ländern des Nordens bis



heute möglich, die hygienischen und gewässerökologischen Probleme weitgehend unter Kontrolle zu bringen. Damit verbunden sind allerdings grosse Investitions-, Unterhalts- und Betriebskosten. Nährstoffe wie beispielsweise Phosphor und Stickstoff werden in diesem System als wassergefährdende Schadstoffe und kaum als Rohstoffe betrachtet. Bei den heutigen Marktpreisen für Energie, Stickstoff- und Phosphordünger ist diese Betrachtungsweise verständlich, entspricht aber nicht den Kriterien der Nachhaltigkeit. Die Situation wird dann dramatisch, wenn dieses Konzept der Siedlungswasserwirtschaft nicht wie heute das Privileg einer kleinen Minderheit der Weltbevölkerung in Europa und Nordamerika bleibt, sondern für die schnell wachsenden städtischen Siedlungen in Asien, Lateinamerika und Afrika zur Norm wird. Aus einer globalen Perspektive sind auch in den Industrieländern neue Konzepte für die Siedlungswasserwirtschaft erforderlich.

Heutiger Stand der Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft in den Entwicklungsländern

Die Siedlungshygiene steht weiterhin im Vordergrund

Trotz grosser Anstrengungen in den letzten 10–20 Jahren haben am Ende des 20. Jahrhunderts weiterhin 1,2 Milliarden Menschen keinen Zugang zu sicherem Trinkwasser. 3 Milliarden Menschen leben ohne hygienische sanitäre Einrichtungen, und kaum die Hälfte des in den städtischen Siedlungen von Entwicklungsländern anfallenden kommunalen Abfalles wird eingesammelt, geschweige denn umweltgerecht entsorgt. In der Folge sterben weiterhin jedes Jahr 4 Millionen von Menschen an Durchfallerkrankungen, Cholera und Typhus, welche durch Fäkalien und eine ungenügende Wasserversorgung übertragen werden. Die WHO schätzt, dass zudem wegen nicht entsorgter Fäkalien und Abfälle zu jeder Zeit rund 1,5 Milliarden Menschen von Parasiten befallen und dadurch in ihrer wirtschaftlichen Produktivität geschwächt sind. Für die Mehrheit der Weltbevölkerung bleibt somit weiterhin die Lösung der hygienischen Probleme das primäre Ziel der Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft.

Zu den hygienischen kommen vermehrt die ökologischen Probleme

Schon bevor die siedlungshygienischen Probleme gelöst sind, nehmen in den städtischen Siedlungen auch die gewässerökologischen Probleme stark zu. Während in den heutigen Industrieländern die wichtigsten Gewässerschutzprobleme gestaffelt

auftraten und schrittweise gelöst werden konnten, treten in den sich rasch industrialisierenden Schwellenländern praktisch alle Probleme gleichzeitig auf (Fig. 1). Dies ist primär eine Folge des schnellen Wachstums der städtischen Agglomerationen. Das Problem wird aber ironischerweise noch verstärkt durch die unkritische Übernahme des in den Industrieländern des Nordens entwickelten und heute als Norm etablierten Konzeptes der Siedlungswasserwirtschaft. Die Mittel werden für den Bau von Kanalisationssystemen eingesetzt, während sie für den Bau und Betrieb zentraler Abwasserreinigungsanlagen fehlen. In den Städten Lateinamerikas beispielsweise wird ein grosser Teil des Abwassers zwar abgeleitet, aber nur etwa 5% fliessen in eine Kläranlage. Es kommt zu stark konzentrierten Schmutzstoffeinleitungen, welche die Selbstreinigungskraft selbst grosser Flüsse übersteigen.

Neue Konzepte und Ansätze sind erforderlich

Die Gründe, weshalb ein grosser Teil der Weltbevölkerung weiterhin keinen Zugang hat zu sicherem Trinkwasser und hygienischer Fäkalien- und Abfallentsorgung, sind vielfältig: Zum einen gründet der Missstand auf dem mangelnden politischen Willen auf Regierungsebene, dem tiefen Prestige und der fehlenden Anerkennung des Abwasser- und Abfallsektors, den unzureichenden Strategien auf allen Ebenen, dem schwachen institutionellen Überbau sowie der inadäquaten und ineffizienten Nutzung finanzieller und natürlicher Ressourcen. Zum anderen spielt die Tatsache eine Rolle, dass wegen der stark unterschiedlichen klimatischen, sozio-ökonomischen und kulturellen Gegebenheiten die Konzepte der Siedlungswasserwirtschaft des industrialisierten Nordens nicht in der Lage sind, die hygienische Situation in den EL wesentlich zu verbessern, ja unter gegebenen Randbedingungen sogar zu einer Verschlechterung des Zustandes der Gewässer führen. Beispiele aus China und anderen Ländern in Asien zeigen, dass die Anwendung des westlichen Konzeptes auch die Ressourcenbewirtschaftung negativ beeinflusst, indem die Nährstoffe nicht nur ökologische Probleme in den Vorflutern hervorrufen, sondern gleichzeitig der örtlichen Landwirtschaft fehlen und dort durch Kunstdünger ersetzt werden müssen.

Eine neue Strategie für die Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft

Eine vom Water Supply and Sanitation Collaborative Council eingesetzte Arbeits-

gruppe hat kürzlich unter Leitung von SANDEC, dem Forschungsbereich für «Siedlungshygiene in Entwicklungsländern» an der EAWAG, eine Vision entwickelt für eine neue Strategie zur «Integrierten Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft im 21. Jahrhundert» [1]. Die neue Strategie stellt die Grundbedürfnisse und Möglichkeiten der Menschen und deren Lebensqualität ins Zentrum und kann durch ein konzentrisches Modell symbolisiert werden: In der Mitte steht der Haushalt, umgeben von Nachbarschaft/Quartier, Gemeinde/Stadt, Provinz und Land (Fig. 2, HCES-Modell). Die Strategie basiert auf folgenden Grundsätzen:

- Die Probleme der Fäkalien-, Abwasser- und Abfallentsorgung werden in erster Priorität in jenem Kreis gelöst, wo sie erzeugt werden; nur falls dies aus guten Gründen nicht möglich und sinnvoll erscheint, werden die Probleme dem nächst grösseren Kreis übertragen.

- Der Output von festen und flüssigen Abfällen wird für jeden Kreis minimiert durch (a) gezielte Reduktion der Abfall produzierenden Inputs wie Wasser, Stoffe und Güter und durch (b) systematisches Recycling und Wiederverwendung innerhalb jedes Kreises. Diese «haushalt-zentrierte» Strategie unterscheidet sich wesentlich vom konventionellen Ansatz, die Probleme weitgehend in die äusseren Kreise zu exportieren und sie dort, d.h. weit weg von der Quelle, durch die öffentliche Hand zu lösen. Im vorgeschlagenen Konzept wird die Verantwortung für die Problemlösung nach innen verlagert, dorthin, wo die Probleme entstehen. Diese neue Strategie scheint für Entwicklungsländer viel versprechend; hier sind die Behörden offensichtlich nicht in der Lage, die Probleme der Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft ohne tatkräftige Mithilfe der Bevölkerung zu lösen, und das mögliche Nährstoffrecycling ist sowohl aus Sicht des Gewässerschutzes als auch aus Gründen der Ressourcenschonung wichtig. Das Grundkonzept könnte auch für die Industrieländer gültig sein.

Aktivitäten der EAWAG auf dem Weg zu einer nachhaltigen Siedlungswasserwirtschaft

Die Situation in den Industrie- und Entwicklungsländern ist sehr unterschiedlich. Während die Strategie, die Probleme der Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft mit Massnahmen an der Quelle zu lösen, grundsätzlich überall anwendbar ist, sieht die konkrete Umsetzung und Anwendung, je nach physikalischen, sozio-ökonomischen und institutionellen Randbedingun-

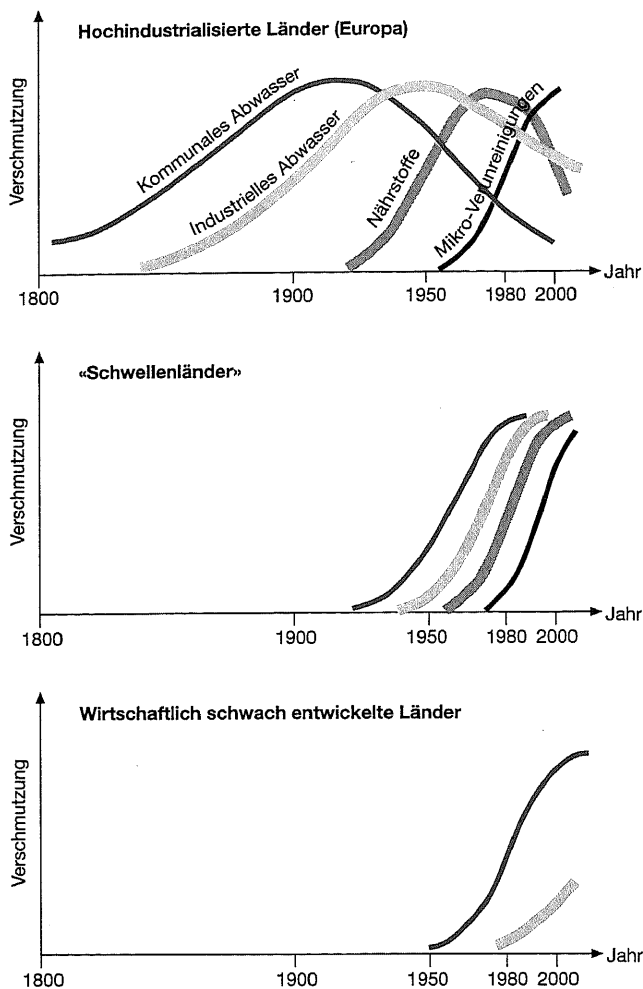
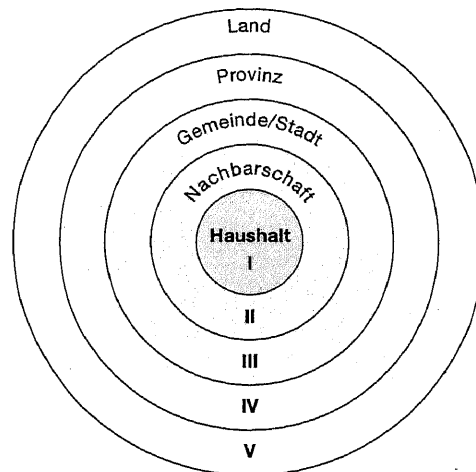
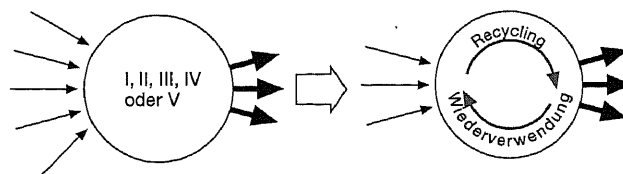


Fig. 1
Zeitliche Abfolge der Gewässerverschmutzung in verschiedenen Ländern.

Das HCES-Modell
(Household Centered Environmental Sanitation)



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



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

Fig. 2
Haushalt-zentrierter Ansatz in der integrierten Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft.

gen sehr verschieden aus. Entsprechend laufen auch an der EAWAG unterschiedliche Anstrengungen und Projekte, welche auf neue Konzepte und Ansätze in der Siedlungswasserwirtschaft ausgerichtet sind. Die Projekte an der Abteilung für Ingenieurwissenschaften sind auf die Weiterentwicklung der Siedlungswasserwirtschaft in Industrieländern ausgerichtet: Massnahmen an der Quelle sollen die Ressourcen nicht gefährden (Larsen & Gujer), historisch gewachsene Entscheidungsregeln sollen neu überdacht werden (Tillman), Wertstoffe sollen nicht verloren gehen (Steiner). Auch wenn die Resultate dieser Projekte nicht direkt auf Entwicklungsländer übertragen werden können, ist ihre Bedeutung nicht zu unterschätzen. Für Fachleute und Entscheidungsträger in Entwicklungsländern ist es ausserordentlich wichtig zu realisieren, dass die Industrieländer selbst ihre konventionellen Ansätze in der Siedlungswasserwirtschaft in Frage stellen und neue Konzepte entwickeln. Zudem spielen gros-

se Finanzgesellschaften der Industrieländer heute eine wichtige Rolle in der weiteren Entwicklung der Wasserindustrie in den Entwicklungsländern. Ohne eigene Erfahrungen mit neuen Konzepten werden diese aber weiterhin nur v.a. die konventionellen Methoden der Industrieländer zu realisieren versuchen.

Einen direkten Bezug zur Problematik in den Entwicklungsländern haben die Arbeiten und Projekte, die am Forschungsbereich für Siedlungshygiene in Entwicklungsländern SANDEC durchgeführt werden. Neben der erwähnten Entwicklung neuer Konzepte und Strategien werden in enger Zusammenarbeit mit lokalen Partnern Projekte durchgeführt, welche sich auf Aspekte der Wasseraufbereitung in ländlichen und halbstädtischen Gebieten (Wegelin, S. 11/12), das Management von Fäkalschlämmen aus Latrinen und Abwassergruben (Strauss & Montangero, S. 15/16) sowie das Abfallmanagement in Armenvierteln (Zurbrügg, S. 13/14) konzentrieren. Einige der laufen-

den Projekte und deren Bedeutung für eine nachhaltige Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft in Entwicklungsländern werden in dieser Nummer der EAWAG news vorgestellt und diskutiert.



Roland Schertenleib, Ingenieur, Leiter der SANDEC, Forschungsbereich für Siedlungshygiene in Entwicklungsländern und Dozent an der ETHZ.



Willi Gujer, Prof. für Siedlungswasserwirtschaft mit Schwerpunkt biol. Abwasserreinigung und ganzheitliche Betrachtung.

[1] WSSCC/SANDEC (1999). Household-Centred Environmental Sanitation. Report of the Hiltterfingen workshop on Environmental Sanitation in the 21st century.

Massnahmen an der Quelle – auch im Haushalt

Mit Massnahmen an der Quelle könnte der Reinigungsvorgang vereinfacht werden, gleichzeitig würden heute fast unlösbare Probleme einer Lösung zugeführt. Solche Massnahmen haben aber auch ihre Kosten und sind heute nur noch in Ausnahmefällen konkurrenzfähig. Um ein System zu entwerfen, das vom Konzept her sowohl in unseren Breitengraden als auch in den Entwicklungsländern Zukunft hat, müssen verschiedenen Massnahmen an der Quelle in Betracht gezogen werden.

Siedlungsentwässerung stellt einen Kompromiss zwischen dem Transport aus den Siedlungen (Siedlungshygiene) und der Behandlung der Abwässer (Gewässerschutz) dar. Die Schwemmkanalisation im Mischsystem ist ein bequemes Transportsystem, führt aber durch die Mischung aller Abwasserkomponenten zu grossen Aufwendungen in der Abwasserreinigung.

Bei diesem System kann eine ganze Reihe von Nachteilen angeführt werden:

- Die Vermischung von verschmutztem Abwasser und Regenwasser führt während Regenwetter zur direkten Einleitung von ungeklärtem Abwasser ins Gewässer.
- Kanalisationen müssen instand gehalten werden, die Werterhaltung kommt teurer zu stehen als die ursprüngliche Erstellung.
- Mikroverunreinigungen aus dem Abwasser (Pharmaka, Moschusverbindungen etc.) gelten als neues mögliches Gewässerschutzproblem [1].

■ Klärschlamm enthält auch anthropogene organische Verbindungen und Schwermetalle (Mikroverunreinigungen). Seine Entsorgung wird daher in der Landwirtschaft nicht mehr gerne gesehen.

■ Weil die bekannten Phosphorreserven mit dem heutigen Verbrauch nur für ungefähr 150 Jahre reichen [2] und zudem die Phosphatdünger immer schwermetallhaltiger werden, wäre eine Rückführung von unbelastetem Phosphor aus urbanen Systemen sinnvoll. Dies ist im heutigen System schwierig.

Um in der Siedlungswasserwirtschaft weiter zu kommen, braucht es Analysen der technischen Möglichkeiten, aber auch den Mut zum Experimentieren. Verschiedene, auch

unkonventionelle Technologien müssen in Pilotversuchen getestet werden, um technische Machbarkeit, Akzeptanz und Umweltauswirkungen abschätzen zu können (siehe die folgende schematische Aufstellung über die ganze nächste Seite).

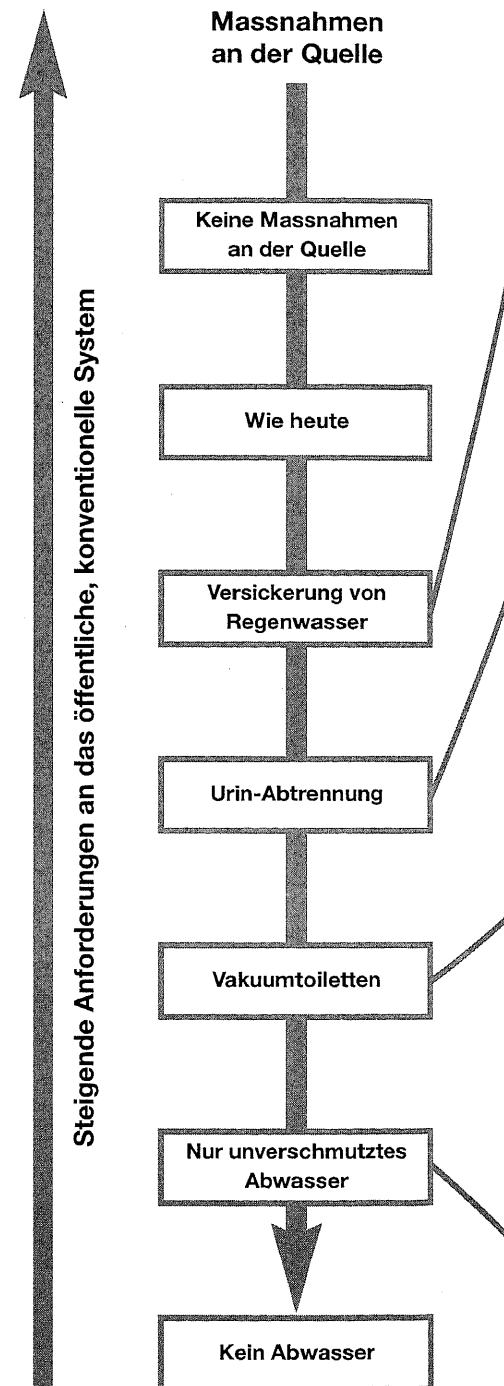
Einige mehr oder weniger bekannte mögliche Massnahmen an der Quelle sind auf der vertikalen Achse aufgeführt. Die Skala geht von keinen Massnahmen an der Quelle bis zum Haushalt, der gar kein Abwasser produziert. Diese letzte Option wird hier nicht diskutiert. Schon das heutige System (auch ohne Versickerung) macht sich Massnahmen an der Quelle zu Nutze. Die Vorschriften darüber, was nicht in den Abguss oder ins WC gelangen darf, sind effiziente Massnahmen an der Quelle, die Verstopfungen, grobe Verschmutzungen des Klärschlammes etc. vermeiden helfen.



Tove A. Larsen
Chemieingenieurin, doktorige am Institut für Umwelttechnik an der Technischen Hochschule Dänemarks.
Seit 1992 leitet sie die Assistenz für Siedlungswasserwirtschaft an der ETHZ, seit 1995 hat sie einen Lehrauftrag für Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung. Priorität bei ihrer Forschung zur nachhaltigen Siedlungswasserwirtschaft hat die Schliessung der Nährstoffkreisläufe.

Koautor: Willi Gujer

- [1] BUWAL (1999): Einfluss von Abwassereinleitungen auf Kläranlagen auf Fischbestände und Bachforelleneier. Mitteilungen zur Fischerei. Nr. 61.
- [2] U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, Januar 1999 (<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity>).
- [3] Larsen, T.A. (1999) Nährstoffkreisläufe in der Siedlungswasserwirtschaft, EAWAG news 46 D, 1999.
- [4] Lange, J. und Otterpohl, R. (1997) Abwasser: Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft. Mall-Beton-Verlag.



Die Massnahmen an der Quelle, die heute diskutiert werden, zielen normalerweise darauf ab, das konventionelle Entwässerungs- und Reinigungssystem zu entlasten. Durch die Gegenüberstellung der Entlastungen und der neuen Aufwendungen, die solche Massnahmen an der Quelle auslösen werden, erhalten wir erste Anhaltspunkte für eine Beurteilung. Vier Gegenüberstellungen sind hier grob skizziert.



A

Im neuen Gewässerschutzgesetz wird die Versickerung von sogenannt «unverschmutztem Abwasser» – im Wesentlichen wenig belastetes Regenwasser – wo immer möglich gefordert. Dadurch werden die Gewässer während Regenwetter entlastet, der hydrologische Kreislauf wird verlangsamt und die Kanalisation kann bei Erneuerungen verkleinert werden. Nachteile sind, dass die Versickerung nicht überall möglich ist, und dass hohe Kosten entstehen.

B

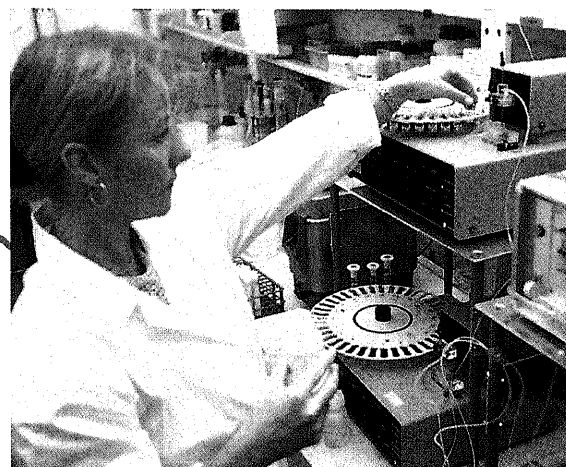
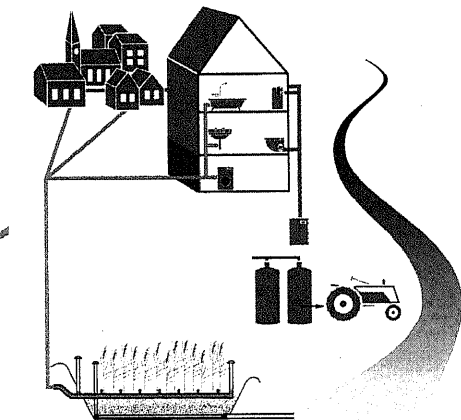
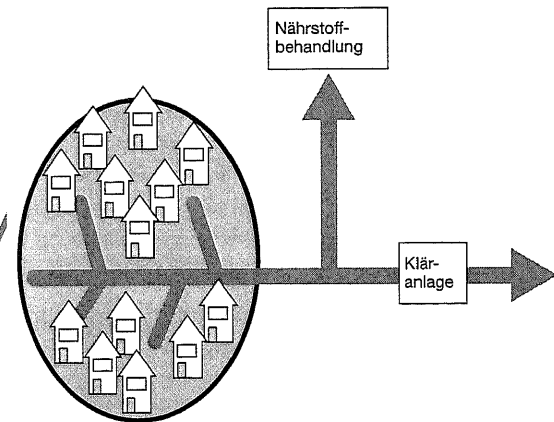
Durch die Abtrennung und Speicherung von Urin, der nachts via Kanalisation gesammelt und anschliessend genutzt wird [3], werden die Kläranlagen stark entlastet. Die Nährstoffelimination ist nicht mehr notwendig, 70–80% der Pharmaka und Hormone, die von den Menschen ausgeschieden werden, gelangen nicht mehr in die Kläranlage. Man vermeidet ausserdem die direkte Entlastung von im Urin enthaltenen Stickstoff, Phosphor und Pharmaka während Regenwetter – die Speicher müssen natürlich so gross ausgelegt werden, dass sie mehrere Regennächte überbrücken können. Die Möglichkeiten des Nährstoffrecyclings werden stark verbessert, wobei der Urin wegen der Pharmaka möglicherweise im Hinblick auf Verwendung in der Landwirtschaft vorbehandelt werden muss. Die Investitionen im Haushalt sind im Moment hoch, vor allem weil Hausinstallationen doppelt geführt werden müssten. Nur durch Innovation im Bereich der Leitungen (z.B. «Zwillings-Leitungen») kann die Technologie konkurrenzfähig werden – ein vorzeitiger Austausch von sanitären Einrichtungen ist weder nötig noch sinnvoll.

C

Wird das WC-Abwasser durch ein Vakuumsystem gesammelt und nachher ausgefault [4], kann die Kläranlage durch eine einfache Grauwasserreinigung ersetzt werden. Die Nährstoffe aus dem Stoffwechsel können optimal recycelt werden und gelangen bei Regenwetter nicht in die Gewässer. Auch hier könnte aber eine zusätzliche Reinigung vor der landwirtschaftlichen Nutzung notwendig werden. Zusätzlich zu den neuen Hausinstallationen ist der Bedarf nach einem neuen Transportsystem, dem Vakuumsystem, ein klarer Nachteil, vor allem in schon überbauten Gebieten. Eine Übergangsphase ist schwierig zu gestalten, weil eine Nachbarschaft von ca. 1000 Personen gleichzeitig auf das neue System umschalten muss. Ein vorzeitiger Austausch der Toiletten wäre also notwendig. In neu erschlossenen Gebieten ist das System heute schon konkurrenzfähig, in bereits bestehenden nicht.

D

Wird in den Haushalten nur «unverschmutztes Abwasser» produziert (unverschmutzt nach Definition des Gewässerschutzgesetzes) kann dieses Abwasser mit dem Regenwasser entsorgt werden. Diese radikale Lösung ist noch sehr spekulativ, überträgt aber der Öffentlichkeit nur noch eine minimale Aufgabe: das Entsorgen von unverschmutztem Abwasser. Mit den heute vorhandenen Technologien ist diese Lösung durchaus möglich – so wird durch Umkehrosmose aus jedem Abwasser Trinkwasser produziert. Die grossen Probleme dieses Lösungsansatzes sind der Energie- und Platzverbrauch in den Haushalten und der Abtransport der Rückstände. Dazu ist noch einige Forschungsarbeit vonnöten.



Handlungsauswirkungen abschätzen

Früherkennung struktureller Probleme

Wie wirken sich die verschiedenen Handlungsmuster der Beteiligten technisch und finanziell auf das System Trinkwasserversorgung aus? – Mittels Analyse und Modellierung dieser Verhaltensweisen und Interaktionen können wir die Wirksamkeit und die potentiellen Risiken heutiger Ingenieur- und Managementstrategien frühzeitig erkennen.

PolitikerInnen, Wasserversorgungsbetreiber, Ingenieurbüros und andere stehen vor der Aufgabe, die bestehenden Wasserversorgungsanlagen zu erneuern sowie den heutigen und künftigen Gegebenheiten anzupassen. Verglichen mit der Wachstumsphase der Wasserversorgung (vor 1990) haben sich die politischen und sozio-ökonomischen Randbedingungen entscheidend verändert. Einst stabil und planbar, hat sich das

Umfeld zu einem sensitiven, stetig ändernden und unsicheren Gebilde entwickelt. Entsprechend müssen in Zukunft nicht nur die Bedürfnisse der VerbraucherInnen abgedeckt werden. Vermehrt gilt es, mit angepassten Planungs- und Managementkonzepten der Flexibilität des Wasserversorgungsunternehmens Beachtung zu schenken. Denn dessen Handlungsfreiheit ist heute zunehmend eingeschränkt: Ers-

tens durch die bestehende Infrastruktur selbst, weil sie im Boden verlegt und darum schwer anzupassen ist. Zweitens durch die zunehmende Einflussnahme von skeptischen PolitikerInnen und preisbewussten KonsumentInnen sowie durch Konkurrenz (Privatisierungsdruck). Und drittens durch neuere finanzielle Unsicherheiten (z.B. sinkende Akzeptanz von eigentlich nötigen Tarifierhöhungen) oder technische Risiken (z.B. betriebliche Probleme durch weiterhin sinkenden Wasserverbrauch).

Aufzeichnung charakteristischer Verhaltensweisen

Wegen der langen Lebenserwartung einmal gebauter Anlagen ist es entscheidend,

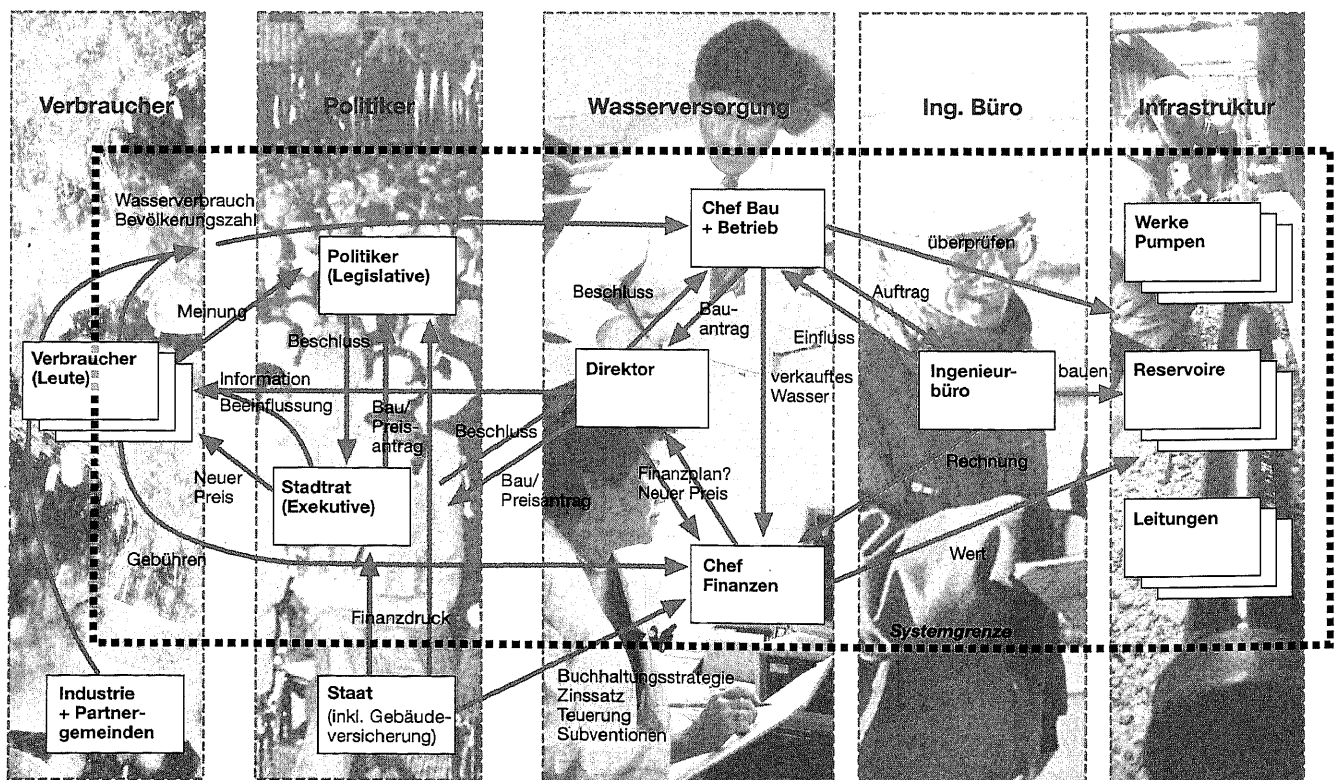


Fig. 1 Das Akteurmodell der Wasserversorgung bildet die Realität vereinfachend und abstrakt ab. Die dargestellten Akteure sind typische Repräsentanten ihrer Berufsgruppe. Im Modell werden diese Akteure als Agenten modelliert und geben dem Modell so eine neuartige Struktur. Infrastruktur-Elemente beeinflussen ebenfalls das System, weil sie altershalber periodisch ausgewechselt werden müssen. Auch sie sind im Modell als Agenten repräsentiert.

Problempunkte frühzeitig zu identifizieren. Weil insbesondere die eingangs erwähnten Akteure der Wasserversorgung mit ihren unterschiedlichen Aufgaben, Interessen und Sichtweisen die Entwicklung der Wasserversorgung prägen, stehen deren Aktionen und Interaktionen in dieser Arbeit [1] im Vordergrund. Mit einem neuartigen Modell (Fig. 1) werden charakteristische Verhaltensweisen dieser Akteure und die Auswirkungen ihrer Handlungen auf den betriebswirtschaftlichen und technischen Zustand der Wasserversorgung untersucht. Die einzelnen Akteure sind mit den typischen, ihren Zielen entsprechenden Strategien charakterisiert, welche durch sich jährlich wiederholende Handlungsmuster (Regeln) konkretisiert werden. Dabei unterscheiden wir zwischen Strategien/Regeln der Vergangenheit (gemäss welchen die Wasserversorgung in den letzten Jahrzehnten aufgebaut wurde) und Strategien/Regeln, nach welchen heute gehandelt wird.

Pro Akteur gibt es somit eine ganze Reihe von Regeln, die das Verhalten definieren. Ein Beispiel einer Regel: «Wenn die Wassernachfrage die bestehende Lieferkapazität des Wasserwerks übersteigt, dann wird eine Erweiterung des Wasserwerks geplant». Bei der Auflistung der Strategien/Regeln unterstützen uns Experten aus der Praxis, welche die postulierten Regeln kritisch prüfen. Als transparente Kommunikationsbasis dient ein Regelkatalog, mit welchem es gelingt, das subjektive Expertenwissen zunächst aufs Papier und schliesslich ins Modell zu bringen.

Die Regeln der Vergangenheit können dann mit den über die Jahre erhobenen Kennzahlen einer Wasserversorgung (Lieferkapazität, Gesamtlänge der Hauptleitungen, Wasserpreis, Investitionen etc.) validiert werden (Fig. 2 und 3).

Trotz des scheinbaren Widerspruchs, eine komplexe Realität mit einfachen Regeln abbilden zu wollen, lässt sich die vergangene

Entwicklung sowohl bezüglich technischer als auch finanzieller Parameter tendenziell richtig nachbilden (Validierung von 1908–1996, siehe Figuren). Zwar wird sich die Übereinstimmung von Modell und Realität durch eine weitere Verfeinerung der Regeln noch verbessern lassen, doch eignen sich die einfachen Regeln bereits jetzt dazu, die grösseren Zusammenhänge zu erfassen.

Dank diesem Werkzeug kann nun fokussiert und strukturiert über die Verhaltensweisen und Interaktionen der involvierten Akteure diskutiert werden. Insbesondere können die Auswirkungen der jeweiligen Handlungsmuster konkretisiert und sichtbar gemacht werden. Diese Möglichkeit allein wird mit-helfen, das heute breit vorhandene diszi-plinäre und technische Wissen durch das bislang wenig vorhandene, sozio-ökonomische und verhaltensorientierte Wissen zu ergänzen.

Bildung von Zukunftsszenarien

Die Methodik ermöglicht es auch, mit «Was wäre wenn»-Fragen Szenarien für die Zukunft zu bilden und die Effekte verschiedener Strategien (und damit die Sensitivität bezüglich des Akteurverhaltens) auszuloten. Für das Basisszenario (Beibehaltung der Regeln aus der Vergangenheit; Annahme einer Stabilisierung des sinkenden Verbrauchstrends der letzten Jahre) kann die weitere Entwicklung der Wasserversorgung simuliert werden. Dieses Szenario kann nun anderen Szenarien gegenübergestellt werden, in welchen die Strategien und Regeln geändert und die simulierten Auswirkungen verglichen werden. Somit erlaubt dieses Vorgehen, den «Fitness-Grad» der Regeln zu bewerten und konkrete Regeländerungen zur Diskussion zu stellen.

Die Transformation und Adaption der Wasserversorgung aufgrund der eingangs erwähnten Situation verlangt eine grössere Flexibilität derselben. Wir glauben, dass diese für die Ingenieurwissenschaften neuere Art von Forschung dafür wichtige Grundlagen bereitzustellen vermag.

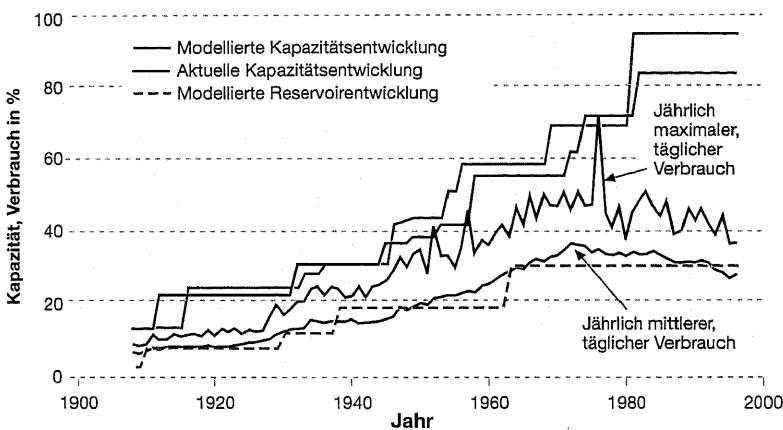


Fig. 2 Beobachtete und modellierte Kapazitätsentwicklung (Lieferkapazität der Wasserversorgung). Zwar sind die beiden Kurven von 1908–1996 nicht deckungsgleich, sie folgen jedoch dem gleichen Trend. Die Entwicklung des maximalen und des mittleren Verbrauchs gehen als Input in das Modell ein.

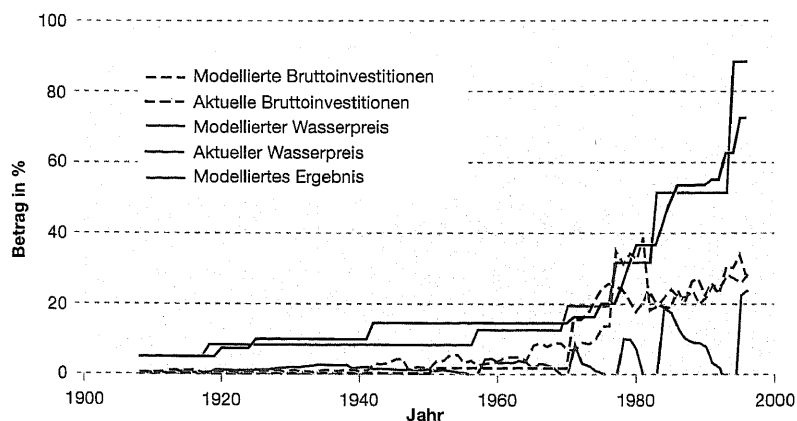


Fig. 3 Beobachtete und modellierte Entwicklung der Bruttoinvestitionen sowie des Wassertarifs. Validierung von 1908 bis 1996. Die Entwicklung der modellierten Investitionen ist etwas zeitverschoben, weist aber ein ähnliches Muster wie die beobachteten Investitionen auf.



Donald Tillman, Kulturingenieur ETH, Umweltingenieur MIT. Zuvor in der Privatwirtschaft tätig, heute Doktorand an der Ingenieurabteilung der EAWAG.

In Zusammenarbeit mit Tove A. Larsen, Claudia Pahl-Wostl und Willi Gujer

[1] Tillman, D., Larsen, T.A., Pahl-Wostl, C. and Gujer, W. (1999). Modeling the actors in water supply systems. Wat. Sci. Tech. 39: 4, 203–211.

Schwermetalle sind im Dachwasser unerwünscht

Bei der Versickerung gelangen die Schwermetalle im Dachwasser, vor allem Kupfer, Zink, Blei und Cadmium, in die Sickerschicht und möglicherweise ins Grundwasser. Bis Massnahmen an der Quelle diese Belastungen verringern, sollen diese Stoffströme kontrolliert in Versickerungsanlagen zurückgehalten werden.

Im neuen Gewässerschutzgesetz wird die Versickerung von Dachwasser gefordert. Diese Praxis hat neben vielen Vorteilen auch Nachteile:

Weil Dachwasser die Schwermetalle Kupfer, Zink, Blei und Cadmium enthält, gelangen diese je nach gewählter Versickerungsausführung auf unterschiedliche Art und Weise in die Umwelt. Wird über die belebte Bodenschicht versickert (Muldenversickerung), können die Schwermetalle dort akkumuliert werden, was innerhalb weniger Jahre zu einer Überschreitung der Orientierungswerte für abgeschaltete Oberböden führt. Bei Untergrundversickerung (Schacht, Rigolen) werden die Schwermetalle eher diffus im Sickerkörper verteilt und können bei gut durchlässigem Untergrund den Grundwasserleiter erreichen. Somit stellt sich die Frage nach einem sinnvollen Umgang mit dieser Schwermetallfracht im Dachwasser.

Strategie

Sofort wird klar, dass eine Problemlösung nur dann möglich ist, wenn die entsprechen-

den Schwermetalle nicht mehr ins Dachwasser gelangen können. Angesprochen sind also Massnahmen an der Quelle mit dem Ziel, die problematischen Stoffe mittel- bis langfristig zu ersetzen. Die Verbesserung der Luftqualität durch Emissions-senkung und Alternativen für Kupfer- und Zinkbleche an Ausseninstallationen sind die langfristigen Ziele. Bis allerdings solche Massnahmen greifen, müssen Lösungen gesucht werden, welche es erlauben, eine Anreicherung in den Sickerschichten räumlich und zeitlich kontrolliert ablaufen zu lassen. Weiter muss bei Erreichen der Sättigung sichergestellt sein, dass diese Altlasten fachgerecht entsorgt bzw. aufbereitet werden. Es ist also nötig, ein Kataster für Versickerungsanlagen zu führen.

Kontrolle der Schwermetallfracht

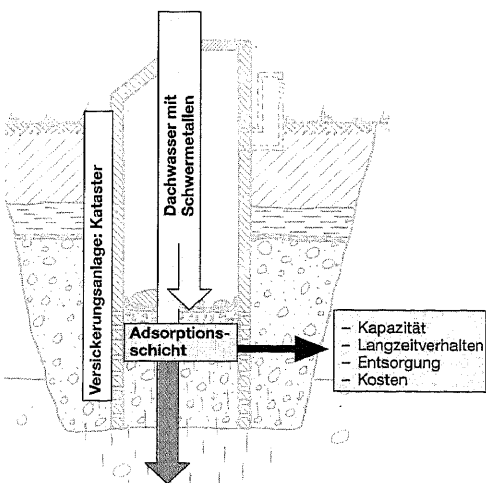
Gesucht sind Materialien, welche als Adsorptionsschicht in Versickerungsanlagen (Fig. 1, Tab. 1) eingebaut werden können. Weil die gelöste Fraktion der genannten

Schwermetalle über 50% betragen kann, müssen solche Stoffe ausgeprägte adsorptive Eigenschaften wie hohe Affinität und grosse Adsorptionskapazität aufweisen. Aus hydraulischer Sicht müssen primär eine genügend hohe Leitfähigkeit und eine strukturelle Langzeitstabilität gewährleistet sein. Gemäss einer durchgeführten Literaturstudie existieren Stoffe, welche den gestellten Anforderungen teilweise genügen. Eisenhydroxid, Zeolite und Aktivkohle haben sich als sehr wirksam erwiesen. Allerdings wurden in Systemen mit natürlichem Dachwasser damit noch keine entsprechenden Versuche durchgeführt, so dass der Einsatz von Adsorbermedien experimentell geprüft werden muss.

Versuche

Experimente mit einer Kolonnenanlage (Fig. 2) und im Batchversuch werden Grundlagen zum Verständnis dieser Systeme schaffen. Speziell interessieren die Adsorptionskapazität bei tiefer Schwermetallkonzentration, der Einfluss von Komplexbildnern, die konkurrierende Adsorption an den Oberflächen und veränderte pH- und Redox-Verhältnisse.

Damit die zentralen Prozesse und Parameter identifiziert und verifiziert werden können, wird mit natürlichem Dachwasser sowie mit synthetisch hergestellten Lösungen gearbeitet. Dank den daraus gewonnenen Informationen soll es möglich sein, die Rückhaltekapazität sowie die Lebensdauer von Adsorbenschichten unter diversen Betriebsbedingungen abzuleiten.



Adsorber	Material	Rückhalt
1	Ca-haltig	78,0%
2	Fe- und Ca-haltig	99,4%
3	SiO ₂ -haltig	70,0%
4	Fe-haltig	90,0%

Tab. 1
Eliminationsgrad verschiedener Adsorbermedien. Erste Ergebnisse der Kolonnenexperimente mit 4 unterschiedlichen Adsorbermedien weisen vor allem für eisenoxidhaltige Materialien eine hohe Eliminationsleistung nach. Bei einem Kupfergehalt in angereichertem Dachwasser von 300 µg Cu/l wurde folgender Cu-Rückhalt gemessen.

Fig. 1
Einsatzort und Wirkung von Adsorbermedien in einem Versickerungsschacht.



Michele Steiner
Umweltingenieur, doktoriert in der Ingenieurabteilung an der EAWAG.

Koautor: Markus Boller

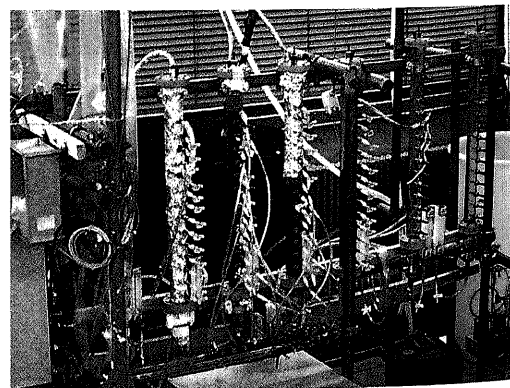


Fig. 2
Pilotanlage zur Untersuchung von Adsorbermedien zur Behandlung von Dachwasser. Die Anlage besteht aus 7 einzeln steuerbaren Kolonnen und befindet sich in der Versuchsstation Tüffenwies der EAWAG.

Zurück zum Haushalt – auch in der Wasseraufbereitung

Das Trinkwasser in Entwicklungsländern, entnommen vom Wasserhahn oder geschöpft aus einer zweifelhaften Wasserquelle, ist möglicher Träger von Krankheitskeimen. Die öffentliche Wasserversorgung in den Städten funktioniert vielfach schlecht, in ländlichen Gebieten fehlt sie oft gar gänzlich. Die Haushalte sind in diesen Fällen gefordert, ihr Trinkwasser selbst zu beschaffen bzw. zu behandeln.

Die WHO Statistik für das Jahr 1994 zeigt, dass rund 800 Millionen Menschen in ländlichen Gebieten und 300 Millionen Menschen in Städten keinen Zugang zu einer ausreichenden Trinkwasserversorgung haben [1]. Leider berücksichtigt die Statistik nur Wassermenge (mehr als 15–50 Liter pro Person und Tag) und Verfügbarkeit (Transportdistanz innerhalb von 50–1000 Metern) als Kriterien. Sie enthält keine Angaben darüber, wieviele Leute unter qualitativ schlechtem Trinkwasser leiden. Die Realität sieht oft so aus, dass der wohlhabende Teil der Stadtbevölkerung sich mit Mineralwasser eindeckt oder versucht, hausinterne Aufbereitungsanlagen zu betreiben. Der armen Bevölkerung wird empfohlen, das Wasser abzukochen, was angesichts der Knappheit an Brennholz und Energie kaum befolgt werden kann. Die Entwicklung und Verbreitung von alternativen Verfahren zur individuellen Trinkwasseraufbereitung ist deshalb dringend nötig. Für Haushalte, welche am Rande des Existenzminimums leben, müssen diese Aufbereitungsmethoden kostengünstig, benutzerfreundlich und autark sein, damit sie wirtschaftlich tragbar, akzeptiert und nachhaltig sein können.

Solare Wasserdesinfektion

Die bakterizide Wirkung des Sonnenlichtes ist allgemein bekannt, wurde aber in der Wasseraufbereitung bisher kaum gezielt angewendet. Durch umfangreiche Labor- und Feldversuche, welche von der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) mitfinanziert wurden, hat die EAWAG in den letzten Jahren die solare Wasserdesinfektion (bekannt unter SODIS: SOLar Water DISinfection) entwickelt und verbreitet. SODIS nutzt die keimtötende Wirkung der Sonne in

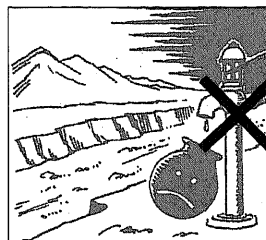
Form von Wärme und UV-A Strahlung aus. Die einfachste Anwendung von SODIS erfolgt mittels halbschwarz eingefärbten Plastikflaschen. Diese werden mit kontaminiertem Rohwasser gefüllt und für ungefähr 5 Stunden an die Sonne gelegt. Dabei erwärmt sich das Wasser meistens auf über 50 °C, wobei Bakterien und Viren abgetötet werden: *Faekal-Coli*-Konzentrationen werden um 4–5 Zehnerpotenzen reduziert. Feldversuche haben zudem gezeigt, dass auch der Erreger der Cholera (*Vibrio cholerae*) durch SODIS effizient inaktiviert wird. SODIS erfüllt die oben genannten Kriterien einer einfachen Wasseraufbereitung: Plastikflaschen sind weit verbreitet und ein Abfallprodukt der Konsumgesellschaft, sie können nicht nur für die Aufbereitung, sondern auch für den Transport und die Lagerung von Wasser gebraucht werden. Die notwendige Energie liefert die Sonne kos-

tenlos. Die Voraussetzungen für eine starke Verbreitung von SODIS scheinen also gut – der grosse Durchbruch hat trotzdem noch nicht stattgefunden. Das Verfahren ist zu einfach und scheint damit suspekt, über Generationen wurde das Abkochen von Wasser empfohlen, was ein Umdenken schwierig macht, und oft fehlt es ganz einfach an ausreichend vielen Plastikflaschen. Die EAWAG wird deshalb die Verbreitung von sachgerechter Information und den Aufbau von nationalen SODIS-Netzwerken weiter fördern.

Das Arsen-Problem in Bangladesh

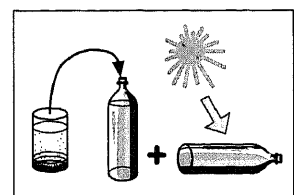
Die Bevölkerung im Schwemmlandgebiet von Bangladesh schöpfte in der Vergangenheit das Trinkwasser aus Teichen, die Folge waren häufige Durchfallerkrankungen. Auf den Rat von Wasserexperten hin wurden in den letzten 20 Jahren grosse Brunnenbauprogramme realisiert und verunreinigtes Teichwasser wurde durch Grundwasser ersetzt. Heute werden 95% der Bevölkerung in Bangladesh mit Grundwasser versorgt und die Infektionsrate für Durchfälle reduzierte sich um 50%. Vor vier Jahren aber wurden bei der Bevölkerung erste Arsen-

Arsenproblem in Bangladesh



Aufbereitung von Oberflächenwasser durch

SODIS



Aufbereitung von Grundwasser durch

soras

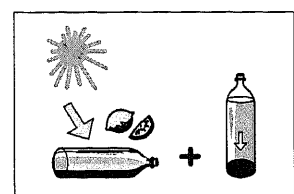


Fig. 1

Optionen für individuelle Trinkwasser-Aufbereitung in Bangladesh.



vergiftungen diagnostiziert und man stellte mit grossem Schrecken fest, dass das genutzte Grundwasser teilweise hohe Arsenkonzentrationen enthielt. Das Arsen stammt grösstenteils aus eisenpyrithaltigen Flusssedimenten und gelangt unter anaeroben Bedingungen ins Grundwasser. Internationale und nationale Hilfsorganisationen sind nun daran, das Ausmass der Katastrophe abzuschätzen, die vor allem in ländlichen Gebieten betroffene Bevölkerung aufzuklären und nach Lösungen für das Arsenproblem zu suchen. Erste Schätzungen lassen vermuten, dass 50 bis 80 Millionen Menschen erhöhten Arsenkonzentrationen ausgesetzt sind. Die WHO rechnet damit, dass in ein paar Jahren die Todesursache jedes zehnten Bangladeshi eine Arsenvergiftung sein wird [2]. Eine Möglichkeit zur Lösung des Arsenproblems ist die Rückkehr zum mit Fäkalien

verunreinigten Teichwasser, zu dessen Aufbereitung sich SODIS anbietet. Mit einem grossen Demonstrationsprojekt, an dem sich 16 lokale Organisationen (NGOs) beteiligen, studiert die DEZA zurzeit Akzeptanz und Effizienz von SODIS. Erste Hinweise lassen aber vermuten, dass die Bevölkerung das klare, wenn auch arsenhaltige Grundwasser dem oft trüben Teichwasser vorzieht. Ferner ist die Wirkung der Giftstoffe auf die Gesundheit verschieden: Der Konsum von mit Fäkalien verseuchtem Oberflächenwasser führt oft zu heftigen, akuten Durchfällen, währenddem sich die Wirkung von Arsen Spuren im Grundwasser schlechend erst nach 5 bis 15 Jahren einstellt. Die EAWAG hat sich zum Ziel gesetzt, eine einfache Methode zur Arsen-Abtrennung aus dem Trinkwasser zu entwickeln. Das in Labor- und Feldversuchen stehende Verfahren, welches das Sonnenlicht für die Photo-Oxidation und die Sedimentation zur Abtrennung des Arsens nutzt, erhielt den Namen SORAS (Solar Oxidation and Removal of Arsenic) und wird von der DEZA massgeblich mitfinanziert. Auch SORAS nutzt die Plastikflaschen-Technologie und ist damit komplementär zu SODIS. Um die Photo-Oxidation zu unterstützen, werden dem arsenhaltigen Grundwasser ein paar

Tropfen Zitronensaft beigemischt. Erste Feldversuche zeigen, dass SORAS die Arsenkonzentration um 50–90% reduzieren kann. Damit liesse sich die Lebenserwartung der betroffenen Bevölkerung wesentlich verlängern.

Hilfe zur Selbsthilfe

Auch in Zukunft wird die Ausbaurate der öffentlichen Wasserversorgungen kaum Schritt halten können mit dem Bevölkerungswachstum in Entwicklungsländern; die Zahl der mit Wasser schlecht versorgten Leute wird also weiter steigen. Die betroffene Bevölkerung ist auf Selbsthilfe angewiesen. Dies jedoch kann auch Ausgangspunkt einer neuen wirtschaftlichen und nachhaltigen Wasserversorgungsstrategie in Entwicklungsländern sein. Aufgaben sollen soweit möglich durch die kleinstmögliche organisatorische Einheit gelöst werden. Es ist wirtschaftlich wenig sinnvoll, grosse Wassermengen aufzubereiten, von denen, wenn überhaupt, nur eine kleine Menge getrunken wird (siehe Ersatz durch Mineralwasser). Deshalb könnte je nach vorhandenen finanziellen Ressourcen zum Beispiel die Wasserbeschaffung und -verteilung eine Aufgabe des Gemeinwesens sein, die Aufbereitung zu Trinkwasser wäre aber auf Haushaltsebene zu lösen. Um eine solche neue Wasserversorgungsstrategie zu verwirklichen, braucht es unter anderem geeignete Technologien. SODIS und SORAS könnten mögliche Antworten sein.

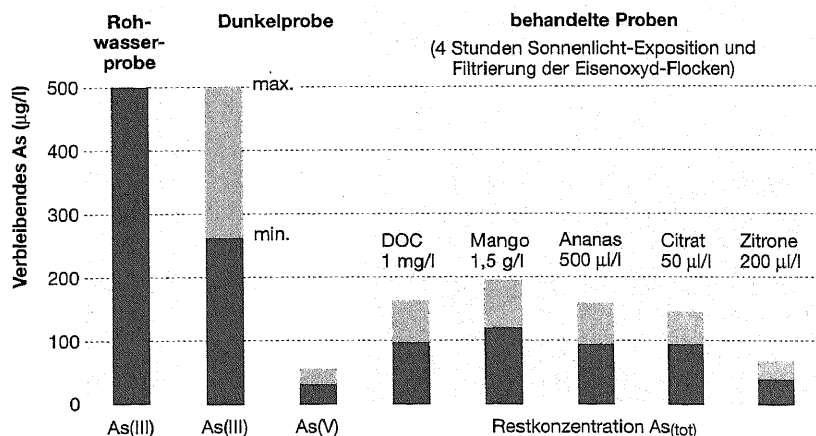


Fig. 2 Arsen-Reduktionen durch SORAS mit verschiedenen katalytischen Substanzen.



Martin Wegelin, Programmleiter Wasseraufbereitung, Forschungsbereich Siedlungshygiene in Entwicklungsländern an der EAWAG (SANDEC).

In Zusammenarbeit mit Stefan Hug, Markus Boller, Daniel Gechter und Swen Vermeul

[1] WHO et al (1996), Water Supply and Sanitation Sector Monitoring Report, WHO/EOS/96.15
 [2] Lepkowski W., Arsenic Crisis in Bangladesh, Chemical and Engineering News, November 1998

Abfallmanagement in Armenvierteln

Die meisten Behörden rasch wachsender Städte in Entwicklungsländern sind nicht in der Lage, eine befriedigende Abfalleinsammlung und -entsorgung zu gewährleisten. Vor allem die schlecht erschlossenen städtischen Randgebiete, oft Lebensraum der armen Bevölkerungsschicht, bleiben ohne Abfalleinsammlung.

In den Entwicklungsländern werden Haushaltsabfälle in der Regel auf den Strassen, in Entwässerungskanälen und Flüssen abgelagert oder an Ort verbrannt. Neben einer ästhetischen Beeinträchtigung und starken Belastungen durch Gestank und Rauch, führt dies auch zu einer erhöhten Übertragung von Infektionskrankheiten und einer allgemeinen Belastung von Gewässern, Luft und Boden.

In einem Teil der Forschungsaktivitäten von SANDEC werden neue Ansätze für die Abfalleinsammlung und Wiederverwendung auf Quartierebene geprüft. Untersuchungen bestehender Systeme haben gezeigt, dass gewisse Voraussetzungen für ein langfristiges Funktionieren solcher Quartiersysteme erfüllt sein sollten [1]. Diese sind:

- Information und Motivation der Bevölkerung,
- Auswahl kostengünstiger und einfacher Technologien,
- Koordination mit dem übergeordneten kommunalen Abfalldienst,
- Entwicklung einer klaren Organisations- und Finanzierungsstruktur.

Im folgenden werden die einzelnen Punkte genauer erklärt.

Partizipation

Die BewohnerInnen wissen meist zu wenig über die Problematik der Abfallwirtschaft. Auf der Prioritätenliste steht die Abfallwirtschaft daher oft weit hinter der Wasserversorgung oder der Abwasser- und Fäkalienbewirtschaftung. Förderung der Partizipation heisst vor allem Bewusstseinsbildung bezüglich dieser Problematik durch Information und Ausbildung sowie eine fachliche technische Unterstützung bei der Umsetzung von Verbesserungskonzepten. Bei Informationskampagnen spielt die Berücksichtigung des sozio-kulturellen Umfelds,

d.h. der unterschiedlichen kulturellen, religiösen und sprachlichen Hintergründe, eine eminent wichtige Rolle. Auch geschlechtsspezifische Informationskampagnen sind von sehr grosser Bedeutung, da zum Beispiel gerade im islamischen Umfeld die Männer die (v.a. nach aussen) bestimmenden Familienoberhäupter sind, die Frauen aber gerade im Bereich von Haushalt und Hygiene die zentrale Rolle spielen.

Angepasste Technologien

Die Auswahl der Technologie, vor allem der Einsammelfahrzeuge, muss den lokalen Verhältnissen sowie der finanziellen Situation der Quartierbevölkerung angepasst sein. In Armenvierteln sind Zufahrtsstrassen oft schmal und in sehr schlechtem Zustand. Im Hinblick auf Betrieb und Unterhalt sowie die beschränkten finanziellen Möglichkeiten bieten lokal gefertigte Handwagen oft eine gute Lösung. Da gerade in Entwicklungsländern die Lohnkosten im Vergleich zu

den sonstigen Betriebskosten tiefer sind, müssen bei der Wiederverwertung (z.B. Kompostierung) Ansätze anvisiert werden, die eher manuelle Arbeit statt technische und maschinelle Einrichtungen in den Vordergrund rücken.

Koordination mit dem übergeordneten Abfalldienst

Umladestationen zwischen der Quartiereinsammlung und der übergeordneten, meist städtischen Abfalleinsammlung sind kritische Schnittstellen. Es gilt hier, neben einer angepassten technischen Ausführung der Umladestationen vor allem eine gute Koordination der Akteure zu gewährleisten.

Organisations- und Finanzierungsstruktur

Eine klare Organisationsstruktur soll die Rollen der verschiedenen Akteure möglichst gut abstimmen. Die Finanzierungsstruktur über Gebühren muss einfach und vor allem transparent sein. Die Erfahrung hat gezeigt, dass sich Klein- und Mittelunternehmen (KMU) sowie Kooperativen für Dienstleistungen im Abfallsektor auf Quartierebene eignen. Ein Vorteil gegenüber den «im Volontariat» verwalteten Quartierorganisa-

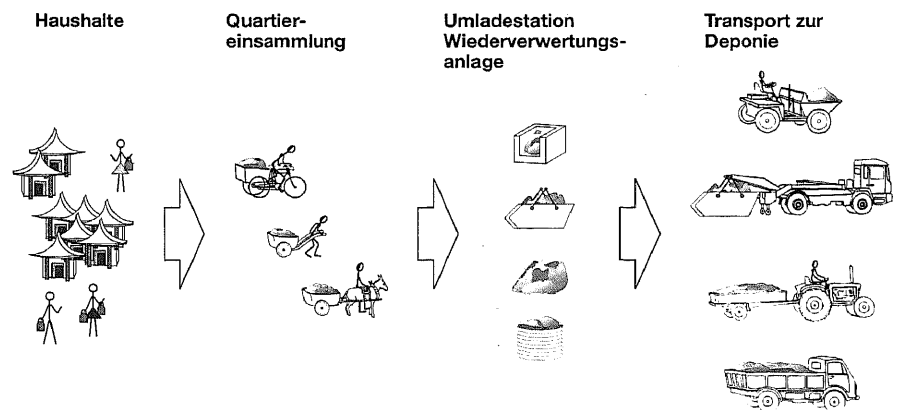


Fig. 1 Modell einer nachhaltigeren Möglichkeit der Abfalleinsammlung inklusive Wiederverwertung. Die Quartiereinsammlung umfasst einfache Einsammelfahrzeuge, eine Umladestation oder Wiederverwertungsanlage, dann die kritische Schnittstelle zur nächsten Einsammelstufe und der weitere Transport.



Fig. 2
Abfallsammlung mit Hilfe von Schubkarren in einem Armenviertel in Karachi, Pakistan. Die Technologie passt sich den lokalen Verhältnissen, sowie der finanziellen Situation der Quartierbevölkerung an.

tionen ist vor allem ihr betriebswirtschaftlicher Ansatz.

Umsetzung der Abfallsammlung und -wiederverwendung

Wie solche Einsammelmodelle umgesetzt werden können, war die zentrale Frage eines Pilotprojektes in einem Armenviertel in Karachi (Pakistan). Das Projekt wurde in enger Zusammenarbeit mit der lokalen Organisation «Association for Protection of the Environment» durchgeführt und von der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) finanziell unterstützt. Als erstes wurden allgemeine Informationskampagnen zur Siedlungshygiene und zur Abfallproblematik initiiert. Erst die Motivation der Bevölkerung, die bestehende Situation

zu verbessern, gab den Ausschlag zur gemeinsamen Umsetzung eines Einsammel-systems (Fig. 2).

Die Abfallwirtschaft auf Quartierstufe umfasst jedoch viel mehr als nur das Einsammeln. Die Minimierung des «Abfalltransfers» zur übergeordneten Einsammlung des städtischen Systems, z.B. durch die Wiederverwertung, fördert die Unabhängigkeit der Quartiere und die Nachhaltigkeit der Systeme. Im Gegensatz zu den industrialisierten Ländern wird gerade das Recycling in Entwicklungsländern meist durch einen gut ausgebildeten informellen Sektor abgedeckt. Auch in diesem Bereich lassen sich jedoch Verbesserungen erzielen, gerade was die biologische Behandlung und Wiederverwertung des organischen Anteils

angeht, der in Entwicklungsländern oft mehr als die Hälfte des anfallenden Abfalls ausmacht. Eine dezentrale Behandlung der Abfallmenge auf Quartierstufe kann die Kosten für Transport und Deponie massgeblich reduzieren. Dazu kommt der ökologische Nutzen, denn durch die Wiederverwertung des organischen Materials können die Nährstoffkreisläufe im Sinne einer nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung weitgehend geschlossen werden.



Chris Zurbrugg, Geologe, seit 1998 an der EAWAG/SANDEC, befasst sich mit Fragen der Abfallwirtschaft in Entwicklungsländern.

[1] Pfammatter R. und Schertenleib R. (1996). Non-Governmental Refuse Collection in Low-Income Urban Areas. Lessons Learned from Selected Schemes in Asia, Africa and Latin America. SANDEC Report No. 1/96, 70 pp. Water and Sanitation in Developing Countries EAWAG/SANDEC, Dübendorf, Switzerland.

BürgerInnen diskutieren über die Tätigkeit der EAWAG

Die Stiftung «Science et Cité» fördert die konstruktive Auseinandersetzung zwischen Wissenschaft und Gesellschaft.

Mit neuen Formen des Dialogs, in welcher Gesellschaft und Wissenschaft als zwei gleichwertige Partner ihr unterschiedlich geartetes Wissen austauschen, möchte sie eine neue Kommunikationskultur bewirken. Unter anderem soll ein «Runder Tisch» als Diskussionsplattform zwischen BürgerInnen und VertreterInnen wissenschaftlicher Institutionen gebildet werden.

Die EAWAG hat sich bereit erklärt, am Pilotprojekt des Runden Tisches teilzunehmen.

Der Runde Tisch ist paritätisch aus je ca. 10 BürgerInnen und Delegierten der EAWAG zusammengesetzt. Er wird von einem Moderator geleitet werden und wird zwei- bis dreimal pro Jahr tagen.

An den Sitzungen stellen die Forschenden ihre Tätigkeiten und künftigen Absichten vor. Sie informieren über Projekte und deren Verlauf. In der Auseinandersetzung mit den BürgerInnen und Bürgern kommen deren Wahrnehmungen, Befürchtungen und Erwartungen zur Sprache. Es geht dabei darum, das gegenseitige Verständnis zu fördern und neue Beurteilungskriterien

kennen zu lernen. Die Ergebnisse sollen in die Formulierung und Durchführung der Forschungsprojekte einfließen.

Das erste Treffen wird am 4./5. Februar 2000 stattfinden. Die Evaluation des Pilotprojektes wird am Institut für Wissenschaftsphilosophie und Wissenschaftsforschung der ETH Zürich vorgenommen. Mit dem Runden Tisch stellt sich die EAWAG einer kritischen Reflexion und Bewertung ihrer Tätigkeitsplanung und Projekte. Wir sind gespannt darauf, wie sich das Vorhaben entwickeln und welche Ergebnisse es bringen wird. Wir werden weiter darüber berichten. Ueli Bundi

Wo Städte keine Kanalisation haben

In den Städten von Entwicklungsländern (EL) werden Fäkalien nicht wie bei uns über die Schwemmkanalisation entsorgt, sondern mehrheitlich als Fäkalschlämme (FS) aus Klär- und Latrinengruben abgesaugt und wegtransportiert. Technologien für die kostengünstige, nachhaltige Behandlung solcher Schlämme fehlen noch weitgehend und werden darum zusammen mit Partnern in EL vom Forschungsbereich für Siedlungshygiene in Entwicklungsländern entwickelt.

Im Gegensatz zur Abwasserreinigung wurde der Entsorgung von Fäkalschlämmen (FS) bislang in Städten von EL kaum Aufmerksamkeit geschenkt. Schlämme gelangen unkontrolliert und in der Regel unbehandelt in Gewässer, auf ungenutzte Landflächen oder in die Landwirtschaft. Dies erstaunt, sind doch 65–100% der StadtbewohnerInnen in Afrika und Asien und 20–50% jener in Südamerika an Fäkalienentsorgungssysteme ohne Kanalisationsanschluss angeschlossen. Grossstädte wie Bangkok, Manila oder Jakarta z.B. produzieren täglich bis zu 3000 m³ (50 Bahn-Tankwagen!) FS. Die gesundheits- und umweltgerechte Entsorgung bzw. die Aufbereitung und Verwen-

dung der Schlämme für die landwirtschaftliche Nutzung stellen städtische Behörden, private Unternehmen und Endnutzer vor schier unlösbare Probleme [1]. Die Entwicklung geeigneter Behandlungsmethoden ist eines der Instrumente zur Lösung dieser Aufgaben.

Herausforderung Fäkalschlämme

In Anlehnung an das haushaltszentrierte Modell der städtischen Siedlungshygiene (siehe Leitartikel, Fig. 2) fällt die FS-Behandlung – je nach Grad der Dezentralisierung – in den Zuständigkeitsbereich von Quartier-Organisationen und/oder städtischen Be-

hörden. Dabei kann auch kleineren und grösseren privaten Unternehmen eine wichtige Rolle zukommen. Die Suche nach geeigneten institutionell-organisatorischen Lösungen stellt eine ebenso grosse Herausforderung dar wie die Entwicklung nachhaltiger Behandlungsverfahren und -technologien.

Die Eigenschaften von Fäkalschlämmen variieren je nach Typ der Entsorgungseinrichtung, der Entleerungsart und Grundwasserinfiltration örtlich und zeitlich sehr stark. Sie unterscheiden sich wesentlich von Abwasser (Tab.1, [2]).

Für die Reinigung von FS (wie auch von Abwasser) in EL sind aus ökonomischen und institutionellen Gründen vorwiegend nicht- oder nur wenig mechanisierte, sogenannte kostengünstige Technologien geeignet. Der Bedarf an externer Energie muss minimal sein und vom Einsatz von Chemikalien ist gänzlich abzusehen. Diese Bedingungen führen dazu, dass der Flächenbedarf für die Behandlung von Fäkal-

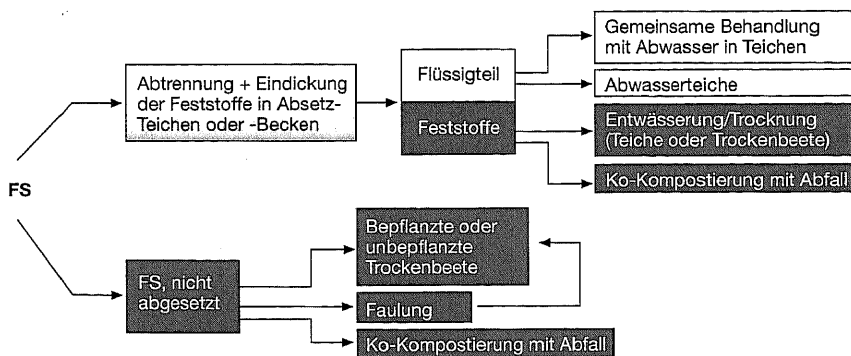
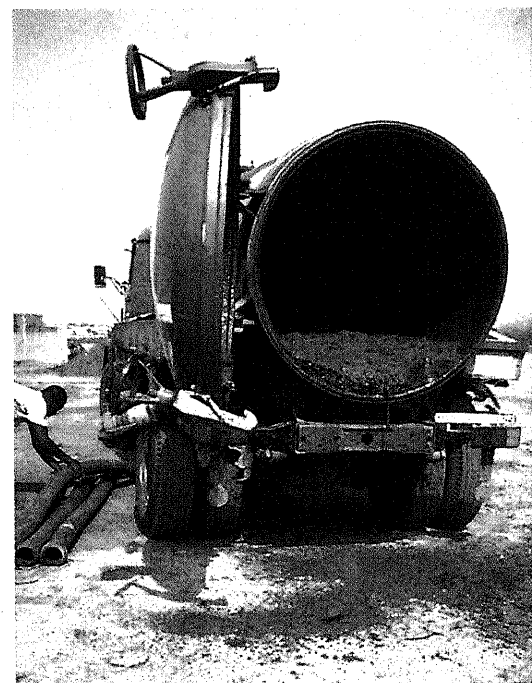


Fig. 1 Ausgewählte Optionen für die Behandlung von Fäkalschlamm (FS) in Entwicklungsländern.

		Fäkalschlamm	Kommunales Abwasser (Tropen)
Feststoffe	mg/l	12 000–50 000	<10 000
Org. FS	%	60–75	–
CSB	mg/l	7000–50 000	500–2500
NH ₄ -N	mg/l	500–3000	30–70
Wurmeier	pro l	4000–50 000	500

Tab. 1 Eigenschaften von Fäkalschlämmen und Abwasser im Vergleich.



Fäkalschlamm-Transport, Accra, Ghana. (Foto M. Strauss)

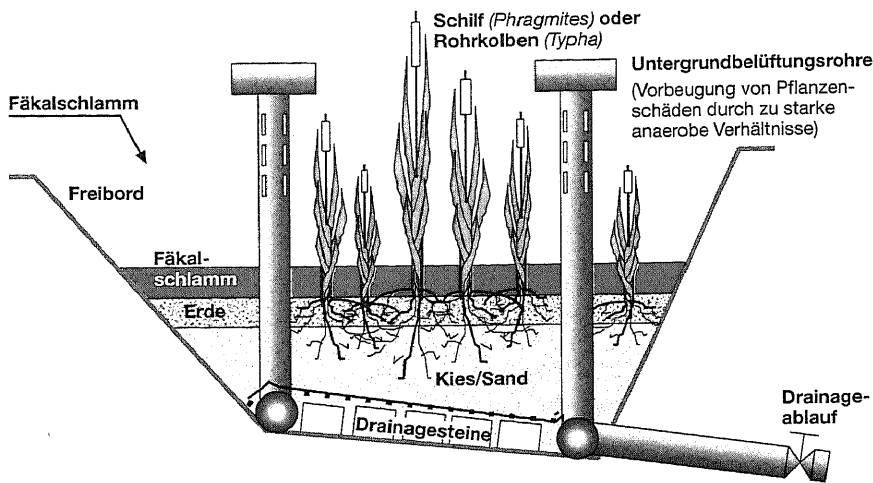


Fig. 2
Schlammvererdungsanlage (schematisch)
+ wartungsarm da entwässertes Schlamm nur in Abständen von mehreren Jahren entfernt werden muss
+ Schlammstabilisierung und -entwässerung in einer Behandlungsstufe kombiniert
- erfordert sorgfältigen Wasserhaushalt zur Aufrechterhaltung des Schilfwachstums
- erlaubt keine regelmässige Abgabe von behandeltem Schlamm an die Landwirtschaft
- Ablauf, welcher evtl. noch weiterer Behandlung bedarf
± geeignet im feucht-tropischen, weniger geeignet im ariden Klima

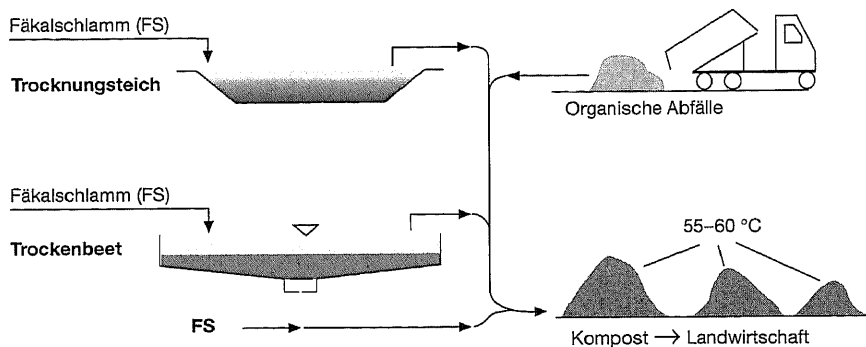


Fig. 3
Ko-Kompostierung (schematisch)
+ Stabilisierung und Hygienisierung in einem Verfahrensschritt
+ erlaubt regelmässige Abgabe von behandeltem Schlamm bzw. von Kompost an die Landwirtschaft
+ besserer Nährstoff-Rückhalt als bei der Schlammvererdung, wenig Drainage-Wasser
+ geeignet in allen Klima-Zonen
- erfordert sorgfältige Betriebsführung (Mischungsverhältnis FS/Abfall, Durchlüftung der Kompostmieten u.a.)

schlamm relativ gross wird. Fig. 1 zeigt, welche Verfahren oder Verfahrenskombinationen für EL als geeignet erachtet werden [2].

Aus ökonomischen Gründen ist es in EL meist nicht möglich, die FS-Behandlung derart auszulegen, dass Abflussvorschriften schweizerischer oder europäischer Prägung erfüllt werden. Ein grosser Fortschritt könnte aber bereits durch den Einsatz von Verfahren und Technologien erzielt werden, welche in verlässlicher Weise Reinigungsleistungen von z.B. 90% erreichen. Die Verbesserungen für die Umwelt und die öffentliche Gesundheit wären im Vergleich zum *status quo* beträchtlich, obwohl noch relativ hohe Ablaufwerte toleriert werden müssten. Ein weiterer Grund, weshalb die in Industrieländern gültigen Vorschriften nicht unbe-

sehen von EL übernommen werden sollten, liegt in den z.T. unterschiedlichen Zielen der Fäkalien- und Abwasserbehandlung: In Industrieländern hat die Abwasserbehandlung vorwiegend dem Schutz der Gewässer zu dienen (Reduktion von sauerstoffzehrenden Substanzen und von Nährstoffen). In EL hingegen müssen Abwasser- und Fäkalschlammbehandlung in vielen Fällen auf eine mögliche landwirtschaftliche Nutzung ausgerichtet sein. Hygienische Kriterien wie beispielsweise die Wurmeier-Konzentration sind dann von vorrangiger Bedeutung.

Verfahrenstechnische und planerisch-ökonomische Fragen
Forschungspartner in Argentinien, Ghana und Thailand entwickeln zusammen mit SANDEC seit 1994 ausgewählte Behand-

lungsoptionen für Fäkalschlämme (Feststoff-/Flüssigkeit-Abtrennung, anaerobe und aerobe Teichbehandlung, Schlammvererdung, gemeinsame Kompostierung von FS und organischen Haushaltsabfällen). In Fig. 2 und 3 sind zwei der ausgewählten Verfahren – Schlammvererdung und Ko-Kompostierung – in schematischer Weise dargestellt und EL-bezogene Vor- und Nachteile aufgelistet.

Nebst verfahrenstechnischer Forschung und Entwicklung gilt es, künftig vermehrt auch planerisch-ökonomischen Fragen nachzugehen. Bedeutsam sind dabei u.a.:

- Stoffbilanzen von FS-Aufbereitungsverfahren,
- Stoffflüsse für organische Substanz und Nährstoffe im Austausch zwischen Stadt und Land,
- Potential des Produktes der FS-Behandlung als Bodenverbesserungs- und Düngemittel für die stadtnahe Landwirtschaft,
- ökonomisch-institutionelle Aspekte der Fäkalschlamm-Entsorgung und Verwendung.

Es sollen dabei Werkzeuge erarbeitet werden, welche der Praxis dienen: Ingenieuren (vor allem in verfahrenstechnischer Hinsicht), PlanerInnen und Entscheidungsträgern in Entwicklungsländern, aber auch all jenen, welche in Industrieländern im Bereich der städtischen Siedlungshygiene von EL tätig sind.

- [1] Strauss, M., Heinss, U., Montangero, A. (1999). «On-Site Sanitation: When the Pits are Full – Planning for Resource Protection and Faecal Sludge Management». Water Research & Technology, im Druck.
- [2] Heinss, U., Larmie, S.A., Strauss, M. (1998). Solids Separation and Pond Systems for the Treatment of Faecal Sludges in the Tropics – Lessons Learnt and Recommendations for Preliminary Design, EAWAG/SANDEC, Report No. 05/98.
- [3] Koottatep, Th., Polprasert, C., Oanh, N.T.K. (1999). «Preliminary Guidelines for Design and Operation of Constructed Wetlands Treating Septage». Proceedings, AIT/SANDEC Seminar on Septage Treatment, Bangkok, March. Im Druck.



Martin Strauss, Kulturingenieur, arbeitet nach mehrjähriger Tätigkeit in der Entwicklungszusammenarbeit seit 1982 an der EAWAG/SANDEC auf dem Gebiet der Siedlungshygiene in Entwicklungsländern. Er befasst sich insbesondere mit Fragen der Fäkalien- und Abwasserentsorgung und Wiederverwendung.



Agnès Montangero, Umweltingenieurin, arbeitet auf dem Gebiet der Fäkalienbehandlung in Entwicklungsländern, SANDEC.

In der Siedlungswasserwirtschaft brauchen wir neue Initiativen

Prof. Herrmann H. Hahn betreut am Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe (D) auch viele ausländische Studierende. Wir sprachen ihn auf die Entwicklung in seinem Fachgebiet an.

EAWAG news*: Im Leitartikel dieser Nummer vertreten R. Schertenleib und W. Gujer die Ansicht, dass das konventionelle System der Siedlungswasserwirtschaft langfristig nicht nachhaltig sei und deshalb in den Industrie- und Entwicklungsländern (IL, EL) die Entwicklung neuer Konzepte und Lösungsansätze vorangetrieben werden müsse. Teilen Sie diese Ansicht?

H. Hahn: Ja, ich teile diese Ansicht durchaus. Die bisherigen Lösungen der IL wurden zu einer Zeit entwickelt, in der es viel weniger Menschen gab, die versorgt werden mussten. Im Laufe der Jahre wurden diese Lösungen immer wieder an die veränderte Situation angepasst, aber nicht grundsätzlich verändert. Sie sind also noch heute traditionell und im engeren Sinn nicht nachhaltig. Aus finanziellen, klimatischen oder

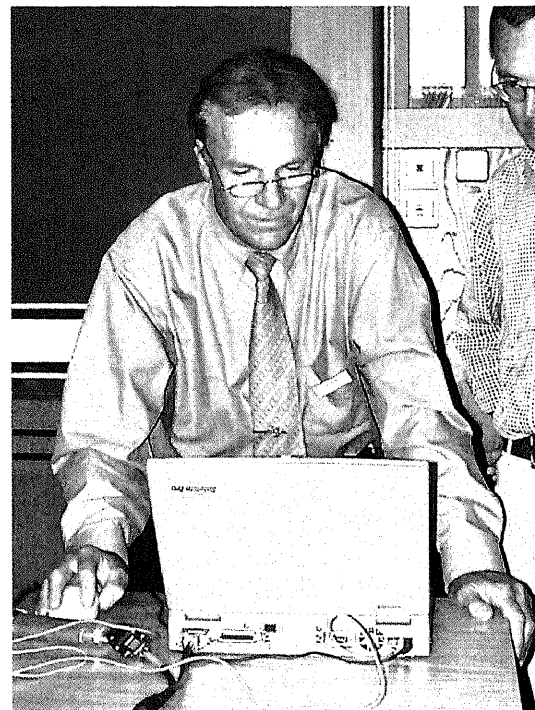
strukturellen Gründen können sie auch nicht für die EL vorbildlich sein. In der Zukunft wird es überall ein gesamtes Massnahmenbündel brauchen. Dies bedeutet ein Abwägen von Aufwand und Wirkung der einzelnen Massnahmen im Bereich von Versorgung und Entsorgung, integriert in eine Gesamtbetrachtung des natürlichen Wasserkreislaufes. Zudem ist eine integrative Abwägung der Wirkungen in räumlicher und zeitlicher Hinsicht nötig.

Wo sehen Sie im konventionellen Konzept die wichtigsten Nachhaltigkeitsdefizite?

Bei den Akteuren, die ihr Verhalten ohne Aussicht auf Belohnung ändern müssten – ein schwieriges Unterfangen. Deshalb brauchen wir neue Konzepte in der Planung der Infrastruktur, in der Realisation und im Betrieb. Wir müssen kooperieren, denn: Gewässerschutz ist zwar richtig, aber auch teuer. Teilweise oder völlig privat motivierte und realisierte Strukturen versprechen eine raschere Umsetzung und zum Teil gar eine kostengünstigere Realisation. Dabei ist nicht automatisch an ein Privatisieren im Sinne einer Ver- und Entsorgung durch grosse Kapitalgesellschaften zu denken, sondern gerade auch in den EL an tatsächlich private und Einzelinitiativen. Dass in diesem Fall völlig neue Gesichtspunkte die Bereiche Planung, Bau und Betrieb solcher Infrastrukturen kennzeichnen würden, kann man aus diesen Hinweisen ableiten.

Welche Vorteile hat die Privatisierung?

Die Privatisierung in diesem Bereich könnte meiner Ansicht nach zweierlei bewirken: zum einen den Zufluss privaten Kapitals (nicht nur aus dem Bereich der Grossindustrie) und zum anderen auch die Initiative Privater (vor allem aus dem Bereich des Mittelstandes und des ganz kleinen Unternehmers). Da es gilt, hygienische Gesichtspunkte



Prof. Hahn, einer der Harvard-Doktoranden von Prof. Stumm und einer der führenden Fachleute im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft, sprach am internationalen IAWQ-Anlass vom 22.–24.8.99 an der EAWAG zur Frage der Weiterbildung in Umweltfragen für Ingenieure («EEE, Environmental Engineering Education, as part of Social Sciences Curricula»). Kontakt: Hermann.Hahn@bau-verm.uni-karlsruhe.de

über kommerzielle Aspekte zu stellen und das Gemeinwohl und die Vorsorge für alle nicht aus den Augen zu verlieren, ist der Staat gefordert, die Randbedingungen für solche privaten Lösungen zu definieren und überwachend tätig zu bleiben.

Das klingt nun so, als wenn die Privatisierung Nachhaltigkeit garantieren würde?

Nein, sie allein schafft das leider nicht. Denn mit der Privatisierung sind in der Regel auch ungünstige Entwicklungen verbunden: die Gefahr der Monopolbildung, die Priorisierung von wirtschaftlichen vor technischen Gesichtspunkten, die fehlende Vorsorgeorientierung im sozialen, im ökologischen und im Bereich des Erfahrungsaustausches. Trotzdem befürworte ich die Privatisierung grundsätzlich, weil sie mir der einzige gangbare Weg scheint.



Hahn wurde auf die anstehenden Probleme der sich entwickelnden Länder durch Studierende aus diesen Ländern sensibilisiert. Er begann daraufhin, mit Fachkollegen in Ägypten, Burundi, Marocco und Thailand eigene Projekte aufzubauen und lernte dabei die Schwierigkeiten und anderen Randbedingungen in den Entwicklungsländern kennen. Heute bestehen v.a. zu Indien und Brasilien Kontakte.

* Das Interview führten Roland Schertenleib, Willi Gujer und Diana Hornung.

Wie können konventionelle Ingenieurbüros bei uns in den IL davon überzeugt werden, nach anderen Lösungen zu suchen?

Die «positiven Ansätze» sind zu verstärken. Eine starke Triebfeder ist zum Beispiel der finanzielle Anreiz: Wie in der Architektur üblich, könnte man Ideenwettbewerbe durchführen. Dabei bekommen die IngenieurInnen für intelligente neue Lösungen etwas bezahlt und können die alte Vorgehensweise der Konzeptmodifikationen in der Schublade liegen lassen.

Von besonderer Bedeutung ist auch die lebenslange Fortbildung, die man aus meiner Sicht ebenfalls mit Anreizen versehen könnte. Z.B. bildet die «Güteschutzgemeinschaft Kanalbau» ihre Mitglieder aus und bietet den Behörden Qualitätskontrolle an. Auch nicht ganz unwichtig sind die Aufsichtsbehörden: Sie steuern den technischen Fortschritt in vielfacher Hinsicht. Man könnte einen Fonds einrichten, der die Risikoabsicherung von innovativen Projekten ermöglicht. Konkret könnte das so aussehen: Bei etwa einer von zehn Anlagen könnte man Neues probieren. Geht der Ver-

such schief, sichert der Fonds das finanzielle Risiko.

Weisen die zum grössten Teil noch technischen Lösungsansätze der Forschungsberichte (S. 7-14) in die nötige Richtung?

Ja, aber neben der Urinabscheidung sollte auch die Grauwasser- und Regenwassernutzung verfolgt werden. Auch die grosse und heterogene Gruppe der sogenannten «endocrine disruptors» darf nicht vergessen werden.

Wo sehen Sie die wichtigsten Forschungsaufgaben im Bereich der zukünftigen Siedlungswasserwirtschaft, einerseits für die Industrieländer und andererseits für die Entwicklungs- und Schwellenländer?

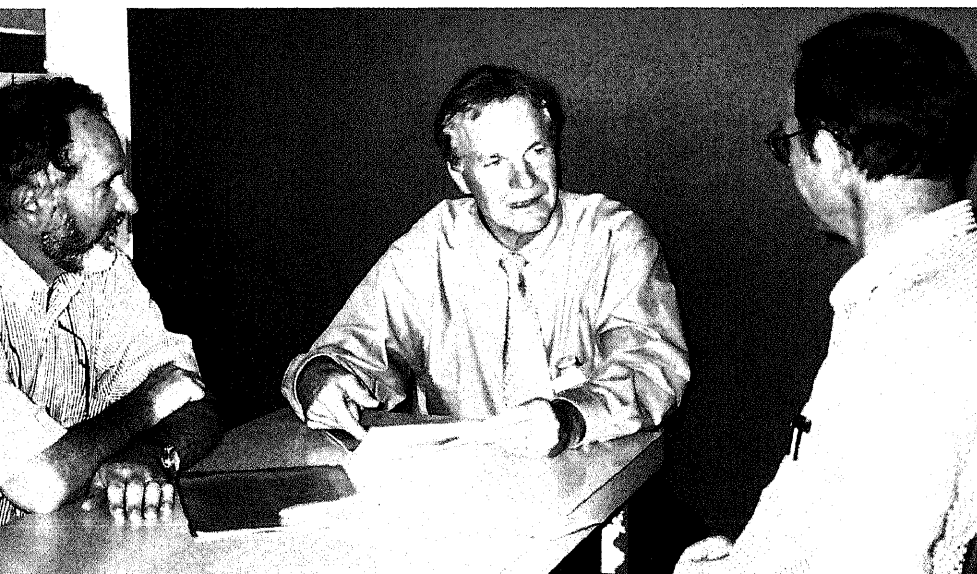
Es kommen gewaltige Aufgaben wasserwirtschaftlicher Art in den Entwicklungsländern auf uns zu, falls sie uns nicht schon überrollt haben. Zu ihrer Lösung brauchen wir das Fachwissen verschiedener Disziplinen. Je mehr man die «Sprache» der anderen spricht, desto mehr Erfolg hat die Teamarbeit. Wichtig sind zum Beispiel Studien an mehr als einer Fakultät – wir Natur- und Bauwissenschaftler müssen uns auf das

Vokabular und vor allem auch das Wissen z.B. der Soziologen zubewegen, nicht nur umgekehrt. Die nichttechnischen Aspekte haben auch für Ingenieure zugenommen. Kulturelle Unterschiede sind zu erlernen und einzubinden, denn sie können zusammen mit den wirtschaftlichen Einflussgrössen, die sich z.B. aus Privatinitiativen in der Ver- und Entsorgung ergeben, gravierender oder kontrollierender sein als technische Probleme. Nebst der verbesserten Kommunikation braucht es viel ökologisches Fachwissen. Ferner scheint es mir sinnvoll und notwendig, daß wir Lösungen entwickeln, die «flexibel» sind, d.h., die nicht zu irreversiblen Bauten und Veränderungen führen, sondern die es erlauben, im Lichte neuer Erkenntnis Korrekturen oder Anpassungen vorzunehmen. Darüber hinaus ist immer wieder die «lebenslange» Weiterbildung der Akteure, also der Fachleute aus dem sozialwissenschaftlichen, wie auch dem ingenieur- und naturwissenschaftlichen Bereich anzumahnen. Dies gilt in gleichem Masse für Entwicklungsländer wie für industrialisierte Länder.

Sie engagieren sich seit Jahren erfolgreich in der IAWQ (International Association on Water Quality) und sind seit 1998 einer der beiden Vize-Präsidenten. Wie sehen Sie nach dem Zusammenschluss mit der IWSA (International Water Services Association) die zukünftige Rolle dieser Vereinigung von Fachleuten im Hinblick auf die Entwicklung und Anwendung einer nachhaltigen Siedlungswasserwirtschaft im «Norden» bzw. im «Süden»?

Die Fusion erlaubt es, näher an die EndverbraucherInnen heranzukommen. Ich habe es mir zum Ziel gesetzt, in den Verbänden die Ansätze von Gujer und Schertenleib zu diskutieren und zu fördern. Im Norden heisst dies Ausprobieren und Fortbildung, im Süden heisst dies z.B. Strukturierungsunterstützung bei der Verselbstständigung der Kleinstunternehmen und Starhilfen in Form von kulturell angepassten Finanzierungsmodellen.

Vielen Dank für das Gespräch!



«Ich bin als Gutachter von der Weltgesundheitsorganisation und anderen UN-Agenturen angefragt worden, und die Aufträge haben für mich Mund-zu-Mund-Propaganda gemacht. Seitdem kann ich mich der Anfragen nach Studium und Betreuung wissenschaftlicher Art kaum erwehren. Mit Traurigkeit muss ich feststellen, dass ich zusammen mit meinen Kollegen nicht mal ein Zehntel beantworten kann.»

Der Tianjin-Schweiz «Ping-Pong-Kurs»

Ein Pilotprojekt für partnerschaftliche Weiterbildung

EurAqua

Die EurAqua ist ein europäisches Netzwerk von Wasserforschungs-Institutionen, in welchem 16 Institutionen aus 16 Ländern zusammengeschlossen sind. Die EAWAG vertritt die Schweiz in der EurAqua. Die Ziele der EurAqua sind:

- den Wissenstransfer von der Wissenschaft zur Praxis und Politik auf europäischer wie auf nationaler Ebene zu fördern, um im Bereich der Gewässernutzung eine nachhaltige Entwicklung anzustreben,
- die europaweite Zusammenarbeit zwischen WissenschaftlerInnen zu fördern und zu erleichtern, mit dem Ziel, die für den Schutz unserer Wasserressourcen dringenden Fragen in Forschung und Entwicklung zu identifizieren, zu bearbeiten und Lösungen umzusetzen,
- ihre gemeinsame Expertise innerhalb der Europäischen Union verfügbar zu machen, um zur Konkurrenzfähigkeit und Umweltverträglichkeit der europäischen Wirtschaft beizutragen.

Die EurAqua führt jährlich eine Tagung (Scientific and Technical Review) zu einem aktuellen Thema der Gewässerbewirtschaftung durch. Das Ziel dieser Tagungen, zu welchen neben den EurAqua Mitgliedern auch weitere Expertinnen und Experten eingeladen werden, ist es, einen Überblick über den aktuellen Stand des Wissens in Europa auf dem jeweiligen Gebiet zu gewinnen und gemeinsam die Forschungsprioritäten zu diskutieren.

Die diesjährige Tagung war dem Thema «Siedlungswasserwirtschaft» gewidmet und fand am 20./21.10.99 in Lissabon statt. Die Themen früherer Jahrestagungen waren:

- Management and Prevention of Crisis Situations: Floods, Droughts and Institutional Aspects (1996)
- Let the Fish Speak: The Quality of the Aquatic Ecosystems as an Indicator for Sustainable Water Management (1997)
- Farming without Harming: The Impact of Agricultural Pollution on Water Systems (1998)

Weitere Informationen sind verfügbar unter <http://www.euraqua.org>

Walter Wagner

Ende 1997 erhielt die EAWAG eine Anfrage des Tianjin Environmental Protection Bureau (TEPB), für eine Delegation von 20 chinesischen Umweltfachleuten einen 20-tägigen Kurs «Water Environmental Management and Monitoring Training Program» zu organisieren. Die Anfrage kam von Frau Yang Jienan, der Vize-Direktorin der Abteilung für internationale Kooperation des TEPB. Sie war einige Monate zuvor mit einer Gruppe Chinesen bei der EAWAG zu Besuch und hatte vom Weiterbildungsprogramm PEAK erfahren. Ihre Anfrage war der Anstoss, einen auf partnerschaftlichem Austausch von Wissen basierten Kurs zu organisieren.

Die EAWAG hatte nicht die Kapazität, einen konventionellen Kurs speziell für die Fachleute von Tianjin kurzfristig aufzubauen; sie war auch vom Nutzen einer solchen Aktion nicht überzeugt. Die Anfrage wurde daher zurückhaltend beantwortet, aber Hilfe bei der Suche nach geeigneten anderen Institutionen angeboten. Dennoch, die Wasserprobleme der Stadtprovinz Tianjin mit ihren etwa 9 Millionen Einwohnern sind gigantisch, und eine Unterstützung der lokalen Behörden bei deren Lösung scheint mehr als sinnvoll. Die Bewältigung der Umweltprobleme kann mit der rasanten wirtschaftlichen Entwicklung der Region in keiner Weise Schritt halten. Eine Unterstützung des TEPB darf sich aber nicht auf einen einmaligen Kurs für wenige auserwählte Personen beschränken, sondern muss auf eine gezielte, längerfristige Zusammenarbeit ausgerichtet werden. Beide Seiten sollen größtmöglichen Nutzen daraus ziehen.

Die Idee eines partnerschaftlichen Austausches von Erfahrungen anstelle eines klassischen Lehrer-Student-Kurses kam auf: die Idee des «Ping-Pong-Kurs-Konzeptes». Die

Partner lehren sich dabei gegenseitig und lernen voneinander. Aufhänger und zentrales Kursthema ist ein aktuelles Problem. Das TEPB und die EAWAG einigten sich, gemeinsam einen Ping-Pong-Pilotkurs durchzuführen. Als weitere Partner konnten die swissino, ein Joint Venture von schweizerischen KMU mit Vertretung in Beijing und die Alliance for Global Sustainability (AGS) der ETH Zürich gewonnen werden. Das «aktuelle Problem» ist die Eutrophierung des Trinkwasserreservoirs und die Überwachung der Wasserqualität im Einzugsgebiet des Haihe-Flusses.

Für den Ping-Teil reiste im April 1999 eine Schweizer Delegation nach Tianjin und liess sich von den chinesischen PartnerInnen über Strukturen, Verantwortlichkeiten, Fähigkeiten, Probleme und Lösungsansätze ausbilden. Gemeinsam wurden die Erkenntnisse diskutiert, die Probleme auf den Tisch gelegt, die zu stopfenden Kenntnis-Lücken eruiert und die Schwerpunkte für den Pong-Teil festgelegt. Dieser soll im Jahr 2000 stattfinden. Wir werden darüber berichten.

Herbert Güttinger

Der Empfang der Schweizer Delegation in Tianjin und die Eröffnung des Kurses fanden in sehr formellem Rahmen im Beisein von hohen Persönlichkeiten der Stadtverwaltung statt.



Spuren von Pestiziden in Gewässern

In der Schweiz werden jährlich 1800 t Pflanzenschutzmittel (PSM) ausgebracht. Diese sogenannten Pestizide werden nicht nur in der Landwirtschaft, sondern auch entlang von Strassen und Bahnanlagen, auf Sport- und Golfplätzen sowie in Gärtnereien und Hausgärten eingesetzt. Trotz vermehrtem integrierten und biologischen Landbau und dem Einsatz neuer, wirksamerer Mittel in den letzten zehn Jahren werden nach wie vor PSM in Gewässern gefunden.

Pestizide werden durch verschiedene Prozesse in Bäche und Seen eingetragen und können so die Ökologie der Gewässer und die Qualität des Trinkwassers beeinträchtigen. Daher hat das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) im Rahmen der Evaluation der Ökomassnahmen das Ziel formuliert, die Einträge von Pestiziden in Oberflächengewässer bis zum Jahr 2005 um 50% zu reduzieren.

EAWAG Studie in der Region Greifensee

Aus diesen Gründen führen wir an der EAWAG eine umfassende Studie im Einzugsgebiet des Greifensees durch. Untersucht wird hierbei das Verhalten der PSM in der Umwelt sowie deren Quellen: Woher kommen die Chemikalienspuren, wie werden sie verfrachtet, wohin gelangen sie und welche Mengen finden wir in Bächen und im See?

Das rund 160 km² grosse Einzugsgebiet des Greifensees bietet mit seiner vielseitigen Nutzung ideale Bedingungen für diese Untersuchungen. In der Region wird inten-

sive Landwirtschaft betrieben. Neben dem Feldbau, wo z.B. sehr viel Mais angebaut wird, findet man Milchwirtschaft, Obst- und Gemüseanbau. Zudem ist die Region Lebensraum für über 100 000 Menschen. Industrie und Gewerbe sind hier angesiedelt und neun Kläranlagen sorgen für die Reinigung des anfallenden Abwassers.

Wie sieht das Messprogramm aus?

Seit 1990 wird von der EAWAG regelmässig die Atrazinkonzentration im Greifensee bestimmt, der all die Stoffe sammelt, die in seinem Einzugsgebiet in die Bäche eingetragen werden. Neben Seewasserproben werden seit einigen Jahren auch die Zuflüsse zum Greifensee und dessen Ausfluss untersucht. Untersucht werden folgende Herbizide: Triazine (u.a. Atrazin, Simazin, Terbutylazin), Acetanilide (Metolachlor und Dimethenamid) und zahlreiche Phenoxyalkansäuren (Mecoprop und 2,4-D). Durch den ganzheitlichen Untersuchungsansatz kann sowohl die jährliche Pestizid-Fracht aus dem Einzugsgebiet als auch der Abbau der Verbindungen im See ermittelt werden. Will man den Eintrag von Pestiziden in die Oberflächengewässer reduzieren, muss man vor allem wissen, woher sie kommen. Daher wurden an der EAWAG die beiden wichtigsten Eintragspfade für PSM im See verfolgt: Der direkte Eintrag aus der landwirtschaftlichen Nutzfläche über oberflächliche Abschwemmung oder Drainagewege und der Eintrag über die Kläranlagen. Im Frühjahr/Sommer 1999 wurden vier kleine, hauptsächlich landwirtschaftlich genutzte Untereinzugsgebiete des Greifensees unter die Lupe genommen. Hierzu wurde vor

Neben verschiedenen EAWAG-Wissenschaftlern sind folgende Partner beteiligt:

- die ETH-Institute Kulturtechnik, terrestrische Ökologie und Pflanzenwissenschaften
- Bundesamt für Landwirtschaft
- Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
- Kantonale Zentralstelle für Pflanzenschutz
- landwirtschaftliche Beratungsstelle in Lindau
- Novartis CP, Basel

dem während Regenereignissen nach der Applikation von PSM mit einer hohen zeitlichen Auflösung Wasser aus den Ausflüssen dieser Gebiete entnommen. So konnte die Menge und die Dynamik des Austrags der Chemikalien aus den landwirtschaftlichen Gebieten ermittelt werden. In der gleichen Zeitperiode wurden auch die ARAs im Gebiet kontinuierlich beprobt. So können nun die Chemikalienfrachten, die in dieser Periode über die beiden Pfade gelangt sind, verglichen werden. Genaue Ergebnisse dieser grossen Feldstudie liegen momentan noch nicht vor. Aus den bisherigen Daten lässt sich aber bereits schliessen, dass mit den ersten Regenereignissen nach der Applikation etwa 1–4% der ausgebrachten Menge von z.B. Atrazin in die Oberflächengewässer eingetragen werden und dass für einige Verbindungen (z.B. Mecoprop) der Eintrag über die ARAs eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielt.

Was passiert in der Zukunft?

Den intensiven Feldmessungen folgt nun die Auswertungsphase und die Planung neuer Untersuchungen. Die ermittelten Resultate dienen dem BLW als Erfolgskontrolle der ökologischen Direktzahlungen. Gleichzeitig sollen sie als Grundlage für den optimierten Einsatz von PSM dienen und fliessen via die Projektpartner direkt in die Umsetzung ein.

Siegrun Heberle, Heinz Singer, Gerrit Goudsmit, Andreas Gerecke, Christian Leu, Michael Berg, Stephan Müller (Projektleiter)



ForscherInnen der EAWAG beim Einsammeln von Wasserproben.

Werner Stumm 1924–1999

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

Nach seinem Chemiestudium an der Universität Zürich war Werner Stumm bei seiner ersten Anstellung an der EAWAG mit Gewässerschutzfragen konfrontiert worden. Er begann dann seine wissenschaftliche Karriere an der Universität Harvard in den USA, wo er zuerst als Postdoktorand und bald als Professor von 1956 bis 1970 die theoretischen Grundlagen der Lösungs- und Koordinationschemie auf Vorgänge in natürlichen Gewässern und in der Wassertechnologie anwendete. Während seiner Tätigkeit an der Universität Harvard verfasste Werner Stumm zusammen mit James J. Morgan die erste Ausgabe des klassischen Lehrbuchs «Aquatic Chemistry». Dieses Buch, das in andere Sprachen übersetzt wurde und 1996 in dritter Auflage erschien, hat die Entwicklung der Wasser- und Umweltchemie massgebend geprägt.

Nach seiner Berufung zum Direktor der EAWAG und Professor an der ETH 1970 führte Werner Stumm seine Forschungstätigkeit weiter, die auf dem Grundgedanken beruhte, dass das Verständnis der chemischen Prozesse auf der molekularen Ebene von entscheidender Bedeutung ist, um die globalen geochemischen Kreisläufe und ihre Störungen durch anthropogene Einflüsse zu erfassen. So widmete sich Werner Stumm vor allem der Erforschung der Vorgänge an der Grenzfläche zwischen fester Phase und wässriger Lösung sowie den vielfältigen Anwendungen dieser Reaktionen auf die Verwitterung und Bildung von Mineralien in den natürlichen Gewässern oder auf die Koagulation von Schwebstoffen in der Wassertechnologie. Seine Arbeiten, insbesondere die Entwicklung

eines Modells der Oberflächenkomplexbildung, haben Grundlagen zum Verständnis der Auflösungsreaktionen von Oxiden und der Katalyse von Redoxreaktionen an Oberflächen geliefert und waren für die weitere Entwicklung dieses Gebiets wegweisend. Für seine wissenschaftlichen Arbeiten wurden Werner Stumm zahlreiche Ehrungen und Auszeichnungen verliehen, so erhielt er 1998 die Goldschmidt Medal of the Geochemical Society für seine gesamte wissenschaftliche Karriere und wurde durch eine Sondernummer der Zeitschrift *Environmental Science and Technology* (Oktober 1998) geehrt. Wenige Wochen vor seinem Tod erhielt er den 1999 Stockholm Water Prize, zusammen mit seinem langjährigen Kollegen James J. Morgan.

Werner Stumm verstand es, seine Begeisterung für sein Forschungsgebiet an junge Leute weiterzugeben, sei es an die Doktoranden und Doktorandinnen in seiner Forschungsgruppe [1] oder an die Studierenden im Rahmen seiner Vorlesungen an der ETH. Viele seiner ehemaligen Schülerinnen und Schüler, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowohl in der Schweiz wie in den USA sind heute auf den Gebieten der Wasser- und Umweltchemie sowie des Gewässer- und Umweltschutzes an Hochschulen, in Ämtern und Ingenieurbüros tätig. Werner Stumm hat auch wichtige Impulse für den Aufbau des Studiengangs Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich vermittelt.

In Bezug auf Umweltprobleme betonte Werner Stumm stets die Notwendigkeit solider naturwissenschaftlicher Grundlagen und multidisziplinärer Zusammenarbeit. Er förderte an der EAWAG die Entwicklung



verschiedener Disziplinen zu einem hohen wissenschaftlichen Niveau, wobei ihm der Aufbau einer umfassenden Wasser- und Umweltchemie besonders nahe lag. Die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Disziplinen sowie die Wechselwirkungen zwischen Wasser, Boden und Luft betonte er sowohl an der EAWAG wie auch in nationalen Forschungsprogrammen. Über die lokalen und momentanen Fragen hinaus wies er auf die Bedeutung der langfristigen und globalen Umweltprobleme hin und trat für Ursachenbekämpfung ein. Unter seiner Leitung engagierte sich die EAWAG für ganzheitliche, wissenschaftlich fundierte Konzepte des Gewässer- und Umweltschutzes in der Schweiz.

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

Laura Sigg

[1] Bernhard Wehrli und Gerhard Furrer (1999): Newsletter of the Geochemical Society, July 1999, p. 16–18.

Publikationen und Bücher

Separata bitte mit dem in der Mitte des Heftes eingeklebten Talon bestellen.

- 2553 von Gunten U. (1998): Ozonanwendung in der Trinkwasseraufbereitung: Möglichkeiten und Grenzen. Mitt. Geb. Lebensmittelhygiene 89, 669–683.
- 2554 Mengis M., Wehrli B. (1998): Nitratelimination in Gewässern und ihre Auswirkung auf Nitratgehalte in Seen und Grundwasser. Mitt. Geb. Lebensmittelhygiene 89, 723–729.
- 2555 Haderlein S.B., Pecher, K. (1998): Pollutant reduction in heterogenous Fe(II)-Fe(III) systems (Chapter 17). In: «Mineral-water interfacial reactions, kinetics and mechanisms», D.L. Sparks, T.J. Grundl (Eds.). ACS Sympos. Ser. 715, Amer. Chem. Soc., Washington, pp. 342–356. ISBN 0-8412-3593-7.
- 2556 Bürgi H.R., Heller C., Gaebel S., Mookerji N., Ward J.V. (1999): Strength of coupling between phyto- and zooplankton in Lake Lucerne (Switzerland) during phosphorus abatement subsequent to a weak eutrophication. J. Plankton Res. 21, No. 3 485–507.
- 2557 Albrecht A. (1999): Radiocesium and ^{210}Pb in sediments, soils and surface waters of a high alpine catchment: a mass balance approach relevant to radionuclide migration and storage. Aquatic Sci. 61, 1–22.
- 2558 Knauer K., Jabusch T., Sigg L. (1999): Manganese uptake and Mn(II) oxidation by the alga *Scenedesmus subspicatus*. Aquatic Sci. 61, 44–58.
- 2559 Edenhofer O., Jaeger C.C. (1998): Power shifts: the dynamics of energy efficiency. Energy Economics 20, 513–537.
- 2560 Siegrist H., Reithaar S., Koch G., Lais P. (1998): Nitrogen loss in a nitrifying rotating contactor treating ammonium-rich wastewater without organic carbon. Water Sci. Tech. 38, No. 8–9, 241–248.
- 2561 Purtschert I., Gujer W. (1999): Population dynamics by methanol addition in denitrifying wastewater treatment plants. Water Sci. Tech. 39, No. 1, 43–50.
- 2562 Siegrist H., Brunner I., Koch G., Phan L.C., Le V.C. (1999): Reduction of biomass decay rate under anoxic and anaerobic conditions. Water Sci. Tech. 39, No. 1, 129–137.
- 2563 Maurer M., Boller M. (1999): Modelling of phosphorus precipitation in wastewater treatment plants with enhanced biological phosphorus removal. Water Sci. Tech. 39, No. 1, 147–163.
- 2564 Henze M., Gujer W., Mino T., Matsuo T., Wentzel, M.C., Marais, G.v.R., Van Loosdrecht M.C.M. (1999): Activated sludge model No. 2D, ASM2D. Water Sci. Tech. 39, No. 1, 165–182.
- 2565 Gujer W., Henze M., Mino T., Van Loosdrecht M.C.M. (1999): Activated sludge model No. 3. Water Sci. Tech. 39, No. 1, 183–193.
- 2566 Tillman D., Larsen T.A., Pahl-Wostl C., Gujer W. (1999): Modeling the actors in water supply systems. Water Sci. Tech. 39, No. 4, 203–211.
- 2567 Koch G., Pianta R., Krebs P., Siegrist H. (1999): Potential of denitrification and solids removal in the rectangular clarifier. Water Res. 33, No. 2, 309–318.
- 2568 Schiemer F., Baumgartner C, Tockner K. (1999): Restoration of floodplain rivers: the «Danube restoration project». Regulated Rivers: Res. & Manag. 15, 231–244.
- 2569 Tockner K., Schiemer F., Baumgartner C., Kum G., Weigand E., Zweimüller I., Ward J.V. (1999): The Danube restoration project: species diversity patterns across connectivity gradients in the floodplain system. Regulated Rivers: Res. & Manag. 15, 245–258.
- 2570 Hesselmann R.P.X., Fleischmann T., Hany R., Zehnder A.J.B. (1999): Determination of polyhydroxyalkanoates in activated sludge by ion chromatographic and enzymatic methods. J. Microbiol. Methods 35, 111–119.
- 2571 Maurer M., Abramovich D., Siegrist H., Gujer W. (1999): Kinetics of biologically induced phosphorus precipitation in waste-water treatment. Water Res. 33, No. 2, 484–493.
- 2572 Wild D., Siegrist H. (1999): The simulation of nutrient fluxes in wastewater treatment plants with EBPR. Water Res. 33, No. 7, 1652–1666.
- 2573 Huggenberger P., Hoehn E., Beschta R., Woessner W. (1998): Abiotic aspects of channels and floodplains in riparian ecology. Freshwater Biol. 40, 407–425.
- 2574 Jaeger C.C. (1998): Risk management and integrated assessment. Environ. Modeling & Assessment 3, 211–225.
- 2575 Hartmann A., Golet E.M., Gartiser S., Alder A.C., Koller T., Widmer R.M. (1999): Primary DNA damage but not mutagenicity correlates with ciprofloxacin concentrations in German hospital wastewaters. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 36, 115–119.
- 2576 Müller B., Buis K., Stierli R., Wehrli B. (1998): High spatial resolution measurements in lake sediments with PVC based liquid membrane ion-selective electrodes. Limnol. Oceanogr. 43, No. 7, 1728–1733.
- 2577 Albrecht A., Goudsmit G., Zeh M. (1999): Importance of lacustrine physical factors for the distribution of anthropogenic ^{60}Co in Lake Biel. Limnol. Oceanogr. 44, No. 1, 196–206.
- 2578 Redle M., Baccini P. (1998): Stadt mit wenig Energie, viel Kies und neuer Identität. Metabolische Modelle für den Umbau urbaner Siedlungen am Beispiel der Wohngebäude. GAIA 7, No. 3, 184–195.
- 2579 Utzinger J., Roth C., Peter A. (1998): Effects of environmental parameters on the distribution of bullhead *Cottus gobio* with particular consideration of the effects of obstructions. J. Appl. Ecology 35, 882–892.
- 2580 Müller R. (1998): Einfluss elektromagnetischer Felder auf Kristallisationsvorgänge: Praktische Anwendungen in der Schlammbehandlung von Kläranlagen und in Trinkwassersystemen. Diss. ETHZ Nr. 12 644, Zürich.
- 2581 Real M.G. (1998): A methodology for evaluating the metabolism in the large scale introduction of renewable energy systems. Diss. ETHZ No. 12 937, [Zürich].
- 2582 Stemmler K. (1998): Kinetics and mechanisms of the hydroxyl radical initiated oxidation of oxygenated volatile organic compounds under simulated tropospheric conditions. Diss. ETHZ No. 12 9128, [Zürich].
- 2583 Witschel M. (1999): Biochemical and physiological characterisation of a bacterial isolate able to grow with EDTA and other aminopolycarboxylic acids. Diss. ETHZ No. 12 967, Zürich.
- 2584 Riediker S. (1999): Benzene and naphthalenesulfonates in landfill leachates and contaminated groundwaters. Diss. ETHZ No. 12 974, Zürich.
- 2585 Müller, D.B. (1998): Modellierung, Simulation und Bewertung des regionalen Holzhaushaltes. Untersuchung zur Wald- und Holzwirtschaft in einer nachhaltigen Regionalentwicklung. Diss. ETHZ Nr. 12 990, [Zürich].
- 2586 Suter M.J.-F., Riediker S., Giger W. (1999): Selective determination of aromatic sulfonates in landfill leachates and groundwater using microbore liquid chromatography coupled with mass spectrometry. Anal. Chem. 71, 897–904.
- 2587 Witschel M., Egli T., Zehnder A.J.B., Wehrli E., Spycher M. (1999): Transport of EDTA into cells of the EDTA-degrading bacterial strain DSM 9103. Microbiology 145, 973–983.
- 2588 Fent K. (1996): Endocrinically active substances in the environment, UBA Texte 3/96, A. Gies (Ed.). Umweltbundesamt Berlin, pp. 69–80.
- 2589 Poiger T., Kari F.G., Giger W. (1999): Fate of fluorescent whitening agents in the River Glatt. Environ. Sci. & Technol. 33, 533–539.
- 2590 Escher B.I., Hunziker R., Schwarzenbach R.P., Westall J.C. (1999): Kinetic model to describe the intrinsic uncoupling activity of substituted phenols in energy transducing membranes. Environ. Sci. & Technol. 33, 560–570.
- 2591 Buschmann J., Angst W., Schwarzenbach R.P. (1999): Iron porphyrin and cysteine mediated reduction of ten polyhalogenated methanes in homogeneous aqueous solution: product analy-

- ses and mechanistic considerations. *Environ. Sci. & Technol.* 33, 1015–1020.
- 2592 Ward J.V., Tockner K., Edwards P.J., Kollmann J., Bretschko G., Gurnell A.M., Petts G.E., Rossaro B. (1999): A reference river system for the alps: the «Fiume Tagliamento». *Regulated Rivers: Res. & Manag.* 15, 63–75.
- 2593 Ward J.V., Tockner K., Schiemer F. (1999): Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. *Regulated Rivers: Res. & Manag.* 15, 125–139.
- 2594 Ward J.V., Malard F., Tockner K., Uehlinger U. (1999): Influence of ground water on surface water conditions in a glacial flood plain of the Swiss Alps. *Hydrol. Processes* 13, 277–293.
- 2595 Zehnder A.J.B., Wulff H. (1999): Business and the environment. *Nature Biotechnol.* 17, Suppl. BV 25.
- 2596 Welnitz T.A., Ward J.V. (1998): Does light intensity modify the effect mayfly grazers have on periphyton? *Freshwater Biol.* 39, 135–149.
- 2597 Ward J.V., Bretschko G., Brunke M., Danielopol D., Gibert J., Gonser T., Hildrew A.G. (1998): The boundaries of river systems: the meta-zoan perspective. *Freshwater Biol.* 40, 531–569.
- 2598 Zehnder A.J.B., Schertenleib R., Jaeger C.C. (1999): La défi de l'eau. *Gas, Wasser, Abwasser* 79, No. 2, 131–136.
- 2599 Siegrist H., Boller M. (1999): Auswirkungen des Phosphatverbots in den Waschmitteln auf die Abwasserreinigung in der Schweiz. *Korrespondenz Abwasser* 46, Nr. 1, 57–65.
- 2600 Koller-Lucae S.K.M., Suter M.J.-F., Rentsch K.M., Schott H., Schwendener R.A. (1999): Metabolism of the new liposomal anticancer drug N⁴-octadecyl-1-β-D-Arabinofuranosylcytosine in mice. *Drug Metabolism & Disposition* 27, No. 3, 342–350.
- 2601 Burckhardt-Gammeter S., Fankhauser R., Gujer W. (1998): Regendaten für die Siedlungshydrologie – Regensimulator RAINDIS. *Gas, Wasser, Abwasser* 78, H. 11, 896–902.
- 2602 Schweigert N., Belkin S., Leong-Morgenthaler P., Zehnder A.J.B., Eggen R.I.L. (1999): Combinations of chlorocatechols and heavy metals cause DNA degradation *in vitro* but must not result in increased mutation rates *in vivo*. *Environ. & Molecular Mutagenesis* 33, 202–210.
- 2603 Stettler R., Courbat R., von Gunten U., Kaiser H.-P., Walther J.L., Gaille P., Jordan R., Ramseier S., Revely P. (1998): Utilisation de l'ozone pour le traitement des eaux potables en Suisse. *Gas, Wasser, Abwasser* 78, H. 11, 876–890.
- 2604 Jaeger C.C., Schüle R., Kasemir B. (1999): Focus groups in integrated assessment: a micro-cosmos for reflexive modernization. *Innovation – The Eur. J. of Soc. Sci.* 3, 1–28.
- 2605 Rauch W., Henze M., Koncsos L., Reichert P., Shanahan P., Somlyódy L., Vanrolleghem P. (1998): River water quality modelling: I. State of the art. *Water Sci. Tech.* 38, No. 11, 237–244.
- 2606 Shanahan P., Henze M., Koncsos L., Rauch W., Reichert P., Somlyódy L., Vanrolleghem P. (1998): River water quality modelling: II. Problems of the art. *Water Sci. Tech.* 38, No. 11, 245–252.
- 2607 Somlyódy L., Henze M., Koncsos L., Rauch W., Reichert P., Shanahan P., Vanrolleghem P. (1998): River water quality modelling: III. Future of the art. *Water Sci. Tech.* 38, No. 11, 253–260.
- 2608 Hofstetter T.B., Heijman C.G., Haderlein S.B., Holliger C., Schwarzenbach R.P. (1999): Complete reduction of TNT and other (poly)nitroaromatic compounds under iron-reducing subsurface conditions. *Environ. Sci. & Technol.* 33, No. 9, 1479–1487.
- 2609 Mason Y., Ammann A.A., Ulrich A., Sigg L. (1999): Behavior of heavy metals, nutrients and major components during roof runoff infiltration. *Environ. Sci. & Technol.* 33, No. 10, 1588–1597.
- 2610 Wagner G. (1998): Die kosmogenen Radionuklide ¹⁰Be und ³⁶Cl im Summit-GRIP-Eisbohrkern. *Diss. ETHZ Nr. 12 864*, Zürich.
- 2611 Schweizer C.R. (1999): Calciumsilikat-hydrat-Mineralien. Lösungskinetik und ihr Einfluss auf das Auswaschverhalten von Substanzen aus einer Ablagerung mit Rückständen aus Müllverbrennungsanlagen. *Diss. ETHZ Nr. 13 074*, Zürich und Dübendorf.
- 2612 Hofstetter T.B. (1999): Reduction of polynitroaromatic compounds by reduced iron species – coupling biogeochemical processes with pollutant transformation. *Diss. ETHZ No. 13 140*, Zürich.
- 2613 Robinson C.T., Burgherr P. (1999): Seasonal disturbance of a lake outlet benthic community. *Arch. Hydrobiol.* 145, No. 3, 297–315.
- 2614 Kohler H.-P.E., Nickel K., Bunk M., Zipper C. (1999): Microbial transformation of the chiral pollutants mecoprop and dichlorprop. The necessity of considering stereochemistry. In: «Novel approaches for bioremediation of organic pollution», Fass et al (Eds.). *Kluwer Academic/Plenum Publ.*, New York, pp. 13–20.
- 2615 Maurer M., Fux C., Lange D., Siegrist H. (1999): Modelling denitrification in a moving bed of porous carriers from a low-loaded wastewater treatment plant. *Water Sci. Tech.* 39, No. 7, 251–259.
- 2616 Omlin M., Reichert P. (1999): A comparison of techniques for the estimation of model prediction uncertainty. *Ecol. Modelling* 115, 45–59.
- 2617 Nay M., Snozzi M, Zehnder A.J.B. (1999): Fate and behavior of organic compounds in an artificial subsoil under controlled redox conditions: the sequential soil column system. *Biodegradation* 10, 75–82.
- 2618 Balmer, M.E., Sutzberger, B. (1999): Atrazine degradation in irradiated iron/oxalate systems: effects of pH and oxalate. *Environ. Sci. & Technol.* 33, 2418–2424. [2618]
- 2619 Mendez-Alvarez S., Leisinger U., Eggen R.I.L. (1999): Adaptive responses in *Chlamydomonas reinhardtii*. *Internat. Microbiol.* 2, 15–22.
- 2620 Bucheli T.D., Müller S.R., Reichmuth P., Haderlein S.B., Schwarzenbach R.P. (1999): Spherical clay conglomerates: a novel stationary phase for solid-phase extraction and «reversed-phase» liquid chromatography. *Anal. Chem.* 71, No 11, 2171–2178.
- 2621 Gächter R., Müller B. (1999): Die bodenbürtige P-Belastung des Sempachersees. *Problemanalyse und Lösungsvorschlag. Gas, Wasser, Abwasser* 79, H. 6., 460–466.
- 2622 Mengis M., Schiff S.L., Harris M., English M.C., Aravena R., Elgood R.J., MacLean A. (1999): Multiple geochemical and isotopic approaches for assessing groundwater NO₃-elimination in a riparian zone. *Ground Water* 37, No. 3, 448–457.
- 2623 Wehrli B., Furrer G. (1999): In memoriam – Werner Sturm. *The Geochemical News* 100, 16–18.
- 2624 Müller Dick, R. (1999): Elektromagnetische Felder gegen mineralische Ablagerungen, *Gas, Wasser, Abwasser* 79, 553–560.

Bücher

Dürrenberger, G., Behringer, J. (1999): Die Fokusgruppe in Theorie und Anwendung. Ein Leitfaden. Hrsg.: Akademie für Technikfolgenabschätzung Baden-Württemberg. Reihe Leitfaden, Bd. 1, Stuttgart. ISBN 3-932013-42-5.

Stanford, J.A., Gonser, T. (eds) (1998): Rivers in the landscape: riparian and groundwater ecology. Special Issue of *Freshwater Biology* 40, No. 3, 401–585.

Wegelin, M., Galvis, G., Latorre, J. (1998): La Filtración Gruesa en el Tratamiento de Agua de Fuentes Superficiales, Publicación SANDEC No. 4/98, Intermediate Technology Publications, London, 180 pages. ISBN 3-908001-72-2.

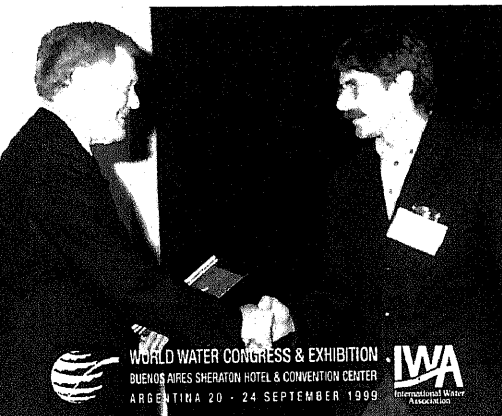


EAWAG-Exkursion 1999

Die Exkursion führte über das Naturschutzzentrum bei Acquacalda zur Aue Campra di là und zur Aue bei Loderio. Die bergtüchtigere Gruppe verband die Besichtigung der Staumauer Luzzone mit einem Aufstieg zur Motterascio-Hütte. Am nächsten Tag erlebte sie unter kundiger Führung von Bernhard Wehrli beim Wandern über die geschützte Greina-Ebene den Feuchtigkeitspegel, der zu ihrem Namen führte. «Greina» ist ein wenig gebrauchtes romanisches Wort für feuchten Nebel. Die NOK hat angesichts der Opposition und der Schutzwürdigkeit der Greina-Ebene auf den Bau des Greina-Stausees verzichtet.

Ehrung für Trinkwasserforscher

Für die Arbeit «Kalibration von Ozonungsreaktoren mit konservativen und reaktiven



PEAK Praxisorientierte EAWAG-Kurse: Programm 2000

In unserem Weiterbildungsprogramm PEAK bieten wir Ihnen im Jahr 2000 folgende Kurse an:

Die Reihe «Taxonomie und Ökologie aquatischer Organismen» wird mit den Ephemeroptera (27.–29.3.) und den Plecoptera (26.–28.9.) fortgesetzt, und in der «Siedlungshygiene in Entwicklungsländern» geht es um Fäkalien- und Abwasserentsorgung (20.–22.6.).

Für die Fischereifachleute organisieren wir einen Kurs über Elektrofischen (11.–15.9.) und wiederholen im November den Kurs «Fische in Schweizer Gewässern» in deutsch und französisch. Wiederum gibt es eine Einführung in die Modellierung mit AQUASIM und dazu einen Vertiefungskurs zur Seenmodellierung (3./4., bzw. 5./6.10.).

Der Infotag vom 20.9. ist dem Thema «Gewässer nachhaltig nutzen» gewidmet.

Information: http://www.eawag.ch/events/peak/d_peak_index.html
Telefon 01-823 53 93, Fax 01-823 53 75, heidi.gruber@eawag.ch

Leserbrief zum neuen Konzept

Zum allgemeinen Eindruck: Ich möchte zu dieser Nummer gratulieren. Das Konzept und das Layout sprechen an.

Die Nummer gibt einen guten, fundierten Überblick zum Thema Modellierung. Ich werde den Artikel von Claudia Pahl und Peter Reichert sicher in Bereich Ausbildung brauchen können. Die Artikel zu den Beispielmotellen ergänzen den Artikel gut. Der Strukturfrage von Modellen sowie Problemen, welche viele Modelle, insbesondere im Übergangsbereich Mensch-Umwelt bei der Kalibrierung und Validierung zeigen, hätte gegebenenfalls etwas mehr Beachtung geschenkt werden können.

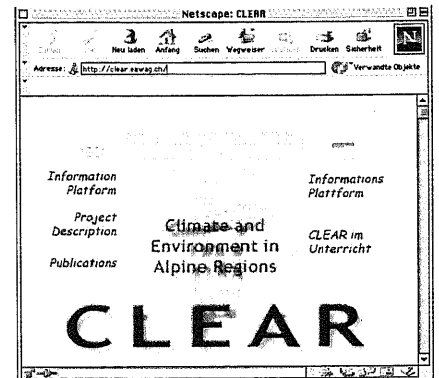
Gut wäre es, wenn die Aspekte «Mentale Modelle», Kommunikation, Modellmoderation und die Anwendung von Modellbildung und Simulation in der Ausbildung in einer weiteren Ausgabe zu diesem Thema stärker einfließen könnten und ein Überblick über Modellier-Software, welche heute verfügbar ist, gegeben würde.

Dr. Johannes Heeb - Beratung, Ausbildung,
Auftragsforschung GmbH, CH 6110 Wolhusen,
heebjohannes@pingnet.ch

Tracern» («Calibration of full-scale ozonation systems with conservative and reactive tracers», wird im Dezember 99 im AQUA erscheinen) haben Urs von Gunten (siehe Bild, links), Leiter der Chemie-Abteilung der EAWAG und Spezialist für Trink- und Grundwasser, Mike Elovitz (ehemaliger Postdoktorand bei Urs von Gunten, jetzt wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der USEPA, Water Supply and Water Resources Division, Cincinnati, Ohio, USA) und Hans-Peter Kaiser (Leiter der Chemie der Abteilung Qualitätsüberwachung der Wasserversorgung Zürich) im September 1999 den Maarten Schalekamp Preis der International Water Services Association (IWSA) in der Höhe von CHF 2500.– erhalten.

Klimawandel in der Schule

Lehrerinnen und Lehrer, die in ihrem Unterricht den aktuellen Stand der Umweltforschung berücksichtigen wollen, bekommen jetzt Unterstützung seitens der Forschung: Eine neuartige Informations-Plattform stellt die Ergebnisse des Schweizer Forschungsprojektes «CLEAR – Klimawandel im Alpenraum» integriert und allgemein verständlich dar.



Über das Internet können sich die Schülerinnen und Schüler interaktiv mit den vielfältigen Aspekten des menschlich verursachten Treibhauseffektes auseinandersetzen:

- Wieviel CO₂ hat mein letzter Urlaubsflug gekostet?
- Was ändert sich in meinem Wohnort durch den Klimawandel?
- Was kann die Schweiz politisch unternehmen?

Inzwischen gibt es erste Erfahrungen aus dem Einsatz an Schulen und Hochschulen. In einem Planspiel diskutierten beispielsweise Schülerinnen und Schüler aus Davos als BauunternehmerInnen, Umweltaktivistinnen und TourismusmanagerInnen über die Planung ihrer Heimatgemeinde angesichts des Klimawandels: Sollen die Skigebiete ausgebaut werden? Brauchen wir neue Schutzbauten? Was passiert mit der Wasserkraftnutzung? Vorbereitet hatten sie sich auf ihre Rollen durch die selbstständige Arbeit mit dem Informationssystem. Nach Einschätzung ihrer Lehrer äusserst erfolgreich, und Spass hatten sie auch noch dabei! <http://clear.eawag.ch>



Martin Büssenschütt,
Mathematiker und Umweltnaturwissenschaftler, arbeitet jetzt im Bereich Didaktik/Neue Medien