Per 294

I 130

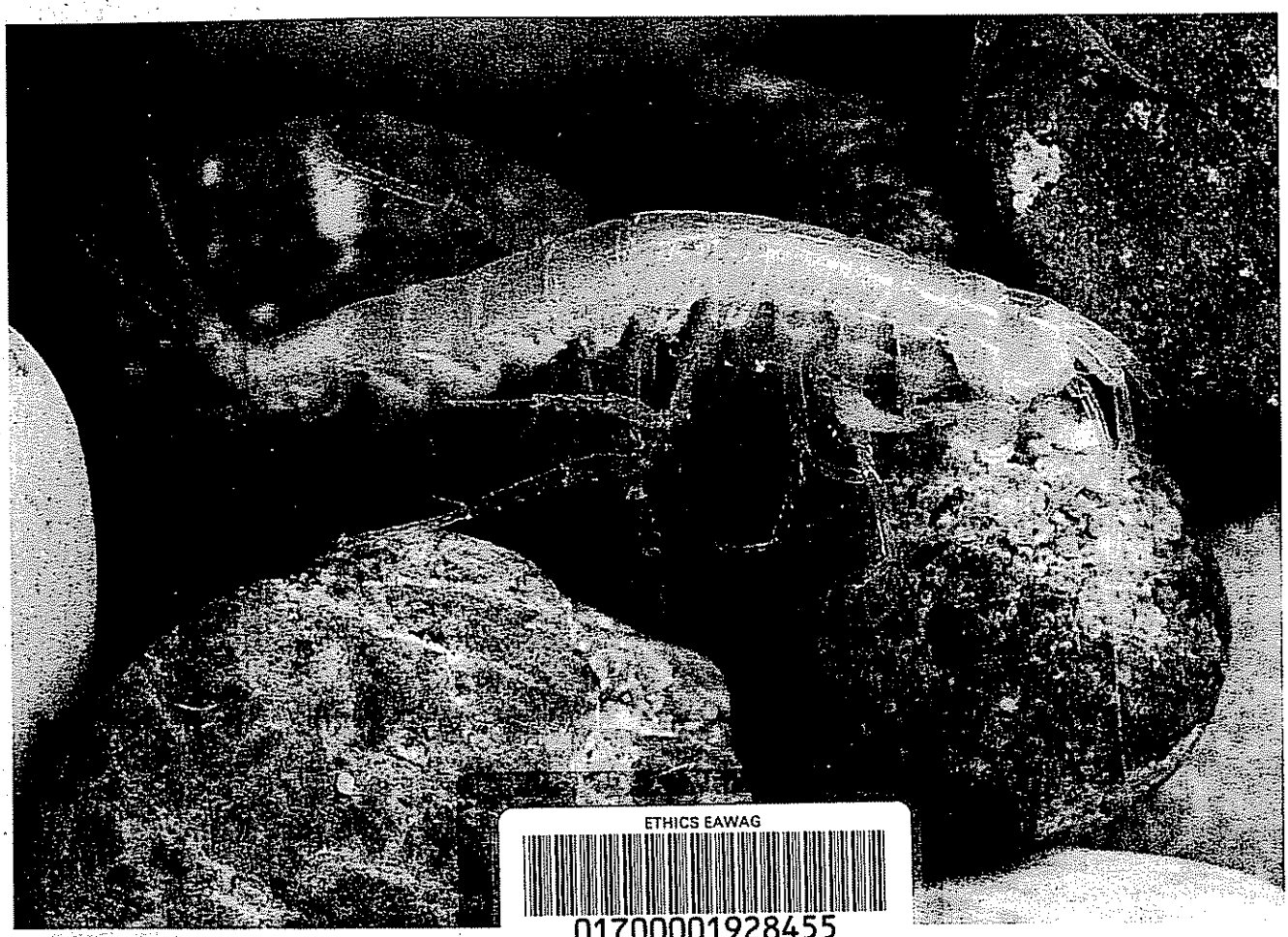
EAWAG

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

41 D Mai 1996

EAWAG news

Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, 8600 Dübendorf, Schweiz



ETHICS EAWAG
01700001928455

2 Prost?
Diana Hornung

3 Warum Fliessgewässer mehr Platz brauchen
Andreas Frütiger

6 Nachhaltigkeit: Worthülse oder praxisnah?
Jürg Bloesch

10 Bedeutung des Grundwassers an der EAWAG – mit frischem Wind in die Zukunft
Eduard Hoehn

14 Vernetzung und Dynamik in der Siedlungswasserwirtschaft
Peter Krebs

17 Boden, Wasser und Zivilisationen
Bruce R. James

21 Zum Umgang mit Zahlen und Zielen
Gespräch mit Joan Davis

23 EAWAG-Intern
- Die Algengruppe der EAWAG
- Die EAWAG ist über WWW erreichbar
- Neues Begegnungszentrum der EAWAG in Kastanienbaum
- Simulation und Prozessidentifikation mit AQUASIM
- Frauenkonferenz in Peking – Frauenwirklichkeit an der EAWAG

26 Publikationen

EAWAG

Die EAWAG news sind das Informationsbulletin der EAWAG

Herausgeberin
Vertrieb und © by:
EAWAG, CH-8600 Dübendorf
Tel.: +41-1-823 55 11
Fax: +41-1-823 53 75

Redaktion
Diana Hornung, EAWAG

Copyright
Abdruck, auch auszugsweise, ist unter Benachrichtigung der Herausgeberin und der AutorInnen und mit Quellenangabe «Abdruck aus den EAWAG news 41 D, 1996» gestattet

Erscheinungsweise
zweimal jährlich in deutsch, englisch und französisch

Satz, Bild und Layout
Peter Nadler, 8700 Küsnacht

Gedruckt
auf Umweltschutzpapier

Abonnemente und Adressänderungen
Neuabonnentlnnen willkommen! Bitte Bestelltalon auf der letzten Seite beachten.

ISSN 1420-3979

Legende zum Titelbild
Der abgebildete 8–10 mm lange Grundwasser-Krebs *Niphargus* sp. benötigt wie alle permanenten Bewohner des Grundwassers weder Augen noch Pigmente – ihr Lebensraum erhält kein Sonnenlicht.
Solche Arten, die den gesamten Lebenszyklus im Grundwasser vollziehen, haben einen langsameren Stoffwechsel, eine verlängerte Generationsdauer, geringere Reproduktion und andere Strategien der Nährstoffaufnahme als ihre oberirdisch lebenden nächsten taxonomischen Verwandten. Diese Anpassungen an die Milieubedingungen des Grundwassers machen sie anfällig gegen Störungen, wie z.B. übermässige organische Belastung durch infiltrierendes Oberflächenwasser. Mehr über Grundwasserforschung ab S. 10.
Bild von Matthias Brunke, Doktorand an der EAWAG.

Prost?

Weshalb faszinieren uns eigentlich all die Fragen rund um das Wasser? Zwar gibt es Lebewesen, die ohne Sauerstoff existieren können, doch Leben ohne Wasser gibt es nicht. Gross und klein spielt gerne mit Wasser. Ist es also der enge Bezug zum Leben, der die Faszination des Wassers ausmacht?

Noch trinken wir hierzulande Hahnenwasser, das durchschnittlich zu 80% aus Grundwasser stammt. Je nach Landesgegend wird es mit Seewasser gemischt. Leider gelangen immer noch Spuren von Chemikalien aus Haushalt, Industrie und Landwirtschaft ins Grund- und Quellwasser. Über daraus hervorgehende Wechselwirkungen der vielen chemischen Substanzen untereinander und ihrer Auswirkungen auf die Lebewesen wissen wir wenig. Ob sie uns auf die Länge nicht schaden?

Der technische Aufwand für ein Dargebot von «gutem» Wasser wird zusehends grösser und teurer, auch bei uns. Gegenwärtig wird unser Trinkwasser zu 70% entweder gar nicht oder nur einstufig aufbereitet, die restlichen 30% jedoch verteuern unseren Wasserkonsum erheblich, da dieses Wasser mehrstufig behandelt werden muss. Es ist daher aus finanziellen und ökologischen Gründen für alle Länder unerlässlich, im Umgang mit dem kostbaren «Nass» neue Formen zu finden.

Dieser schwierigen Aufgabe ist nur eine informierte, einsichtige und engagierte Öffentlichkeit gewachsen. Deshalb möchte ich in dieser Nummer Ihre volle Aufmerksamkeit auf die Bedeutung des Wassers lenken.

Haben Sie gewusst, dass im Grundwasser Lebewesen existieren? Schauen Sie sich das Titelbild an! Da Grundwasser vielerorts im Austausch mit dem Oberflächengewässer steht, können genügsame Mikroorganismen und Kleintiere darin leben. Andere Lebewesen, etwa Insektenlarven, wagen mitunter den Gang in den Untergrund und zurück.

Diana Hornung
Direktionsstab, Redaktion

Andreas Frutiger

Warum Fliessgewässer mehr Platz brauchen

Andreas Frutiger

Unsere Fliessgewässer weisen heute zwar eine akzeptable Wasserqualität auf, sind aber oft übernutzt und morphologisch stark verarmt. Wesentliche Verbesserungen dieser Situation ermöglicht die seit einigen Jahren gültige Umweltschutzgesetzgebung (Umweltschutzgesetz, Gewässerschutzgesetz, Fischereigesetz, Wasserbaugesetz etc.) in Form von gesamtheitlichen und ökologisch sowie ökonomisch ausgewogenen Gewässerschutzmassnahmen.

Ausgangssituation: aktuelle Situation unserer Fliessgewässer

Die Schweiz ist ein wasserreiches Land: Im Durchschnitt fallen pro Jahr ca. 1.5 m Niederschlag. Diese Wassermenge stellt ein immenses Energiepotential dar, das allerdings bis Ende des 19. Jahrhunderts nur in bescheidenem Ausmass genutzt werden konnte (z.B. für den Betrieb von Mühlen oder Sägereien). In diesem Jahrhundert dagegen wurden über 430 grössere (>300 kW) und eine Vielzahl kleiner Wasserkraftwerke gebaut [1]. Heute ist das wirtschaftlich nutzbare Potential weitgehend ausgeschöpft. Als Folge davon gibt es in der Schweiz praktisch keine grösseren Fliessgewässer mehr, deren Abflussverhältnisse nicht durch die Wasserkraftnutzung beeinflusst sind. Im Exremfall fliesst überhaupt kein Wasser mehr, was eine vollständige Zerstörung des aquatischen Lebensraumes bedeutet.

Der Wasserreichtum stellte lange Zeit auch eine ernste Bedrohung für die Menschen dar, gegen die sie sich zu schützen versuchte. Die wachsende Bevölkerung beanspruchte immer grössere Flächen für Kulturland und Siedlungen. Um diesen Bedarf zu decken und gleichzeitig die Überschwemmungsgefahr zu bannen, wurden alle grossen Flüsse der Schweiz, die ursprünglich viel Raum einnahmen, begradigt und in schmale Gerinne gezwängt (Fig. 1). Auf diese Weise gingen in den letzten 100 Jahren praktisch alle unsere natürlichen Flusslandschaften und Feuchtgebiete verloren. Welche

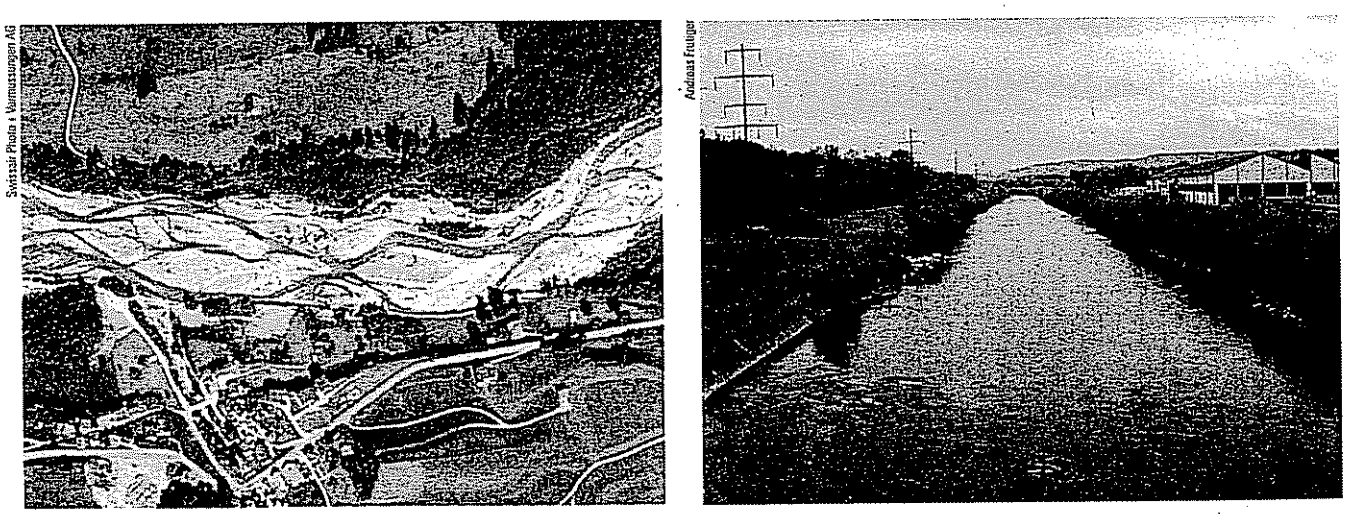


Fig. 1
Natürliche Fliessgewässer beanspruchen viel Raum. Um Land zu gewinnen und die Überschwemmungsgefahr zu bannen, wurden in der Schweiz praktisch alle grösseren Fliessgewässer begradigt und in eine enges Gerinne gezwängt (links: Warme Sense bei Plaffeien; rechts: Thur bei Istighofen).

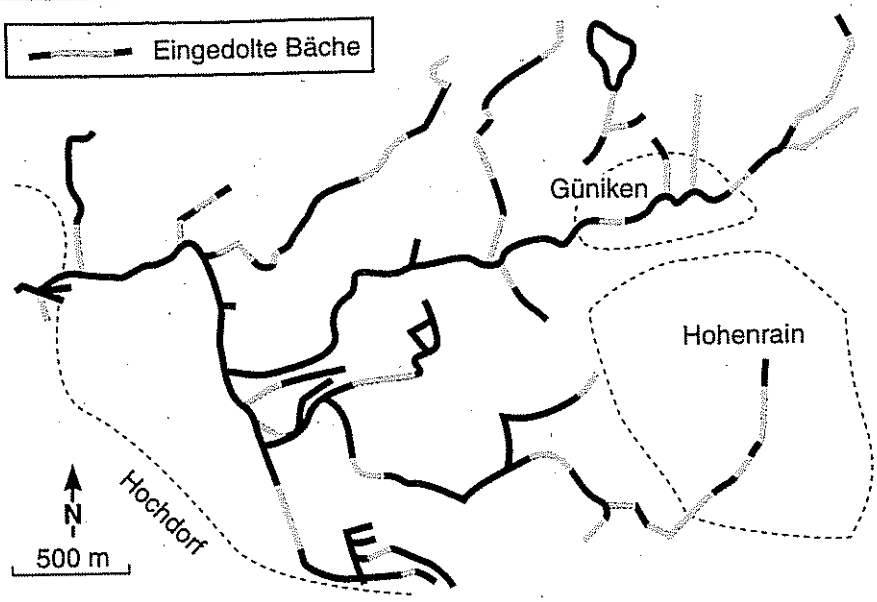


Fig. 2
Während vieler Jahrzehnte verschwanden jährlich mehr als 100 km Bäche aus unserer Landschaft. Der Kartenausschnitt zeigt eine für das Schweizer Mittelland typische Situation, bei der heute etwa 36% aller Fliessgewässer eingedolt sind (eingedolten Abschnitte = grau gerasterte Linien).

Naturschönheiten und welche ideellen Werte uns und vor allem den nachfolgenden Generationen dadurch verloren gegangen sind, kann wohl nur ermessen, wer selber einmal eine der noch weitgehend unberührten Flusslandschaften Grönlands, Alaskas, Neuseelands usw. erlebt hat. Die Erkenntnis, dass sie einer Zielsetzung (absoluter Hochwasserschutz) geopfert wurden, die sich zunehmend als Illusion entpuppt, stimmt dabei besonders nachdenklich.

Sozusagen im Schatten dieser grossen und spektakulären Flusskorrektionen spielte sich zudem ein immenses «Bächlisterben» ab, welches von der Öffentlichkeit kaum wahrgenommen wurde. Kleine Fliessgewässer wurden begradigt oder sogar verrohrt, z.B. weil ihr Lauf beim Bau eines Hauses oder einer Strasse im Weg war oder die maschinelle Bearbeitung eines Ackers erschwerte (Fig. 2). Auf diese Weise gingen während vieler Jahrzehnte Jahr für Jahr 100 km oder mehr unseres Gewässernetzes verloren [2, 3].

Die immer höheren Konsum- und Komfortansprüche einer wachsenden Bevölkerung bewirkten eine zunehmende Verunreinigung der Gewässer. Bereits Ende des letzten Jahrhunderts entstanden deshalb erste gesetzliche Regelungen, um die Wasserqualität zu schützen [4]. Das erste eigentliche Gewässerschutzgesetz (Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer *gegen Verunreinigung)* wurde allerdings erst am 1. Januar 1957 in Kraft gesetzt. Sein Erfolg ist beeindruckend. Es bewirkte, dass seither gesamtschweizerisch etwa 40 Milliarden Franken in die Abwasserentsorgung investiert wurde. Heute sind praktisch alle grösseren, punktförmigen Belastungsquellen (Industrie, Gewerbe, Haushalte) an eine Kanalisation und Kläranlage angeschlossen, und der Sauerstoff- und Phosphatgehalt der meisten Flüsse und Seen ist wieder gut bis befriedigend. Nicht gelöst ist dagegen die Belastung der Gewässer aus diffusen Quellen (z.B. Stickstoff- und Pestizidabschwemmungen aus Kulturland, Belastung über die Atmosphäre). So steigt z.B. die Stickstoffkonzentration in den meisten Gewässern seit Jahren kontinuierlich an. Zwar wird der vom Gesetz zugelassene Wert (noch) nicht allzu oft überschritten. Trotzdem verdient die Situation wegen des ungebrochen zunehmenden Trends unsere erhöhte Aufmerksamkeit.

Diese kurze Zusammenstellung lässt erkennen, dass die zivilisatorische Entwicklung der Schweiz und die damit zusammenhängende, immer intensivere Nutzung der Bäche und Flüsse zu einer Vielzahl von Beeinträchtigungen der Fliessgewässer führte. Obwohl alle diese Beeinflussungen irgendwie zusammenhängen, ist es zweckmässig, sie in die drei Problembereiche Abflussverhältnisse, Morphologie und Wasserqualität zu gliedern, um zukünftige Lösungswege aufzuzeigen.

Abflussverhältnisse: Restwasser oder Kilowattstunden?

Das revidierte Gewässerschutzgesetz (vom 24. Januar 1991) lässt Wasserentnahmen aus Fliessgewässern nur noch unter der Bedingung zu, dass eine *angemessene* Restwassermenge im Gewässer verbleibt. «Angemessen» bedeutet dabei, dass sie das Resultat einer Abwägung zwischen den ökologischen Zielsetzungen des Gesetzes (Erhaltung natürlicher Lebensräume, Erhaltung von Fischgewässern, usw.) und den Nutzungsinteressen (v.a. Stromproduktion, Bewässerung) sein soll. Diese Regelung ist recht fortschrittlich und aus ökologischer Sicht zu begrüssen. Der Pferdefuss dabei ist allerdings, dass sie *nicht* auf Konzessionen angewandt werden kann, die noch unter dem alten Gewässerschutzgesetz (vor November 1991) erteilt wurden, welches die vollständige Nutzung des Gewässers zuliess. Da Konzessionen meist eine Dauer von 80 Jahren besitzen, werden trockene Bergbäche noch bis weit ins nächste Jahrtausend hinein eine traurige Realität unserer alpinen Landschaft bleiben (Fig. 3). Eine vorzeitige Sanierung trockener Bäche wäre natürlich möglich, wenn Kraftwerksbetreiber freiwillig darauf verzichten könnten, die ihnen zustehende Wassermenge vollständig zu nutzen. Dies wird allerdings durch das nationale Programm «Energie 2000» erschwert, welches eine Steigerung der Produktion erneuerbarer Energie zum Ziel hat. Für die Zukunft ist es wichtig, dass bei Konzessionserneuerungen konsequent eine angemess Restwassermenge sichergestellt wird.

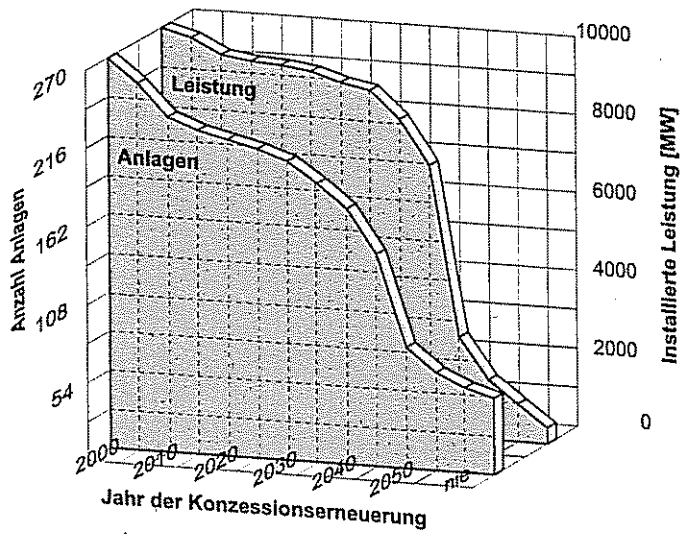


Fig. 3
Die Restwasserbestimmungen des Gewässerschutzgesetzes können nur bei Konzessionserneuerungen angewandt werden. Da viele Kraftwerke, v.a. die Mehrheit der grossen Anlagen, erst nach dem 2. Weltkrieg gebaut wurden und Konzessionen normalerweise für 80 Jahre vergeben werden, dürfen noch bis weit ins nächste Jahrhundert hinein Anlagen ohne Restwasserbestimmungen betrieben werden.
Die Darstellung zeigt, wie die Anzahl Anlagen (vorne), bzw. installierte Leistung (hinten), die noch mit alten Konzessionen ohne Restwasserbestimmungen betrieben werden, im Verlaufe der nächsten 60 Jahre abnimmt; für 53 Anlagen mit insgesamt 415 MW Leistung wurden Konzessionen mit unbefristeter Konzession vergeben. In der Grafik sind nur die grösseren Anlagen (>300 kW) berücksichtigt, für welche Restwasserregelungen von Bedeutung sind (Angaben aus [1]).

Gewässermorphologie: Intakte Flüsse brauchen Raum!

Die «Jahrhundert-Hochwasser» der letzten Jahre haben uns gelehrt, dass bautechnische Massnahmen alleine nicht ausreichen, um der Überschwemmungsgefahr zu begegnen. Vielmehr ist ein ökologisch und ökonomisch ausgewogenes Verhältnis anzustreben zwischen den Schutz*zielen*, den baulichen Schutz*massnahmen* sowie den *planerischen* Massnahmen (v.a. Raumplanung). Diese Erkenntnis ist heute allgemein anerkannt und gesetzlich verankert [z.B. 5, 6]. Das Gewässerschutzgesetz verbietet zudem Eindolungen und lässt Verbauungen von Fliessgewässer nur noch unter klar definierten Bedingungen zu. Die gesetzliche Basis ermöglicht heute somit eine umfassende Neuausrichtung der Hochwasserschutz- und Wasserbaupraxis hin zu mehr Ausgewogenheit und Ökologie. Eine Schlüsselfunktion beim Hochwasserschutz kommt dem Raum zu, welcher einem Fliessgewässer zur Verfügung steht. Je enger das Gerinne ist, in das ein Fluss gezwängt werden soll, desto aufwendigere Schutzbauten (mit all ihren negativen ökologischen Konsequenzen) sind nötig. Steht dagegen dem Gerinne etwas Raum zur Verfügung, der ohne grosse Schäden ab und zu überschwemmt werden darf, ist dadruch die Hochwassergefahr wesentlich entschärft. Eine Entwicklung in dieser Richtung wird durch die landwirtschaftliche Überproduktion begünstigt, welche uns zu einer Extensivierung eines gewissen Anteils der Produktionsflächen zwingt. Wenn es gelingt, diese ökologischen Ausgleichsflächen teilweise als Pufferstreifen und Überschwemmungsgebiete entlang der Fliessgewässer zu etablieren, lassen sich sehr fortschrittliche und ökologisch wertvolle Lösungen erreichen. Damit dies möglich ist, müssen Bauvorhaben an Gewässern vermehrt interdisziplinär geplant und integral realisiert werden.

Wasserqualität: Auf der Entsorgungsseite die ökonomisch sinnvolle Grenze erreicht?

Abgesehen von einigen noch verbleibenden Ausnahmen sind heute auf der *Entsorgungsseite* vermutlich alle baulichen und technischen Massnahmen realisiert, welche sich mit angemessenem Aufwand für die Erhaltung der Wasserqualität realisieren lassen. Konzepte zur Lösung der noch bestehenden Probleme, (v.a. Stickstoff, Schwermetalle, Rückgang und Verarmung der Fischfauna) müssen daher primär auf der *Verursacherseite* ansetzen. Hervorzuheben ist dabei, dass eine Verbreiterung des Korridors, welche dem Fliessgewässer zur Verfügung gestellt wird, neben dem bereits erwähnten Hochwasserschutz oft auch zu einer Steigerung der Wasserqualität führen kann. So sind z.B. genügend *breite Uferrandstreifen* wirkungsvolle Puffer gegen den Eintrag von Nährstoffen und feine Trübstoffe aus dem angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Land [7]. Zudem wird die natürliche Selbstreinigung eines Baches durch ein reich strukturiertes *Gewässerbett* gefördert, wie es sich natürlicherweise dann ausbildet, wenn das Wasser nicht in einem präzis vorbestimmten Kanal fliessen muss, sondern sich seinen Lauf innerhalb eines vorgegebenen Korridors selber suchen kann.

Gesamtheitliche Gewässerschutzkonzepte und Erfolgskontrollen in Zukunft nötig

Zusammenfassend kann festgehalten werden: Mit der heutigen Umweltschutz-Gesetzgebung *können* ökologisch und ökonomisch vertretbare Lösungen der Gewässerprobleme realisiert werden. Das vorhandene Potential wird aber oft erst zu einem kleinen Teil ausgenützt. Die eigentliche Herausforderung für die Zukunft wird sein, dass die Umweltverantwortlichen bei Kantonen und Gemeinden die Philosophie unserer modernen Gesetze durch eigene Initiativen zum Tragen bringen und die verschiedensten administrativen und politischen Grenzen überwinden, um vermehrt interdisziplinäre und gesamtheitliche Problemanalysen und Lösungswege zu realisieren. Zudem soll der Erfolg von Gewässerschutzmassnahmen durch gezielte Erfolgs-

Fortsetzung s. Seite 6 unten

Jürg Bloesch

Nachhaltigkeit: Worthülse oder praxisnah?

Jürg Bloesch

Das Schlagwort «Nachhaltigkeit» liegt spätestens seit der Umweltkonferenz in Rio (1992) in aller Munde. Was kann die Forschung zu einem «nachhaltigen» Gewässerschutz beitragen? Um wirklich «nachhaltig» zu sein, muss die EAWAG den Elfenbeinturm der Wissenschaft verlassen.

Einleitung

Im Wintersemester 1994/95 fand an der EAWAG eine interne Seminar-Reihe über «Nachhaltigkeit» statt. Dabei wurden verschiedenste Beiträge präsentiert, die sowohl regionale als auch globale Aspekte behandelten und Disziplinen wie Physik, Chemie, Biologie, Humanökologie, Siedlungsentwässerung, Kybernetik und Kunst abdeckten. Im Rahmen dieser Seminar-Reihe wurde auch die Studie «Gewässerschutz im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees» [1] vorgestellt, die im Jahresbericht 1994 der EAWAG kurz zusammengefasst worden ist [2]. In diesem Beitrag möchte ich versuchen, die Diskussion über die oft sehr theoretischen Nachhaltigkeitsmodelle auf die realen Umweltschutzprobleme in der Schweiz zurückzuführen. Dies am Beispiel des Umsetzens der erwähnten Studie in die Praxis.

Definition der Nachhaltigkeit

Selbstverständlich versteht jeder etwas anderes unter dem Begriff «Nachhaltigkeit». Im bisherigen Sprachgebrauch bedeutete «nachhaltig» etwa soviel wie «fortwährend, intensiv, stark» [3]. Neuerdings wird unter «Nachhaltigkeit» allgemein die «nachhaltige Nutzung unserer Ressourcen» verstanden, wobei der Mensch höchstens soviel erneuerbare Ressourcen verbraucht wie nachwachsen können. Diesbezüglich können wir eine Gewässerrevitalisierung sicher als nachhaltig bezeichnen: ein Gewässer-Ökosystem funktioniert dann «nachhaltig», wenn sich die darin lebenden Pflanzen und Tiere natürlicherweise fortpflanzen können. Diese ökologische Funktion der Gewässer fordert auch das Gewässerschutzgesetz vom 24. Januar 1991 (Art.1: lit. c, d, e, h). Im folgenden definiere ich «Nachhaltigkeit» im speziellen als das, was im

Fortsetzung von Seite 5 unten

kontrollen analysiert werden, um die angewandten Konzepte gegebenenfalls zu korrigieren und zu optimieren. Dass solche Erfolgskontrollen heute die Ausnahme darstellen [8], ist sicher zum Teil damit zu erklären, dass es zur Zeit für die Schweiz noch keine standardisierte Methodik zur ökologischen Bewertung von Fliessgewässern gibt. Als Beitrag zur Verringerung dieses Defizits werden an der EAWAG gegenwärtig Methoden zur Beurteilung verschiedener Gewässeraspekte (z.B. Morphologie, Benthosbiologie, Fischbesiedlung) erarbeitet und diskutiert. In konstruktiver Zusammenarbeit zwischen der «Gewässerschutzpraxis» und der EAWAG sollen sie zu wirkungsvollen Vollzugs-Werkzeuge entwickelt und schliesslich zum Nutzen unserer Gewässer eingesetzt werden.

[1] Schlussbericht der interdepartementalen Arbeitsgruppe Restwasser (Vorsitz: Nationalrat Dr. E. Akeret), August 1982.

[2] BRP/BUWAL (1991): Landschaft unter Druck. Zahlen und Zusammenhänge über Veränderungen in der Landschaft Schweiz (Beobachtungsperiode 1972–1983).EDMZ, Bern.

[3] BRP/BUWAL (1994): Landschaft unter Druck. Fortschreibung. Zahlen und Zusammenhänge über Veränderungen in der Landschaft Schweiz. Beobachtungsperiode 1978–1989. EDMZ, Bern.

[4] Bundesgesetz betreffend die Fischerei (vom 21. Dezember 1888).

[5] Bundesgesetz über den Wasserbau (vom 21. Juni 1991)

[6] Verordnung über den Wasserbau (vom 2. November 1994)

[7] Bach, M., Fabis J. und Frede, H.-G. (1994): Schutzfunktionen von Uferstreifen für Gewässer im Mittelgebrigsraum. Wasserwirtschaft 84 (1994), 524–527.

[8] Lehmann, R., Imhof, A. (1995): Stand der Fliessgewässerrenaturierung in der Schweiz. Eine Umfrage bei den kantonalen Wasserbauämtern. Ingenieurbiologie 4 (1995), 3–7.

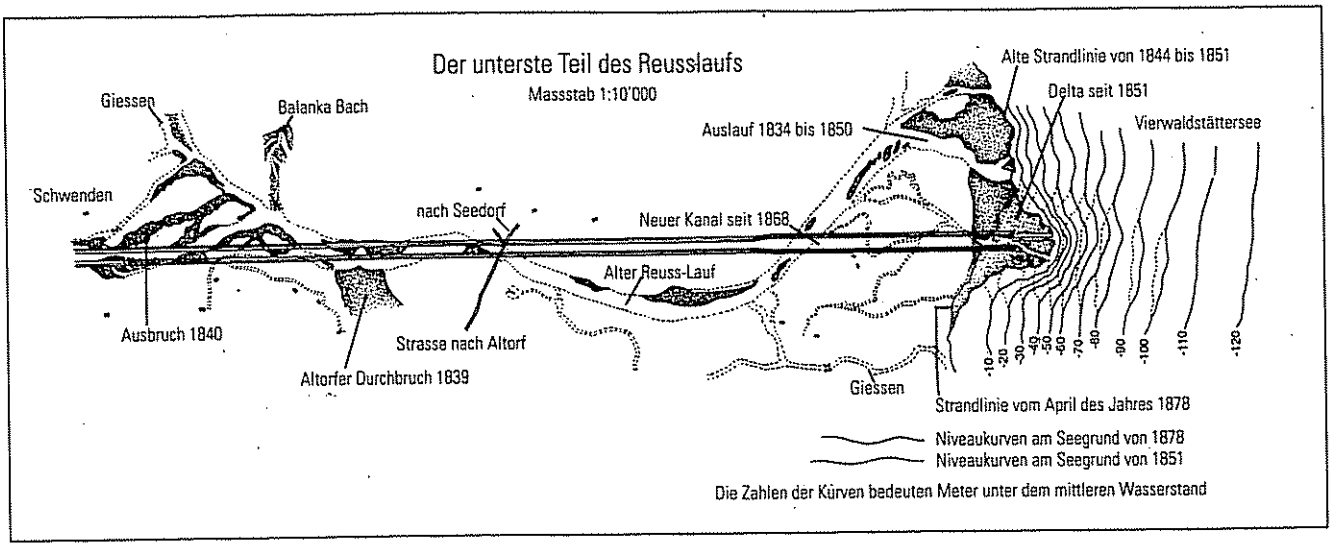


Fig. 1
Reusskorrektur. Der unterste Teil des Reusslaufes (Kanal fertiggestellt 1852, verbreitert 1868), nach Albert Heim, aus [1]. Die Kanalisierung und Längsverbauung hat viele Fischhabitate zerstört [5]. Der Giessen war damals noch nicht kanalisiert und direkt mit der Reuss verbunden (gestrichelte Linien). Die Uferlinien des Urnersees erodierten wegen der Kiesausbeutung im Deltabereich dermassen, dass der Kanal 1988 schliesslich rund 400 Meter in den See ragte. Durch die Revitalisierung des Deltas konnte diese Situation wesentlich verbessert werden.

Massstab 1:1 realisiert werden kann und wird. Alles andere ist vorläufig nur Wort oder Papier.

Nachhaltige Zerstörung der Fliessgewässer

Die Fliessgewässer im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees wurden seit Beginn des letzten Jahrhunderts vom Menschen stark genutzt und massiv verbaut [4,5]. Dies gilt für den gesamten Alpenraum [6] und ganz besonders auch für die dichter besiedelten und landwirtschaftlich genutzten Gebiete im Mittelland. Die Auswirkungen der technischen Eingriffe auf die Kleinlebewesen und die Fische in ausgewählten Bächen und Flüssen wurden in der EAWAG-Studie [5] detailliert behandelt und im Jahresbericht 1994 tabellarisch dargestellt [2]. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Ökosysteme «Fliessgewässer» durch Verbauungen und Kraftwerksnutzungen nachhaltig (im ursprünglichen Sinn des Wortes!) zerstört worden sind. Greifen wir zwei repräsentative Fallbeispiele aus der Studie «Gewässerschutz im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees» heraus.

Wie sieht die Praxis aus?

Erstes Fallbeispiel: Reussebene (Kanton Uri)

Der Unterlauf der Reuss und das Reussdelta im Urnersee wurden um 1850 wie alle vergleichbaren Talebenen in der Schweiz massiv korrigiert, um der Malariaplage Herr zu werden, Hochwasserschutz zu bieten und die drainierte Ebene landwirtschaftlich nutzen zu können ([7, 8]; Fig. 1). Die Reuss wurde in jüngster Zeit berühmt-berüchtigt durch das Hochwasser 1987, welches grosse Schäden verursachte [9, 10]. Daraus entstanden ein neues Hochwasserschutzkonzept und neue Verbauungen, die teilweise schon ausgeführt und teilweise erst projektiert sind. Bei einem Blick auf die dichte Nutzung durch Bahn, Strasse, Siedlung, Landwirtschaft und Kraftwerksbetrieb müssen wir mit Bedauern eingestehen, dass am Unterlauf der Reuss kaum mehr grosszügige Revitalisierungen möglich sind. Wir können das Rad der Zeit nicht zurückdrehen! Immerhin wurde der Versuch unternommen, das Delta einigermassen naturnah umzugestalten [11]. Die Kies ausbeutende Firma hat dafür mehrere Mio. Franken aufgewendet.

Nebst dem «Deltaprojekt» gibt es in der Reussebene auch ein Projekt «Revitalisierung Talvorfluter». Es beinhaltet die ökologische Aufwertung der kleinen Bäche, unter anderem auch des Giessen-Kanals. Die Situation kann aus der Sicht des Gewässerschutzes als positiv bewertet werden (Tabelle 1). Erstens ist relativ viel Geld vorhanden: 2 Mio. Franken vom Kraftwerk Amsteg als Kompensation für die fischerei-

Thema/Problem	Kanton Uri Revitalisierung Reuss, Reussdelta, Giessen u.a.	Kanton Obwalden Revitalisierung Sarner Aa – Städerried
Umweltbelastungen	gross	gering bis mittel
politisches Klima	Bevölkerung motiviert	Bevölkerung passiv bis opponierend
Interessenkonflikte	gross, z.T. gelöst	sehr gross, ungelöst
Aufklärungsarbeit	erwünscht	dringend benötigt
fachliche Unterstützung	vom AfU nicht verlangt	vom AfU verlangt
Revitalisierungen	ausgeführt, im Gang oder geplant	nur Ideenskizzen; zaghafter Beginn
Finanzierung	weitgehend gesichert	grosses Problem
Rolle der EAWAG	flankierende Hilfe	grundlegende Hilfe

Tab. 1
Die unterschiedlichen Voraussetzungen im Gewässerschutz der Kantone Uri und Obwalden.

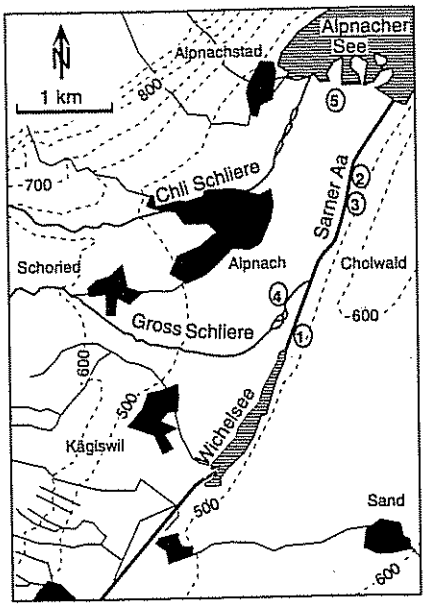


Fig. 2
Unterlauf der Sarner Aa. Der Fluss ist kanalisiert, die Ufer und die Sohle sind massiv verbaut. Durch das Kraftwerk Sarner Aa (1) entstand einerseits der Wichelsee, heute ein Naturschutzgebiet, anderseits eine zeitweise trockenfallende Restwasserstrecke. Die zufliessende Grosse Schliere prägt die Sarner Aa bis zur Wasserrückgabe (2). Die Sarner Aa ist belastet durch den Abfluss der ARA Alpnach (3), welche auch die Sickerwässer der Deponie Cholwald behandeln muss. Die Schlierenrüti (4) ist eine Aue von nationaler Bedeutung, aber wegen Verbauungen wird das Geschiebe zurückgehalten. Im Städerried (5) wird Kies ausgebeutet. Das Renaturierungspotential ist gross.
(Zeichnung Rudolf Koblet)

lichen Beeinträchtigungen in der Reuss durch künftig verstärkten Schwallbetrieb, und 5 Mio Franken vom Wasserbau als Ausgleichsmassnahmen für Hochwasserschutzprojekte. Zweitens erzeugt die enorme allgemeine Umweltbelastung durch die Verkehrsachsen N2 und NEAT einen politischen Druck, der in der Urner Bevölkerung ein gutes Klima für den Gewässerschutz schafft. Allerding zeigt sich am Beispiel des Giessens drastisch, wie beschränkt die Möglichkeiten zur Revitalisierung auch hier in der Realität sind. Der Landbedarf ist gross, und aus politischen und juristischen Gründen (Besitzverhältnisse) ist Land nicht beliebig verfügbar; deshalb können weder umfangreiche Auenbereiche noch ein naturnaher, mäandrierender Lauf geschaffen werden! Immerhin werden alternierende Bestockungen und durchgehende Pufferzonen realisiert.

Zweites Fallbeispiel: Sarner Aa (Kanton Obwalden)

Im Unterlauf der Sarner Aa ist die Situation ungleich schwieriger und eher negativ zu bewerten (Tabelle 1). Bis vor kurzem wurden in diesem Gebiet überhaubt keine Gewässerrevitalisierungen vorgenommen; ein schüchterner Versuch läuft gegenwärtig oberhalb des Naturschutzgebietes des Wichelsees bei Bitzighofen (Sarnen). Die Sarner Aa präsentiert sich heute unterhalb des Wichelsees in einem lamentablen Zustand (Fig. 2): als kanalisierte und extrem hart verbaute, über längere Zeiträume völlig ausgetrocknete Restwasserstrecke. Kurz vor der Mündung in den Alpnachersee ist die Aa belastet durch die ARA Alpnach, die nebst häuslichem Abwasser auch die Sickerwässer der Deponie Cholwald behandeln muss und z.T. überlastet ist [5]. Der Geschiebehaushalt der Grossen Schliere, die vor der ARA Alpnach in die Sarner Aa mündet, ist wegen des teilweise verbauten Kiessammlers in der Schlierenrüti praktisch unterbunden, so dass im Delta nur noch Feinmaterial abgelagert wird.

Die Naturschutzbestrebungen im Städerried und in der Schlierenrüti sind wegen grosser Interessenskonflikte gefährdet und kommen nur zögerlich voran. Die Umsetzung der Moorschutzinitiative durch das BUWAL (Bundesinventare zum Moorschutz) hat nicht nur verschiedene Naturschutzplanungen ausgelöst, sondern in gewissen Bevölkerungskreisen auch eine schlechte Stimmung geschaffen. Viele Obwaldner dulden heute keine fremden Vögte mehr im Gewässerschutz! Da in diesem Gebiet noch keine massiven Umweltbelastungen zu sehen und zu spüren sind, gibt es keinen Druck aus der Bevölkerung wie im Kanton Uri. Die in der EAWAG-Studie empfohlenen Massnahmen können deshalb nur unter schwierigen Bedingungen und in pragmatischen, kleinen Schritten realisiert werden. Die Konzession des Kraftwerks Sarner Aa läuft im Jahre 2001 aus, so dass dann die Restwasserfrage nach dem neuen Gewässerschutzgesetz (1991) gelöst werden kann. Eine Renaturierung der Sarner Aa und des Deltas (mit einer Tiefenwassereinleitung des geklärten Abwassers direkt in den Alpnachersee) ist eine Utopie und in weiter Ferne.

Die Rolle der EAWAG bei der nachhaltigen Umsetzung

Die Kantone Uri und Obwalden haben, entsprechend der unterschiedlichen Ausgangslage, entgegengesetzte Wünsche an die EAWAG: der Kanton Uri möchte vor allem Unterstützung der Öffentlichkeitsarbeit bezüglich Gewässerrevitalisierungen, da die sachlichen Probleme weitgehend im Griff sind; der Kanton Obwalden möchte vor allem fachliche Beratung bei der Lösung einzelner Gewässerschutzprobleme, da die Problemlösungen noch in den Kinderschuhen stecken. Für die EAWAG heisst dies also, dass es keine allgemein gültigen Rezepte gibt, wie Forschungsresultate in die Praxis umgesetzt werden sollen. Vielmehr müssen diese Umsetzungen mit viel Einfühlungsvermögen an die reellen Verhältnisse angepasst werden (siehe Kästchen).

Wissensgrenzen

Obwohl sich die Experten über die Revitalisierung eines Wiesenbaches einig sind, entsteht bei der Begehung Uneinigkeit: der Fischereibiologe wird zur Aufwertung der Fischhabitate eine durchgehende Bestockung mit einheimischen, standortstypischen Bäumen und Sträuchern entlang des Bachlaufs fordern, während sich der Botaniker oder Kleintierspezialist für seit langem bestehende Magerwiesenböschungen mit Standorten seltener Libellenarten einsetzt. Nicht in jedem Fall ergibt sich aus einem solchen Expertenstreit eine salomonische Lösung (hier: Gehölzsaum mit Lücken).

Schlussfolgerungen

Die technische Entwicklung bringt uns je länger je mehr in einen Teufelskreis (Fig. 3): Das quantitative Wachstum führt letztlich zu einem immer höheren Verbauungsgrad der Fliessgewässer und damit werden diese Ökosysteme immer stärker zerstört. Die Natur kann sich zwar mit einer recht grossen Flexibilität und Artenselektion den veränderten Umständen bis zu einem gewissen Grad anpassen; aber der Mensch muss schützend eingreifen, um sich letztlich seine eigenen Lebensgrundlagen zu erhalten. Dem Schutz noch natürlicher Gewässer kommt dabei weitaus grössere Bedeutung zu als der Revitalisierung früher zerstörter Gewässer, denn letzteres ist teuer, und viele Schäden sind nicht mehr reparierbar. Ausgestorbene Arten holen wir als «hochentwickelte» Gesellschaft auch mit der grössten Geldmenge nicht mehr zurück!

Aus dieser Erkenntnis heraus ergeben sich folgende Thesen:

- Da die stärkste Triebfeder allen menschlichen Handelns das Geld bzw. die Ökonomie ist, war die Ökologie bis jetzt immer reaktiv, da sie keinen monetären Gewinn abwirft.
- Im politisch-ökonomischen Umfeld müssen wir pragmatisch vorgehen. Dem Verursacherprinzip muss langfristig zum Durchbruch verholfen werden.
- Rein technologische Lösungsansätze sind zwar zur Erreichung von Teilzielen sinnvoll und nötig. Langfristig bedarf es aber einer Neuverteilung der Werte, letztlich den Verzicht auch auf ständiges Wachstum bzw. ein Annehmen echter Nachhaltigkeit. Falls wir das nicht schaffen, wird uns die Natur mit Sicherheit in die Schranken weisen!
- Die Natur ist stärker als der Mensch – nicht nur schön im Sinne Rousseaus, sondern auch brutal (Überschwemmungen, Erdbeben, etc.). «Zerstörungen» durch die Natur sind eine Regeneration im ewigen Kreislauf und damit natürlich: zum Beispiel bieten Ufererosionen vielseitige Habitate für Fische und Kleinlebewesen, Kiesbänke sind Lebensraum für Pionierpflanzen, Überschwemmungen sind lebensnotwendig für Auenwälder.
- Kompromissbereitschaft ist von allen Seiten nötig, da es Interessenskonflikte zu lösen gilt (Gewässerschutz/Gewässernutzung, Expertenstreit). Lösungen «mit der Natur» sind nicht nur ökologischer, sondern letztlich auch ökonomischer als Lösungen «gegen die Natur». Fachleute aus dem Wasserbau und für Ökologie müssen zu beiderseitigem Vorteil gemeinsame Lösungen suchen.

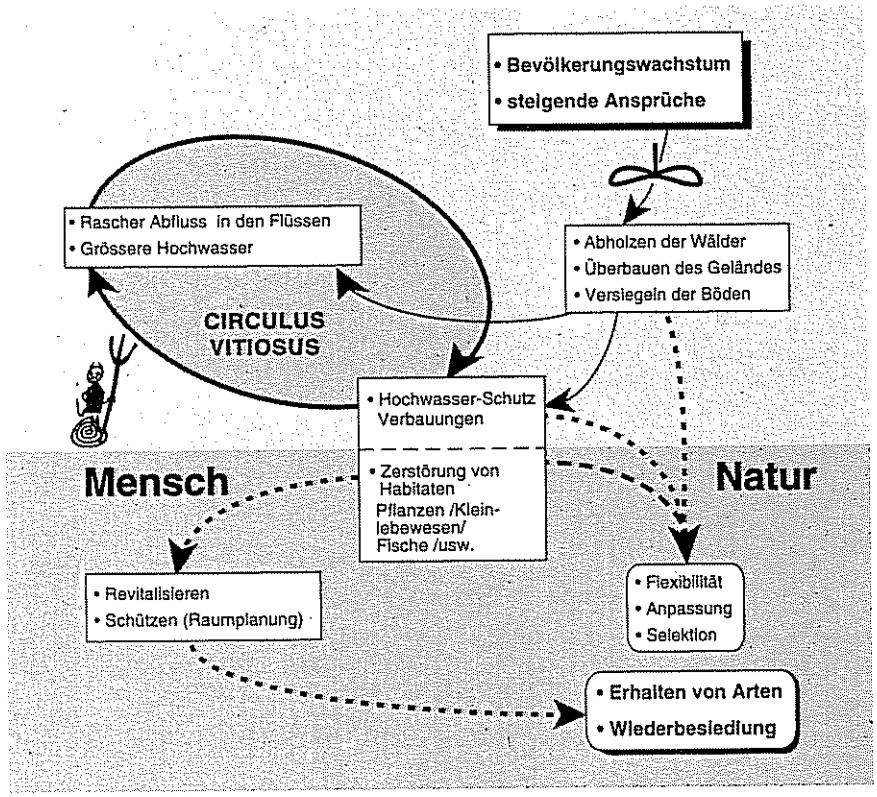


Fig. 3
Ursachen und Auswirkungen von Gewässerverbauungen – ein Teufelskreis.
Antrieb (dünne Linien) sind die zunehmende Bevölkerung und deren steigende Ansprüche, die in einen geschlossenen Kreislauf (dicke Linien) von Ursache und Wirkung führen; den Ausstieg (gestrichelte Linien) aus diesem Teufelskreis kann die Natur nur zum Teil selbst bewerkstelligen, der Mensch muss sie deshalb mit geeigneten Massnahmen unterstützen.

[1] EAWAG (1994): Studie Gewässerschutz im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees. Schlussbericht. Verfasser: J. Bloesch. Auftrag Nr. 4752, 15. September 1994.

[2] Bloesch J. (1995): Gewässerschutz im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees. EAWAG Jahresbericht 1994, S.12–17.

[3] Peltzer K. (1975): Das treffende Wort. Wörterbuch sinnverwandter Ausdrücke. Ott Verlag Thun, 15. Auflage.

[4] Schmid W. (1958): Wildbachverbauungen und Flusskorrekturen im Einzugsgebiet der Reuss. Wasser- und Energiewirtschaft Nr. *8/9*, 201–209.

[5] EAWAG (1994): Studie Gewässerschutz im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees. Auswirkungen technischer Eingriffe auf die Invertebraten- und Fischfauna der Fliessgewässer. Sachbearbeiter: J. Bloesch. Auftrag Nr. 4752, 15. Mai 1994.

[6] CIPRA (1992): Die letzten naturnahen Alpenflüsse. Heft *11*, 71 Seiten, 1992.

[7] Vischer D. (1989): Die Renaturierung von Flüssen und Bächen. Wasser, Energie, Luft 81 *(6)*: 109–110.

[8] Schnitter N. (1991): Geschichte des Schutzwasserbaus in der Schweiz. Wasser, Energie, Luft 83 *(1/2)*: 27–35.

[9] BWW/BUWAL (1991): Ursachenanalyse der Hochwasser 1987. Schlussbericht. Mittg. Bundesamt für Wasserwirtschaft Nr. 5/Mittg. Landeshydrologie Nr. 15, Bern, Mai 1991.

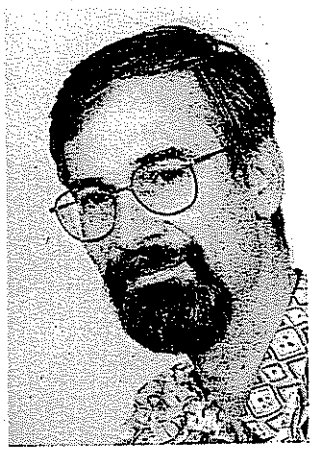
[10] Weber H., Huber H., Katz W., Schleiss A. & Tschopp J.W. (1992): Reuss Hochwasser 1987. Schlussfolgerungen für den Hochwasserschutz im Kanton Uri. Bauamt Uri, Abteilung Wasserbau. Altdorf, Oktober 1992.

[11] Lang O. (1983): Landschaftsentwicklungsplan Reussdelta, Kanton Uri. Band 1 und 2.

Eduard Hoehn

Bedeutung des Grundwassers an der EAWAG

– mit frischem Wind in die Zukunft



Eduard Hoehn

Die Öffentlichkeit nimmt die Bedeutung des Grundwassers für Mensch und Umwelt oft wenig wahr. Und doch ist das Grundwasser nicht nur Teil des Wasserkreislaufs, sondern auch der Rohstoff für über 80% des Trinkwassers, unserem bedeutendsten Lebensmittel. Seine haushälterische Nutzung wird infolge zunehmender Gefährdung, insbesondere durch chemische Stoffe, an Bedeutung gewinnen.

Ziele einer nachhaltigen Bewirtschaftung des Grundwassers

Das Öffnen des Hahns für Trinkwasser ist eine alltägliche Bewegung. Bei einem Wasserverbrauch in der Schweiz von rund 400 Litern pro Kopf und Tag (Haushalte) steht eine sparsame Nutzung von Trinkwasser im Vordergrund des Interesses Aller. Trinkwasser soll auch in Zukunft vorrangig aus Grundwasser gewonnen werden. Die Verflechtung von Trinkwasser mit Grundwasser ist vielen Menschen kaum bewusst. Für Fachleute aus Natur- und Ingenieurwissenschaften hingegen, die sich mit der Bewirtschaftung von Grundwasser befassen, ist für die Lösung anstehender Probleme ein gutes Verständnis von Strömung, chemisch-biologischer Beschaffenheit und Stofftransport unabdingbar. An der EAWAG hat dieses Verständnis

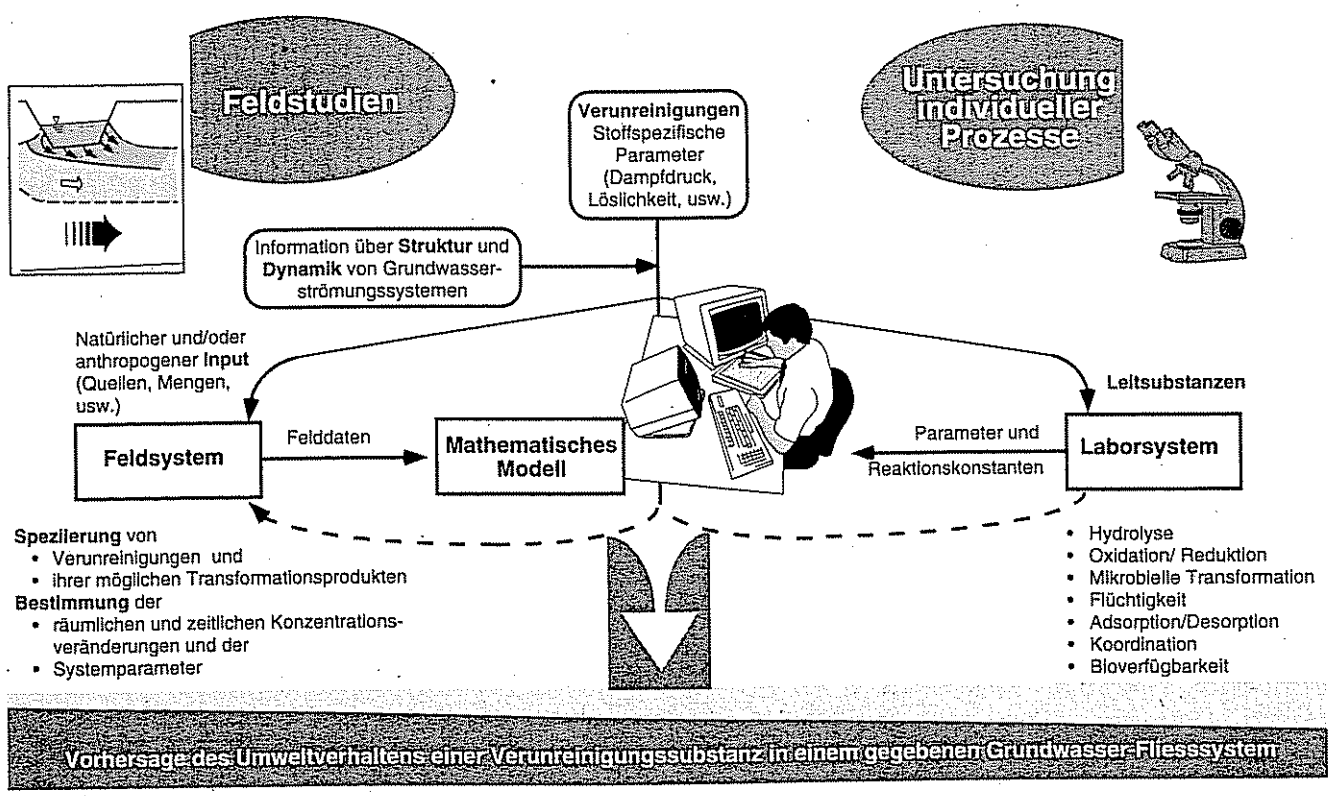


Fig. 1
Idealisiertes Schema für die Vorhersage des Umweltverhaltens von Verunreinigungen in Grundwassersystemen (nach [4])

eine lange Tradition, so dass sie für eine nachhaltige Bewirtschaftung der Grundwasserresourcen auch in Zukunft Beiträge leisten kann.

Grundwasser als Teil des Wasserkreislaufs ist ein Ökosystem, das dem Auge entzogen ist und im Vergleich z.B. mit Flüssen wenig Leben aufweist. Ein grosser Teil des Grundwassers in der Schweiz befindet sich in Talsohlen des voralpinen Raums. Hier bilden eiszeitliche Lockergesteinsablagerungen (glaziofluviatile Schotter) die wichtigsten Grundwasserleiter. Eine wichtige Eigenschaft dieser grobkörnigen und sehr gut wasserdurchlässigen Formationen ist die grosse Uneinheitlichkeit ihres Aufbaus [1]. Grundwasser strömt z.B. in den Poren eines Kies-Sand-Gemisches. Aber auch in klüftigen und verkarsteten Gesteinen des Jura und der Alpen lagern beträchtliche Grundwassermengen. Die Fachwelt fordert einen *naturnahen Zustand* als Qualitätsziel, und als Handlungsbedarf für die Zukunft sieht sie dessen *Schutz* und eine wirksame *Überwachung von Menge und Güte.*

Beitrag aus der Forschung nötig

Das Erarbeiten von Kenntnissen über die Geschwindigkeit, mit der Stoffe (insbesondere Schadstoffe) im Grundwasser verfrachtet werden, sowie über das Verhalten und das Schicksal solcher Stoffe ist eine grosse Herausforderung an die wissenschaftliche Forschung. Internationale und nationale Institutionen, die sich mit diesen Fragen befassen (z.B. das kanadische «Waterloo Centre for Groundwater Research» der University of Waterloo, Ontario, oder das «Centre d'Hydrogéologie» der Université de Neuchâtel) zeigen, dass beim Grundwasser Kenntnislücken fächerübergreifend geschlossen werden müssen. Ein solcher Ansatz wird auch an der EAWAG gepflegt, und zwar aus folgenden Gründen: Das neue Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 24. Januar 1991 enthält Artikel, die sich ausdrücklich auf Grundwasser beziehen (z.B. Art. 7, Abs. 2, Versickerung unverschmutzten Abwassers; Art. 20, Pflicht zur Ausscheidung von Schutzzonen um Trinkwasserfassungen; Art. 43, Erhaltung von Grundwasservorkommen). Die Änderung des Umweltschutzgesetzes vom 21. Dezember 1995 enthält neu Artikel über die Sanierung von Deponien und anderen durch Abfälle belasteten Standorten (4. Kap., 4. Abschn., Art. 32c–e). Diese Artikel müssen auf der Ebene von Verordnungen und Wegleitungen vollziehbar gemacht werden [z.B. 2]. Hierfür muss die EAWAG Grundlagen liefern können. Ein gleichzeitiges Wirken ihrer Mitarbeiter in *Forschung, Lehre, Beratung* (inkl. *Kommissionen)* erlaubt es, Forschungsergebnisse rasch weiterzuleiten und in die Praxis umzusetzen.

Was tat die EAWAG bisher

Entsprechend der damaligen Auffassung über ihren Aufgabenbereich entfaltete die heute an der EAWAG nicht mehr bestehende *Abteilung Geologie* bis Mitte der achtziger Jahre eine rege gutachterische Tätigkeit über Grundwasser. Ab 1976 brachte der Schweizerische Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung mit seinem Nationalen Programm Nr. 2 «Grundlegende Probleme des Schweizerischen Wasserhaushalts, Teilprogramm 2: Grundwasserdargebot; quantitative und qualitative Aspekte» die Grundwasserforschung ins Rampenlicht der Wissenschaftspolitik. Im Rahmen dieses Programms führte die EAWAG das Projekt «Verhalten organischer Wasserinhaltsstoffe bei der Grundwasserbildung und im Grundwasser» durch [z.B. 3]. Die an diesem Projekt Beteiligten erprobten damals exemplarisch den fächerübergreifenden Ansatz mit *prozessorientierten Labor- und Feldarbeiten sowie mit Modellrechnungen* (Fig. 1). Die Felduntersuchungen für diese Studie fanden vor allem im Infiltrationsgebiet von Glattfelden statt, wo die stark verschmutzte Glatt in nennenswertem Ausmass Wasser ins Grundwasser verliert. Mit dem Studium des Transports anorganischer Stoffe beteiligte sich das Paul Scherrer Institut ebenfalls an diesen Forschungsarbeiten.

Forschungsarbeiten der späteren achtziger Jahre über Grundwasser und Grundwasserleiter befassten sich u.a. mit der geologischen Charakterisierung von Grundwasserleitern [5]. Seit zwei Jahren finanziert der ETH-Rat ein Projekt «Transport of organic pollutants in unsaturated soil – an integrated approach» (OPUS-IA), an dem neben der EAWAG auch die ETH-Institute für Hydromechanik und Wasserwirtschaft (IHW) und Terrestrische Ökologie (ITÖ) sowie die beiden Institute der EPFL (Institut für Land- und Wasserwirtschaft und Institut für Ingenieurwissenschaften der Umwelt, Abteilung Kulturtechnik) beteiligt sind. Hauptziel dieses Projekts ist es, die Dynamik chemischer und mikrobiologischer Prozesse beim Stofftransport in wasserungesättigten Zonen poröser Modellsysteme grundlegend zu studieren.

Neue Fragestellungen über Grundwasser

Im Rahmen des Forschungsschwerpunktes der EAWAG «Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung am Beispiel von Gewässern und anthropogenen Sedimenten» (FoSP) laufen zurzeit prozessorientierte Feld- und Laboruntersuchungen, die sich in drei Teilbereiche und einen Integrativen Teil gliedern [6]. Alle drei Teilbereiche weisen einen Bezug zu Grundwasserproblemen auf. Der FoSP strebt eine ganzheitliche Betrachtungsweise im Sinne von Fig. 1 an, was eine Zusammenarbeit sowohl innerhalb der Fachabteilungen als auch eine starke Beteiligung externer Partner nötig macht.

Der Teilbereich 1 untersucht Auswirkungen von Altdeponien im Gebiet der heutigen Reststoffdeponie Riet der Stadt Winterthur. Bei zwei dieser Altdeponien (etwa 30–70 Jahre alt) wird der Transport von Schadstoffen entlang einer Grundwasser-Stromlinie in das für Trink- und Brauchwasser genutzte Grundwasservorkommen des

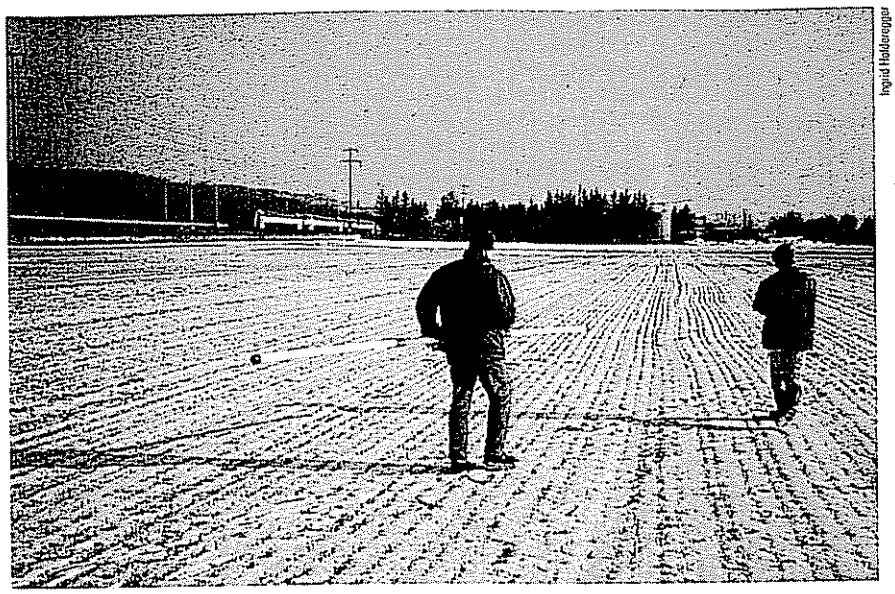


Fig. 2
Anwendung einer elektromagnetischen Messmethode für Detailuntersuchungen der elektrischen Leitfähigkeit von Bodenschichten und dem darin zirkulierenden Grundwasser (oberste 4–6 m): Im Bereich von Altdeponien kann mit dieser Methode eine mutmassliche Verunreinigung des Untergrunds geortet werden. Das Foto zeigt P. Huggenberger mit einem Feldaufnahmesystem. Je am Ende des Rohres befinden sich eine Sende- und eine Mess-Spule. Ein durch einen Wechselstrom erzeugtes Primär-Magnetfeld induziert im Untergrund elektrische Ströme. Diese Ströme hängen von der elektrischen Leitfähigkeit der Bodenschichten ab und induzieren ein Sekundär-Magnetfeld. Das sekundäre Magnetfeld wird vom Messgerät erfasst.

vor allem anorganische Stoffe, deren Speziierung und Gestein-Wasser-Wechselwirkungen von den Oxidations-Reduktions-Verhältnissen abhängig sind. Die Studie soll für die Praxis aufzeigen, wie eine naturwissenschaftlich-technische Detailuntersuchung von Altdeponien mit vorwiegend Hauskehricht im Sinn des Faltblatts «Achtung Abfall, Altlasten» (Amt für Gewässerschutz und Wasserbau [AGW] des Kantons Zürich, September 1993) etwa ablaufen könnte. Fig. 2 zeigt zur Illustration die Anwendung einer geophysikalischen Messmethode.

Im Teilbereich 2 wird unter anderem die Versickerung von Meteorwasser in den wasserungesättigten geologischen Untergrund studiert. Die Untersuchung einer seit etwa 40 Jahren bestehenden Versickerungsanlage für Strassenabwasser zeigte eine Verunreinigung von Humus und darunterliegendem Schottermaterial auf (Fig. 3). Als Teilprojekt soll nun der Stofftransport von Dachwasser beim Versickern in die Tiefe verfolgt werden. Die MIGROS-Genossenschaft erstellte 1995 in ihrem neuen Verteilzentrum Winterthur-Grüze eine humusierte Sickermulde, in welche Dachwasser geleitet und zur Versickerung ins Grundwasser gebracht wird. An der Basis dieser Mulde wurde ein zwei Meter tiefer Schacht ausgehoben. Aus diesem Schacht heraus werden durch die EAWAG zurzeit in Bohrlöchern Instrumente in den kies-sandigen Schotter installiert, mit welchen das Verhalten von Stoffen in der wasserungesättigten Zone des Grundwasserleiters nach Niederschlagsereignissen beobachtet werden soll. Für die Praxis ist die Interpretation des Begriffs «Unverschmutztes Abwasser» des Gewässerschutzgesetzes von Bedeutung. Es muss gewährleistet sein, dass versickertes Dachwasser weder Grundwasserleiter noch Grundwasser verschmutzt.

Im Teilbereich 3 befassen sich Arbeitsgruppen mit der *Infiltration von Flusswasser ins Grundwasser.* Südlich von Winterthur plant der Kanton Zürich im Gebiet Linsental eine Revitalisierung der Töss. Bei einer Veränderung des Flussbetts könnten die von der Stadt Winterthur dort betriebenen Grundwasserfassungen gefährdet werden. Die Studie der EAWAG ist im Rahmen des Nutzungskonflikts zwischen den Belangen Wasserversorgung, integraler Landschaftsschutz und Arterhaltung zu betrachten. Mit hydrogeologischen, sedimentologischen und geophysikalischen Methoden werden im heterogenen Grundwasserleiter zunächst Infiltrationsströmung und Zuströmbereiche zu den Fassungen beschrieben. Parallel dazu wird die Ökologie der Flussohle und des Grundwassers studiert. Die Betrachtungsweise des Grundwassers als ein belebtes und besiedeltes Ökosystem ist relativ neu. Weiter wird im Gebiet Linsental der Einschluss von Gasen bei der Infiltration der Töss ins Grundwasser mittels moderner Markierstoffe (Tracer) studiert. Bei den eingesetzten Tracern handelt es sich z.B. um natürliche Edelgasisotope. Im Rahmen des FoSP dienen Tracerstudien auch für Altersbestimmungen von Grundwässern und für Mischungsprozesse, die für die Praxis von Bedeutung sind. In tieferliegenden und gespannten quartären Lockergesteins-Grundwasservorkommen eiszeitlichen Alters kann die Temperatur bei ihrer Bildung aus Edelgaskonzentrationen rekonstruiert werden. Als Folge der im Grundwasser immer bedeutender werdenden Tracermethoden strebt die EAWAG an, zusammen mit dem am Projekt beteiligten Physikalischen Institut der Universität Bern hierfür ein Kompetenzzentrum zu schaffen.

Was bringt die Zukunft ?

Seit dem vergangenen Jahr besteht eine «Gruppe Trinkwasser», die sich unter anderem mit der Erschliessung, Gewinnung und Bewirtschaftung von Grundwasser befasst. Die Gruppe soll in Zukunft dank ihrer breiten Disziplinenanwendung in Forschung, Beratung, Lehre und Kommissionstätigkeit einen wichtigen Beitrag an die EAWAG-Aktivitäten leisten (das «W» in EAWAG). Die bezüglich Grundwasser wichtigsten Ziele des Bereichs Wasserressourcen und Wasserversorgung sind in Fig. 4 aufgeführt. Diese Ziele sollen mit Projekten erreicht werden, an welchen externe Partner (ETHZ sowie Ingenieurbüros und Gewässerschutzfachstellen des Bundes,

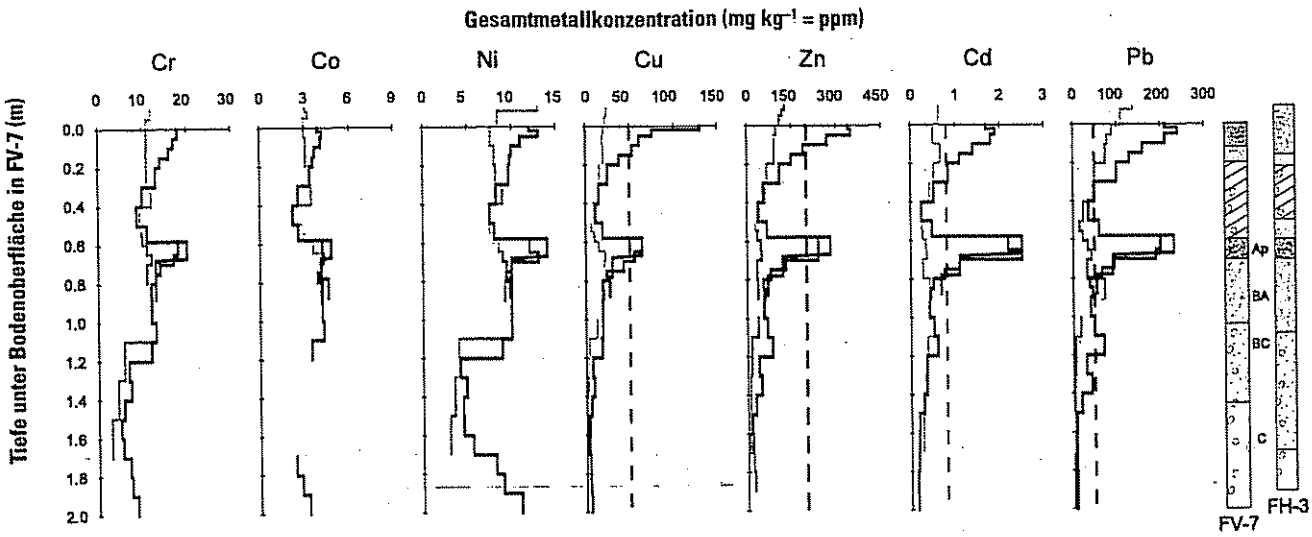


Fig. 3
Tiefenverteilung ausgewählter Schwermetallkonzentrationen in einer Anlage zur Versickerung von Strassenwasser.
Waagrechte Achsen: Konzentrationen in mg/kg; Senkrechte Achse: Tiefe in m; rechts aussen: Profile mit Bodenhorizonten: Ap = Humus, BA und BC = Verwiterungsschichten und C = Schotter; dicke Linie: Profil FV-7; graue Linie: Profil FH-3; gestrichelte Linie: Grenzwerte Bodenschutzverordnung, 1986.

Gewässerschutzfachstellen des Bundes, der Kantone und Gemeinden) beteiligt werden.

Die EAWAG will sich weiterhin mit Altlasten befassen, weil bezüglich ihrer Erkundung, Bewertung, Sicherung und Sanierung noch viele Fragen offen sind. In einer gemeinsamen Anstrengung mit der Geschäftsstelle der Sondermülldeponie Kölliken (SMDK) und ihren Experten und Gutachtern sowie der Abteilung Umweltschutz des Baudepartements des Kantons Aargau z.B.wendet eine *«Arbeitsgruppe SMDK»* der EAWAG ihr Wissen in chemischer Analytik, chemischer Hydrogeologie, Mikrobiologie, Abwasserreinigung, Risikoanalyse und Ökotoxikologie an einem Brennpunkt öffentlichen Interesses nutzbringend an. Im Rahmen der Sicherung und Sanierung der SMDK zeigte die intensive Überwachung der Schadstoffemissionen in den vergangenen acht Jahren, dass der Grundwasserpfad kritisch ist.

Die grosse Bedeutung, die dem Grundwasser auch in Zukunft zukommt, rechtfertigt ein vertieftes Studium der Vorgänge im Untergrund. Die Fachleute der EAWAG sind aufgefordert, brauchbare Beiträge zur Lösung anstehender Probleme zu liefern.

Ich danke meiner Kollegin Annette Johnson und folgenden Kollegen für Ergänzungen: Markus Boller, Walter Giger, Jürg Zobrist, Jürg Bloesch, Tom Bosma, Tom Gonser, Stefan Haderlein, Peter Huggenberger, Rolf Kipfer und Walter Wagner.

Zweckmässige Überwachungs- und Schutzkonzepte gegen zunehmende Übernutzung und Verunreinigung des Grundwassers;
Besseres Verständnis des Stoffverhaltens im Untergrund im Feldmassstab;
Zweckmässige messtechnische Erfassung und mathematische Modellierung von Grundwasser-Strömung, Stofftransport und Beschaffenheit;
Verfeinerte Instrumente zur Erkundung und mengenmässigen Erfassung von Grundwasservorkommen (z.B. Geophysik);
Bewertung von Nutzungskonflikten, z.B. im Rahmen (schlanker) Umweltverträglichkeitsuntersuchungen.

Fig. 4
Hauptsächliche Ziele des Bereichs «Wasserressourcen und Wasserversorgung» der EAWAG im Rahmen von Erschliessung, Gewinnung und Bewirtschaftung des Grundwassers

[1] Huggenberger, P., Ch. Siegenthaler und F. Stauffer, 1988, Grundwasserströmung in Schottern; Einfluss von Ablagerungsformen auf die Verteilung der Grundwasserfliessgeschwindigkeit, Wasserwirtsch. *78* (5), 202–212.

[2] Hoehn, E., R.V. Blau, D. Hartmann, W. Kanz, H. Leuenberger, F. Matousek, und J. Zumstein, 1994, Der Zuströmbereich als Element eines zeitgemässen Grundwasserschutzes, Gas-Wasser-Abwasser *74* (3), 187–193.

[3] Giger, W., R.P. Schwarzenbach, E., Hoehn, K. Schellenberg, J.K. Schneider, H.R. Wasmer, J. Westall, & J. Zobrist, 1983, Das Verhalten organischer Wasserinhaltsstoffe bei der Grundwasserbildung und im Grundwasser, Gas-Wasser-Abwasser *63* (9), 517–531.

[4] • Jackson, R.E., and E. Hoehn, 1987, A review of processes affecting the fate of contaminants in groundwater, Water Poll. Res. J. Canada *22* (1), 1–20.
• Stumm, W., R.P. Schwarzenbach, und L. Sigg, 1983, Von der Umweltanalytik zur Ökotoxikologie – ein Plädoyer für mehr Konzepte und weniger Routinemessungen, Angew. Chemie *95*, 345–355.
• Giger, W., 1995, Spurenstoffe in der Umwelt, EAWAG news *40D*, 3–7.

[5] Huggenberger, P., und J. Zobrist, 1990, Grundwasserforschung an der EAWAG, Mitt. EAWAG *29*, 11–16.

[6] Bundi, U., P. Baccini, M. Boller, R. Schertenleib, W. Schilling, R. Schwarzenbach und A. Zehnder, 1992, Forschungsschwerpunkt: Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung – am Beispiel Gewässer und anthropogene Sedimente, EAWAG Jahresbericht 1992, 10–14.

[7] Mikkelsen, P.S., M. Häfliger, and M. Boller, 1995, Pollution from two infiltration systems for road runoff in Switzerland, EAWAG-Bericht.

[8] Hoehn, E. und B. Kiefer, 1992, Ausbau der Wasserkräfte im oberen Puschlav; Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit: Projektorganisation und hydrogeologische Ergebnisse, Mitt. Schweiz. Ges. Boden- u. Felsmech. *125*, 35–41.

Peter Krebs

Vernetzung und Dynamik in der Siedlungswasserwirtschaft

Peter Krebs

Durch die Trinkwasserversorgung werden Grundwasserströme vermindert. Schmutzwasser wird mit nicht versickertem Regenwasser vermischt und direkt oder über die Kläranlage ins Oberflächengewässer eingeleitet. Allein schon die Beschreibung des Wasserflusses durch die Siedlung macht die Forderung nach einer integrierten Siedlungswasserwirtschaft plausibel.

Die Entwicklung

In den sechziger Jahren wurde es gemäss Hörler [1] als «Aufgabe der Ortsentwässerung» gesehen, «sämtliche Abwässer so vollkommen und so schnell als möglich zu sammeln und aus dem Bereich menschlicher Siedlungen zu entfernen, ohne Schädigung der ober- und unterirdischen Gewässer.» In den folgenden zwei Jahrzehnten gelang es, die primären Ziele der Siedlungsentwässerung – die Sicherstellung der Hygiene und den Überschwemmungsschutz - um den qualitativen Schutz der Oberflächengewässer zu erweitern.

Mit der Methode der möglichst schnellen Ableitung und mit einem Verständnis dessen, was Abwasser sei, das alles einschloss, was heute unter dem Begriff Fremdwasser als überflüssige Belastung der Kläranlagen gesehen wird, wurden aber auch Probleme geschaffen. Die Regenabfluss-Spitzen in der Kanalisation und der Entlastung werden erhöht und beschleunigt, sauberes Fremdwasser und Regenwasser fehlt dem Grundwasserleiter und dem Oberflächengewässer.

Diese Entwicklung galt es mit der Umschreibung einer neuen Entwässerungsstrategie im Generellen Entwässerungsplan (GEP) [2] zu korrigieren: «Bei der differenzierten Entwässerung sollen nur diejenigen Abwässer abgeleitet werden, die im Einzugsgebiet selbst nicht schadlos versickert werden können. Daneben sollen die Retentionsmöglichkeiten genutzt werden, um die Abflussspitzen zu verringern.» Es sollte nun also nicht mehr möglichst alles Wasser möglichst schnell im Kanalisationssystem aus der Siedlung geschafft werden, sondern möglichst wenig Wasser möglichst langsam. Die zusätzliche Forderung nach einer «ganzheitlichen Betrachtung des Wasserkreislaufes im Bereiche der Siedlungen» bedarf in vielen Punkten noch einer Konkretisierung.

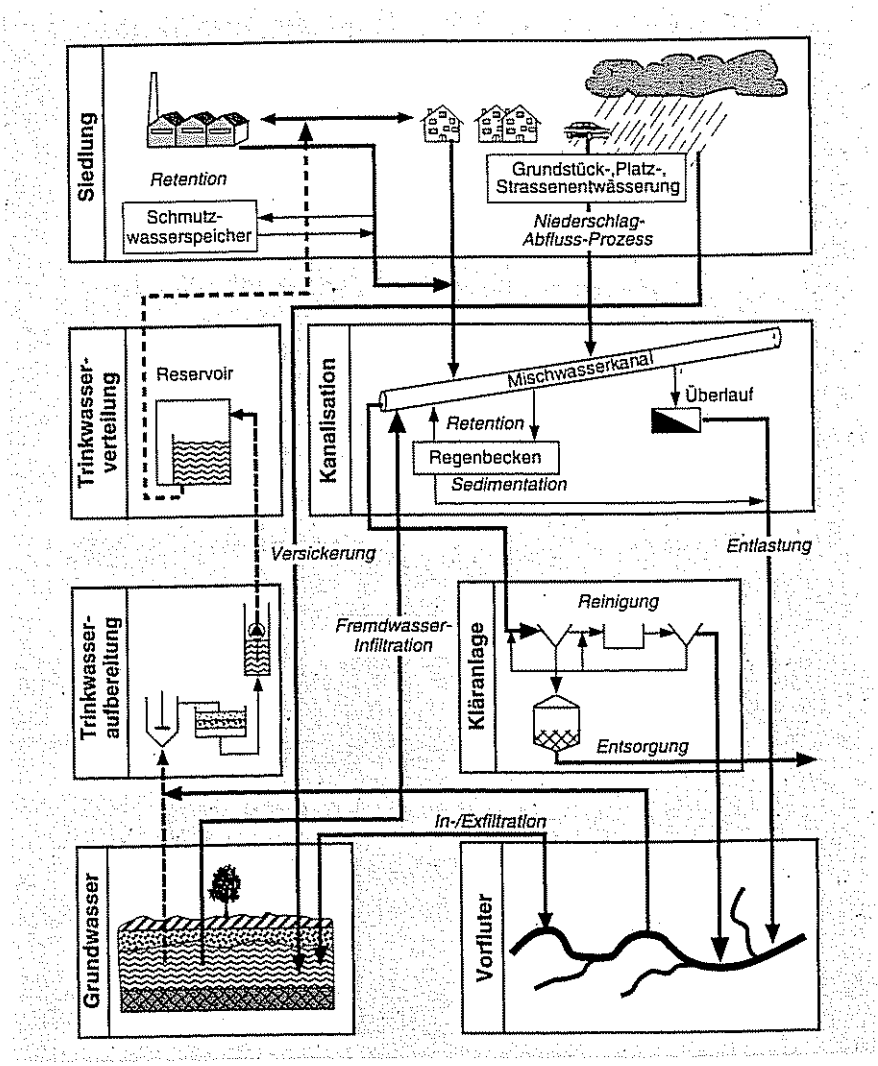


Fig. 1
Das Gesamtsystem Siedlungswasserwirtschaft schliesst die Siedlung, Transportsysteme, Verfahrenstechnik, sowie die natürlichen Gewässersysteme mit ein.

Lücken in vorhandenen Systemen

In der Fallstudie Fehraltorf der EAWAG [3] wurden erste Schritte zur Umsetzung einer ganzheitlichen Betrachtung der Siedlungsentwässerung und wesentliche Anknüpfungspunkte zwischen bisher unabhängig betriebenen Fachgebieten aufgezeigt. Obwohl das Entwässerungssystem von Fehraltorf den gegenwärtigen Richtlinien genügt, wird das Fliessgewässer immer wieder überlastet. Eine Hauptursache besteht darin, dass das technische System ungeachtet der Charakteristika von Fliessgewässer und Grundwasservorkommen ausgelegt wurde. Läge Fehraltorf am Rhein anstatt im Zürcher Oberland an der Luppmen, die abschnittweise in den Sommermonaten regelmässig trockenfällt, so würde das Kanalnetz grundsätzlich gleich aussehen, einzig die Regenbeckenvolumina wären etwas kleiner.

Obwohl die Siedlungs*entwässerung* zentraler Gegenstand der Fallstudie war, wurden drei Hauptprobleme in anderen Systemen geortet.

- Der Grundwasserspiegel senkt sich seit den vierziger Jahren kontinuierlich infolge der zunehmenden Trinkwasserförderung. Der Bach wird folglich kaum mehr durch Exfiltration des Grundwassers gespiesen, fällt häufiger und länger trocken und reagiert entsprechend empfindlicher auf Mischwasserentlastungen.
- Vor dem Siedlungsgebiet wird Wasser aus dem Fliessgewässer abgeleitet und damit der Abfluss im Bach weiter reduziert.
- Die Morphologie ist für die Qualität eines Fliessgewässers und dessen Ökosystem nebst den Stoffkonzentrationen und der Hydrologie von grosser Bedeutung. Beschattung, Dynamik der Sohle, Variabilität der Geometrie, die für eine Vielfalt an Habitaten und Schutz für Kleinlebewesen bei Hochwasserereignissen wichtig wären, fehlen abschnittweise gänzlich. Eine Verbesserung der technischen Einrichtungen wird hinfällig, wenn das eigentliche Ziel der Anstrengungen — nämlich ein naturnaher Gewässerzustand – von den Bedingungen im Gewässer her gar nicht erreichbar ist.

Je nach Systemverständnis stehen zur Verbesserung der Verhältnisse im Fliessgewässer unterschiedliche Massnahmen im Vordergrund. Während bei Beschränkung auf die Siedlungsentwässerung das Retentionsvolumen erhöht würde, könnten im Rahmen einer integrierten Siedlungswasserwirtschaft die drei angeführten Punkte direkt und letztlich wesentlich effizienter angegangen werden.

Die Vernetzung des Gesamtsystems

Die Systemgrenze der Siedlungswasserwirtschaft umfasst die folgenden Subsysteme (Fig. 1): die Verteil- und Sammelnetze von Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung, die Verfahrenstechnik mit Trinkwasseraufbereitung und Abwasserreinigung, sowie die natürlichen Gewässersysteme Grundwasser und Oberflächengewässer.

Massnahmen oder Veränderungen in einzelnen Bereichen üben infolge der vielfältigen Verknüpfungen stets auch Einflüsse auf andere Subsysteme aus. So bedeutet das Versickern von Regenwasser gleichzeitig eine Speisung des Grundwasserleiters, eine Reduktion von Mischwasserentlastungen, eine Verringerung der Belastung der Kläranlage und bei Exfiltration von Grund- ins Oberflächengewässer eine Konsolidierung des Basisabflusses im Fliessgewässer. Oder reduzierter Trinkwasserverbrauch trägt zu einer Schonung der Ressource Grundwasser bei sowie zu einer Verminderung der Kläranlagenbelastung, was sich gerade in Trockenzeiten auf die im Fliessgewässer verursachten Stoffkonzentrationen positiv auswirken kann.

Der Weg einzelner Stoffe führt meist durch mehrere Subsysteme. Das Schicksal von Schwermetallen, die häufig durch das Regenwasser von Dächern (Kupfer, Zink) und stark befahrenen Strassen (Blei) weggespült werden, ist dabei in hohem Mass von der Systemwahl abhängig [4]. Schwermetalle werden im Mischsystem vorwiegend in die Abwasserreinigung geleitet und via Klärschlamm durch dessen landwirtschaftliche Verwertung diffus auf dem Feld verteilt. Das Trennsystem transportiert die Schwermetalle direkt ins Fliessgewässer, wo sie in den Sedimenten wiederum diffus abgelagert werden. Bei der Regenwasserversickerung hingegen akkumulieren sich die Schwermetalle im obersten Bereich des Sickerkörpers, der periodisch entsorgt werden kann. Dadurch, dass bei der Definition der Systemgrenzen die Siedlung selbst in die Betrachtung miteinbezogen wird (Fig. 1) eröffnet sich die Massnahme an der Quelle als zusätzliche Handlungsoption. So würde Regenwasser z.B. durch geeignete Materialwahl für Dachrinnen in weit geringerem Mass mit Schwermetallen kontaminiert.

Dynamische Wechselwirkungen

Während bei den Schwermetallen die Frachten und die akkumulierten Konzentrationen über langfristige Zeiträume von Interesse sind, stehen bei anderen Substanzen deren akute Wirkung und die kurzfristige Dynamik im Verlauf einzelner Ereignisse im Vordergrund. Als bekanntestes Beispiel wäre hier Ammonium zu nennen, das mit dem Fischgift Ammoniak ein pH- und temperaturabhängiges Gleichgewicht bildet. Das gelöste Ammonium stammt fast ausschliesslich aus dem Schmutzwasser und unterliegt starken Tagesschwankungen.

Ammoniumfrachten und -konzentrationen in den 3 Subsystemen Kanalisation, Kläranlage und Fliessgewässer wurden in [5] unter Berücksichtigung der dynamischen Wechselwirkungen modelliert. Grundlage bildeten Messdaten, die bei Regenereignissen erhoben wurden (Fig. 2), ein typischer Schmutzwasser-Tagesgang und eine virtuelle Kläranlage, die mit ASIM [6] als nitrifizierende Anlage modelliert wurde. Dabei wurden Effekte der Regenwetterbelastung wie der Ammoniumausstoss aus dem Vorklärbecken

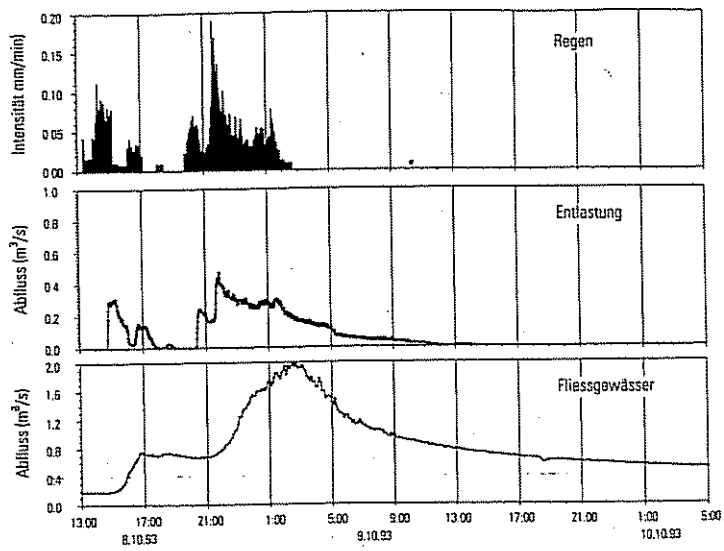


Fig. 2
Quantitative Erfassung des Niederschlagsereignisses vom 8.10.1993 in Fehraltorf.

ins Belüftungsbecken, die Schlammverlagerung vom Belüftungsbecken ins Nachklärbecken oder die Reduktion der Belebtschlammaktivität aufgrund des Einbaus partikulärer Stoffe in die Bakterien berücksichtigt.

Fig. 3a zeigt die zeitlichen Verläufe der Frachten in der Mischwasserentlastung und im Kläranlagenablauf. Die ersten beiden NH_4-Entlastungsspitzen von Stunde 2 bis 5 und von Stunde 8 bis 12 nach Ereignisbeginn korrelieren direkt mit den Entlastungs-Volumenströmen. 20 Stunden nach Ereignisbeginn bildet sich jedoch trotz kontinuierlich rückläufigem Entlastungsabfluss ein weiterer Frachtstoss aus, der ausschliesslich durch die Morgenspitze des Schmutzwasser-Tagesganges induziert wird.

Die NH_4-Fracht aus der Kläranlage widerspiegelt zeitverzögert den Schmutzfracht-Tagesgang. Am Tag nach dem Regen erreicht die Spitze sogar leicht höhere Werte als am ersten Tag. Die hydraulische Belastung der Kläranlage entspricht infolge des gesteigerten Fremdwasserzuflusses auch geraume Zeit nach dem Regenende noch dem Regenwetteranfall, während die Aktivität des Belebtschlammes der vermehrten Einlagerung partikulärer Stoffe wegen noch reduziert ist.

Wird nun der Abfluss im Fliessgewässer zu einer Mischrechnung herangezogen, ergeben sich die in Fig. 3b dargestellten Konzentrationsverläufe. Der zweite Tag verliert offensichtlich an Bedeutung, da der Abfluss im Fliessgewässer nach der ersten Entlastung anzusteigen beginnt, nach 20 Stunden sein Maximum erreicht und anschliessend nur allmählich abklingt. Der Abfluss beträgt zwischen Stunde 24 und 30 immer noch gut das Vierfache des Basisabflusses zu Beginn des Ereignisses und vermag die am zweiten Tag auftretenden Konzentrationen zu vermindern. Die maximale Ammoniumbelastung bei Stunde 2 lässt sich nur durch eine Reduktion des Regenwasserabflusses mittels vermehrter Versickerung massgeblich entschärfen.

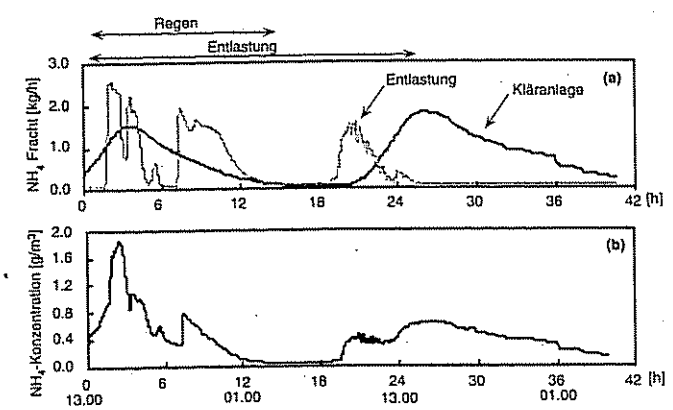


Fig. 3
a) Ammoniumfrachten aus Entlastung und Kläranlage
b) Konzentrationsverlauf im Fliessgewässer.

Umsetzungen

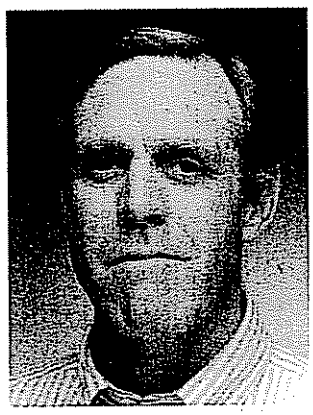
Unter dem Licht zunehmender Kenntnisse dynamischer Wechselwirkungen erscheint eine integrale Betrachtung der Siedlungswasserwirtschaft als folgerichtig. Werden die Systemgrenzen erweitert, können Interaktionen mit angrenzenden Subsystemen gemessen und eventuell modelliert werden, um neue Handlungsoptionen aufzuzeigen.

Die Aneignung entsprechender Kompetenz geschieht nicht einfach durch die Definition erweiterter Systemgrenzen. Dies erfordert einen langfristigen Prozess, bei dem Fachleute aus den Gebieten Trinkwasser, Abwasser, Grundwasser und Limnologie gemeinsam Konzepte erarbeiten, die gleichzeitig die Grundforderungen an die Siedlungswasserwirtschaft erfüllen, das Grundwasser als wertvolle Ressource besser schützen und Wege aufzeigen, wie das Fliessgewässer – anstatt als Transportsystem genutzt – als Ökosystem bewahrt oder gegebenenfalls gefördert werden kann. Die Wissenschaft ist nicht zuletzt auf innovationsfreudige Behörden auf Kantons- und Gemeindeebene angewiesen, die bei Entwurf und Umsetzung neuer Konzepte tatkräftig mitarbeiten.

[1] Hörler A. (1966). *Kanalisation.* Ingenieur-Handbuch, Band II.
[2] VSA (1989). Genereller Entwässerungsplan (GEP). Verband Schweizerischer Abwasserfachleute, Zürich.
[3] Krejci V., Fankhauser R., Gammeter S., Grottker M., Harmuth B., Merz P. und Schilling W. (1994). *Integrierte Siedlungsentwässerung, Fallstudie Fehraltorf.* Schriftenreihe EAWAG, Nr. 8.
[4] Boller M. und Häfliger M. (1996). Verbleib von Schwermetallen bei unterschiedlicher Meteorwasserentsorgung. Gas-Wasser-Abwasser, *76* (1), 3–15.
[5] Krebs P., Krejci V., Fankhauser R. und Siegrist H. (1996). Reducing the overall impact on a small receiving water. Int. Conf. on Urban Storm Drainage, 9.–13. September 1996, Hannover.
[6] Gujer W. (1990). ASIM – activated sludge simulation program. MS DOS, public domain.

Bruce R. James

Boden, Wasser und Zivilisationen



Bruce R. James

Professor für Bodenchemie
College of Agriculture and Natural Resources
University of Maryland
College Park, Maryland 20742, USA
Tel. 001 301 405 1345
Fax 001 301 314 9041
E-mail bj5@umail.umd.edu

Das Thema und die Ideen zu diesem Artikel entwickelte der Autor während seinem Arbeitsaufenthalt an der EAWAG 1994 und 1995. Der Autor baut zurzeit ein internationales Zentrum für Bodenkunde und Gesellschaft auf, um Fragestellungen, wie sie in diesem Artikel gestellt wurden, mit Fachleuten aus den Gebieten der Boden- und Wasserkunde, Umweltgeschichte, ökologischen Ethnologie und der Umweltethik zu erörtern.

Die Ackerbausysteme von Zivilisationen, die inzwischen untergegangen sind (die mesopotamische, die römisch-griechische sowie die der Maya), ahmten bis zu einem gewissen Grad regionale selbsterhaltende Pflanzengesellschaften nach. Waren übermässige Nutzung, d.h. drastische Störungen der Boden-Wasser-Pflanzen-Beziehungen, ein Grund für den Untergang dieser Zivilisationen? Verbinden wir die Beschreibung dieser Störungen mit neuen Theorien über die Stabilität von Ökosysteme, ergeben sich Hinweise über den Schutz und die Erhaltung von ökologischen Systemen und natürlichen Ressourcen.

Die Verbindung zwischen ökologischen Konzepten und der Geschichte der Zivilisationen könnte bei der Überprüfung heutiger Umweltprobleme, die sich auf die Ressourcen Wasser und Boden beziehen, lehrreich sein. Solche Querverbindungen fehlen meistens im Unterrichtsstoff, in den Beiträgen der Massenmedien sowie in öffentlichen Debatten. Auch unser Denken über die Nutzung und Erhaltung von Land und Wasser kann im Licht neu erscheinender Gesetzmässigkeiten der Ökologie betrachtet werden. Das Ziel dieses Beitrags ist, vorbildliche Boden-Wasser-Systeme alter Zivilisationen sowie neue Gesetzmässigkeiten ökologischer *Sensitivität* (dem Grad, bis zu welchem ein Ökosystem sich verändert als Folge natürlicher oder anthropogener Einwirkungen) und *Resilienz* (Fähigkeit des Ökosystems, Veränderungen zu absorbieren, zu nutzen und sogar von ihnen zu profitieren) so zu beschreiben, dass das kreative Denken und die Diskussion in den Gebieten der Wasserressourcen-Bewirtschaftung, der Bodenkunde und der Umweltgesetzgebung angeregt wird.

Modelle natürlicher ökologischer Veränderung

Wenn ein Ackerfeld während einigen Jahren unbepflanzt gelassen wird, fängt der natürliche Prozess der Sukzession an, indem Unkräuter und andere kolonisierende Pflanzenarten ihre natürliche Pflanzengesellschaften etablieren. Diese Gesellschaften wandeln sich über die Jahre langsam, verschiedene *Pionierstadien* lösen einander während Jahrzehnten ab (Tab. 1). Das unbebaute Feld weist mehrere aufeinanderfolgende Pionierstadien auf, bevor eine selbsterhaltende Pflanzengesellschaft ein natürliches Gleichgewicht erreicht; diese wird *Klimaxgesellschaft* genannt [1].

Pionierstadien unterscheiden sich von der Klimaxgesellschaft in vielen wichtigen Gesichtspunkten, die alle mit der Komplexität der Nahrungsnetze, der Biomasse pro Energiefluss-

Tab. 1
Ausgewählte Kennzeichen von Pionierstadien und Klimaxgesellschaften, basierend auf das klassische Modell von Ökosystemabfolge über Jahrzehnte und Jahrhunderte. Die Anzahl Jahre bis die selbsterhaltende Gesellschaft erreicht wird, ist für jede Gegend anders.

Kennzeichen	Pionierstadien	Klimaxgesellschaft
Ertrag	hoch	niedrig
Nahrungskette	linear	netzartig
Biomasse pro Energieflusseinheit	niedrig	hoch
Anorganische Nährstoffe	extrabiotisch	intrabiotisch
Artenvielfalt	niedrig	hoch
Mineralstoffkreisläufe	offen	geschlossen
Symbiose	unterentwickelt	vorhanden
Nährsftofferhaltung	schlecht	gut
Stabilität	niedrig	hoch
Entropie	hoch	niedrig

Jahre*	0	1	2–20	25–100	150 +	100e
Pflanzengesellschaft	leeres Feld	Gräser	Gebüsch	Nadelwälder	Eiche-Hyckorynuss	??

* Jahre für den Übergang in die nächsthöhere Pflanzengesellschaft (am Beispiel USA).

Typische Sukzession von Pionierpflanzengemeinschaften, die sich – ungestört – in ein leeres Feld in den gemässigten, feuchten Gebieten von Nordamerika oder Nordeuropa über Jahrzehnte und Jahrhunderte ansiedeln würden.

einheit, der Quellen anorganischer Nährstoffe für das Pflanzenwachstum, der Entwicklung von Symbiosen, der Artendiversität und der Erhaltung von Nährstoffen zusammenhängen (Tabelle 1). Dieses klassische Modell der ökologischen Sukzession setzt konstante Umweltbedingungen und Stabilität der Klimaxgesellschaft voraus, vergleichbar mit dem dynamischen Gleichgewicht einer chemischen Reaktion. In dieser können keine Netto-Veränderungen der Konzentrationen von Ausgangsstoffen oder Produkten beobachtet werden. Die Klimaxgesellschaft wird als resistent gegenüber Störungen («gut gepuffert» im chemischen Sinne) betrachtet, d.h. sie ist langlebig. Im Gegensatz dazu werden die Pionierstadien aufgrund ihrer schlecht entwickelten Abwehrmechanismen gegenüber Veränderungen und Beeinträchtigungen als weniger stabil betrachtet.

Dieses Modell der ökologischen Sukzession hat auch das Denken über das Verhältnis des Menschen zu natürlichen Systemen bestimmt. Es wurde aber neuerdings in Frage gestellt als eine zu unrealistische und ungenaue Beschreibung von natürlichen Ökosystemen [2]. Neues Denken und neue Forschungen in der Ökologie zeigen uns, dass die Stabilität eines Ökosystems eine Funktion wiederholter Erholung von Störungen ist; somit ist die Erholungsdynamik der Schlüssel zum Verstehen der involvierten Prozesse. Feuer, Überschwemmungen, Flusserosion, Bodenerosion, Dürre und Temperaturextreme sind alles Beispiele natürlicher und durch den Menschen verursachter Störungen, die die räumliche und zeitliche Vielfalt der Ökosysteme erhöhen. Diese schaffen Möglichkeiten für die Kolonisation durch Organismen. Somit fördern sie die Biodiversität und die Stabilität ganzer Ökosysteme. Solche Ungleichgewichts-Modelle der Funktionsweise von Ökosystemen sind hilfreich für das Verständnis, wie die Entwicklung von langandauernden Zivilisationen abhängig gewesen war von drastischen und absichtlichen Eingriffen in die Boden-Wasser-Systeme, die mit der landwirtschaftlichen Produktion und die Entstehung der Stadt assoziert sind.

Entstehung und Untergang von Zivilisationen: die Rolle menschlicher Eingriffe in das Ökosystem

Wie wurden Böden, Wasservorräte und Ökosysteme absichtlich durch den Menschen verändert, um das Wachstum der Zivilisationen zu ermöglichen? Könnten Antworten zu dieser Frage uns beim Einschätzen der heutigen und zukünftigen Beziehungen des Menschen zu natürlichen Systemen nützlich sein?

Eine «Zivilisation» ist «eine komplexe soziopolitische Form, die durch die Institutionen des Staates und der Existenz einer eigenen «grossen Tradition» definiert ist (edle Werte und Verhaltensweisen, die aus Volkstraditionen entstehen und die als spezifische Rituale, Kunst, Schrift und andere symbolische Formen zum Ausdruck kommen)» [3].

Am Beispiel von drei Zivilisationen, die innerhalb gestörter Boden-Wasser-Systeme entstanden sind, wird hier erläutert, wie geographische Lage, Bodenressourcen, Wasservorrat, Klima und Klimaxgesellschaft die menschliche Kulturentwicklung jeweils geprägt haben.

Mesopotamien

Dieses von Dürren bedrohte Trockengebiet, das als «Land zwischen den zwei grossen Strömen» bekannt ist, der Ort des ersten (bekannten) Ackerbaus vor zehn Jahrtausenden, ist das genetische Urprungszentrum der Gerste *(Hordeum vulgare* L.), des Weizens *(Triticum aestivum* L.), und der Dattelpalme *(Phoenix dactylifera* L.). Breit angelegte Hochwasserverbauungen und Wasserverteilsysteme waren notwendig, um diese Feldfrüchte anzubauen. Diese ermöglichten die Entstehung der berühmten Zivilisationen des fruchtbaren Halbmondes vor rund zehn Jahrtausenden [4]. Wasserkontrollsysteme aus Dämmen und Kanälen wurden zwischen den Flüssen auf den unfruchtbaren Ebenen aus Sümpfen und anderen Böden gebaut, die zuerst entweder zu nass oder zu trocken für den regelmässigen Anbau waren.

In Assyrien und Babylonien hat das ca. 40'000 km^2 grosse und bewässerte Land 15–20 Millionen Menschen ernährt, die in und um die ersten Städte von Niniveh und Babylon lebten. Viele der ersten grossartigen Kulturtraditionen wurden in Mesopotamien entwikkelt, inklusive der Herstellung von Stoff (ca. 8000 v. Chr.), das Töpfern (erstes von Menschenhand erzeugtes Material, das technisches Können, oder «know-how», verlangt) sowie die Keilschrift (frühestes Beispiel wiederholter Verwendung der gleichen Symbole in verschiedenen Wörtern). Als Folge des Handels mit den Produkten des bewässerten Ackerbaus sind die Begriffe des «Manntages», der Gewerbslehre, der Buchhaltung und des Privatbesitzes entstanden. Unterstützung für älterwerdende Eltern durch ihre Kinder, viele Rechte (z.B. Landbesitz für Frauen und das Recht der Witwen, wieder zu heiraten) wurden in diesen Gesellschaften institutionalisiert.

Intensive und extensive Wasser- und Bodenbewirtschaftung waren entscheidend für eine erfolgreiche landwirtschaftliche Produktion. Zudem wurden Sklaven eingesetzt, um den fortwährend akkumulierenden Schlamm wegzuschaffen, der mit dem Wasser der Flüsse Tigris und Euphrat in die Bewässerungskanäle und Gräben gelang. In diesem trockenen Klima ist als Folge der regelmässigen und langdauernden Wasserzugabe der Salzgehalt im Boden gestiegen. Dies bewirkte eine Verschiebung von Weizen zur salz-toleranteren Gerste als wichtigste Feldfrucht. Die Gerste wurde zu einem Hauptnahrungsmittel und wurde in verschiedenen Produkten verwendet, vom Brot bis zum Bier. Die salz-tolerante Dattelpalme lieferte viele andere wichtige Nahrungsmittel.

Gerste ist intolerant gegenüber schlecht entwässerten Böden und anaerobischen Bedingungen in ihrer Wurzelzone. Da die Salinität mit gleichmässig steigendem Wasserspiegel

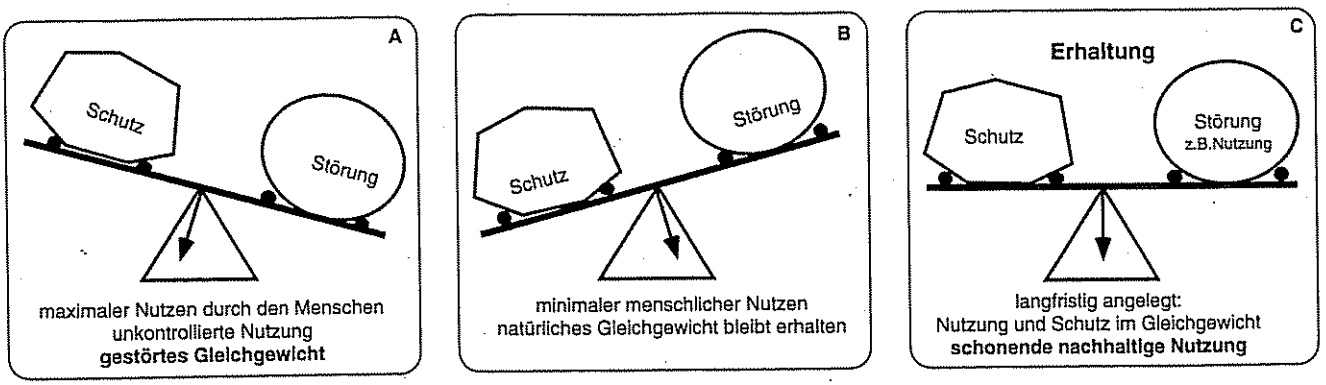


Fig. 1
An den jeweiligen Enden dieses Schaukelmodells sitzen «Schutz» und «Störung» als zwei mögliche Arten, wie der Mensch Ökosysteme nutzen und verändern kann. Wenn sie in Richtung Störung kippt (A), brechen die natürlichen Gleichgewichte zusammen und die Nutzung durch den Menschen wird maximiert.

Falls sie in Richtung Schutz kippt (B), gibt es einen minimalen Nutzen für den Menschen, die natürlichen Gleichgewichte bleiben erhalten und die Folgen natürlicher Veränderungen werden toleriert.

Wenn Schutz und Störung ins Gleichgewicht kommen (C), können die Ressourcen gleichzeitig erhalten und genutzt werden und das Konzept der «Erhaltung» ist anwendbar. Schutz im Sinne der Erhaltung beinhaltet eine schonende, nachhaltige Nutzung. Sie verbindet eine Nutzung durch den Menschen mit dem Gedanken des Naturschutzes auf eine dauerhafte Art.

gestiegen ist, und der Boden zudem nicht entwässert wurde, verminderten sich in der Folge die Gerstenerträge während Jahrzehnten und -hunderten. Auf die sinkenden Erträge wurde mit einer Ausdehnung der bewässerten Anbaufläche reagiert; eine Völkerwanderung als Folge solcher Veränderungen konnte aber nicht nachgewiesen werden.

Diese Zivilisation ging im Verlauf des 3. Jahrtausends v. Chr. unter, teilweise aufgrund der kumulierten Folgen der Verschlammung von Flüssen und Bewässerungsanlagen, der Bodenversalzung und des Anstiegs des Grundwasserspiegels bis zu einem Meter unter der Oberfläche [4]. Die erfolgreiche Nutzung der Boden- und Wasserressourcen durch menschliche Eingriffe in dieser ersten, auf Ackerbau beruhenden Zivilisation trug auch die unsichtbaren Keime ihres Unterganges Jahrtausende später in sich.

Das Mittelmeer

Im Gebiet rund um das Mittelmeer (genannt *Mare Mediterraneum*, «das Meer zwischen den Ländern») reagierten die alten Zivilisationen Griechenlands und Roms anders auf die Einschränkungen der Wasser- und Bodenressourcen als diejenige Mesopotamiens [5]. Im Gegensatz zum trockenen Klima Mesopotamiens mit seiner salzhaltigen, durch Erosion fast unangetasteten Erde, verursachte das xerische Klima des Mittelmeers (trockene Sommer und nasse Winter) und die hügelige Topographie der griechischen und römischen Halbinseln eine Erosion der flachgründigen, relativ unfruchtbaren Böden des Mittelmeers. Die gewaltigen, seit Jahrtausenden betriebenen Rodungen der Wälder im ganzen Mittelmeerbecken (als Holzquelle für Schiffsbau und Bauten sowie Brennholz) haben die Entstehung dieser bodenklimatischen Verhältnisse zumindest beschleunigt. Diese Bedingungen liessen eine Klimax-Pflanzengesellschaft entstehen, die vor allem durch weit auseinanderstehende, relativ kleine Bäume geprägt ist. Die Weintraube *(Vitis spp.)* und Olive *(Olea europaea)* simulierten diese Art von Klimaxgesellschaft. Sie konnten im Mittelmeerraum mit Erfolg gezüchtet werden. Es war möglich, Handel auf dem Mittelmeer zu treiben. Eine kommerzielle Landwirtschaft entwickelte sich, teils als Folge der limitierten und abgewerteten Bodenressourcen der griechischen und römischen Halbinseln [6]. Die Herstellung von Wein und Olivenöl war eine Voraussetzung für den Transport und das Aufbewahren von Trauben und Oliven.

Eines der Resultate des ausgedehnten Handels und des Handelsverkehrs auf dem Mittelmeer war der Kontakt mit neuen Sprachen und Ideen und ihre schnelle Verbreitung. Neue Regierungsformen sind entstanden, in denen der Wert des Individuums in der Gesellschaft immer mehr Bedeutung erlangte, besonders in Griechenland. Einige der ersten Bücher auf Lateinisch enthielten Ratschläge über Boden- und Ackerbewirtschaftung auf den *latifundia* (grosse Bauernbetriebe, auf welchen Oliven und Trauben kommerziell produziert wurden). Militärische Einsätze waren notwendig, um Land in Nordafrika zu kontrollieren, welches für die Getreideproduktion gebraucht wurde. Die unterworfenen Leute wurden dabei gezwungen, Getreide im Tausch gegen Olivenöl und Wein zu verkaufen.

Flachgründige, unfruchtbare Böden bei den alten Zivilisationen rund um das Mittelmeer bedingten, zusammen mit den erosionsfördenden Niederschlägen eine auf den Handel ausgerichtete Landwirtschaft, die die Leute vom Land weg in den maritimen Handel trieb. In diesem Sinne waren die Boden-Wasser Verhältnisse ein wichtiger Faktor für die Entwicklung dieser Kulturen, für ihre Interaktionen mit anderen Kulturen und, möglicherweise, für die Abnahme der Ressourcengrundlage der griechischen und römischen Halbinseln. In diesem Fall war die Wasserbewirtschaftung nicht intensiviert worden als Reaktion auf eine verschlechterte Boden-Wasser-Situation, sondern auf den zunehmenden Handel mit haltbaren Produkten.

Für den Untergang dieser Zivilisationen gibt es viele mögliche Gründe, die auch bei vielen historischen Erörterungen zur Diskussion stehen. Die

Rolle der schlechten Ressourcenbewirtschaftung, hingegen, verdient eine sorgfältigere Betrachung, besonders im Zusammenhang mit den komplexen Interaktionen zwischen Boden und Wasser bei diesen Zivilisationen.

Das Zentralamerikanische Tiefland

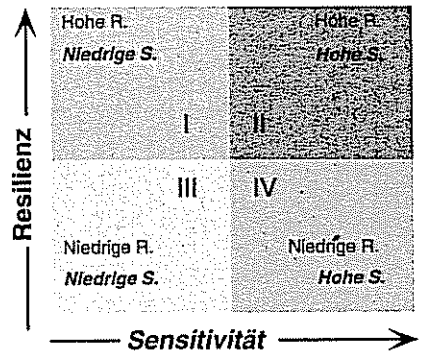
Das Volk der Maya im tropischen Regenwald der Tieflandebenen Zentralamerikas (im heutigen Guatemala, Belize, Mexiko und Honduras) hatte eine intensive hydraulische Ackerbaumethode entwickelt, wobei erhöhte flache Erdhügel als Pflanzbeete verwendet wurden, ein System, das als «Bewässerung mit Luft» bezeichnet werden könnte. In diesen Gebieten, bestehend aus schlecht drainierten Böden und Feuchtgebieten, war eine grossangelegte nachhaltige landwirtschaftliche Produktion unter natürlichen Bodenbedingungen unmöglich [6–8]. Hier fällt 80% des jährlichen Niederschlags (d.h. bis zu drei Meter) zwischen Mai und November, in der Wachstumssaison für die Hauptfeldfrucht Mais *(Zea mays* L.). Die Konstruktion der erhöhten Beete war arbeitsintensiv. Weder spezielle Maschinen noch importierte Düngemittel waren dafür notwendig. Diese Systeme der Nahrungsmittelproduktion und der Boden- und Wasserbewirtschaftung erlitten keine Versalzung. Der Fruchtbarkeitsverlust durch Auswaschung (massive Regenfälle), Ernte (Mais verbraucht viel Stickstoff) und Unkraut wurde durch wiederholtes Mulchen mit Teichrosen (Nymheacea) und anderem Pflanzenmaterial aus den Entwässerungskanälen wettgemacht.

Die Regenwaldvegetation wurde für das Wachstum der Städte und für die Landwirtschaft kahlgeschlagen. Mais war eine endemische Pflanze in Zentralamerika, die erfolgreich mit dem oben beschriebenen System (von 2500 v. Chr. bis 800 n. Chr.) gezüchtet werden konnte. In diesem Fall wurde der Produktion von Nahrungsmittel, und damit auch dem Wachstum der Städte, durch den Übersschuss an Wasser kontinuiertlich klare Grenzen gesetzt.

Innerhalb der Städte wurden wichtige Errungenschaften erreicht, in der Mathematik, der Schrift und der Astronomie. Die landwirschaftliche Produktion sowie die Strategien der Boden- und Wasserbewirtschaftung waren scheinbar effizient und hätten die grosse, nicht landwirschaftlich produktive Stadtbevölkerung während einer viel längeren Zeit, vielleicht unbeschränkt, ernähren können. Es ist unklar, wieso die Zivilisation der Maya nach 800 n. Chr. so rasch untergegangen war. Es ist aber offensichtlich, dass es einen Zusammenhang zwischen der autokratischen Gesellschaftsstruktur mit ihren hochentwickelten kulturellen Entwicklungen und der intensiven Bewirtschaftung der schlecht drainierten Böden in einem tropischen Klima gibt. Ein umfassendes System der Boden- und Wasserbewirtschaftung war entwickelt worden, das scheinbar nachhaltig war; es gibt weder Indizien für seinen Untergang noch für eine Misswirtschaft durch die Maya. Heute liegen diese Strukturen der Boden- und Wasserbewirtschaftung verlassen da, sie könnten aber in Zukunft erneut zu einer wiederbelebten Wasser- und Bodenressource in diesem Gebiet beitragen [9].

Heuristische Lehren und Konzepte

Wie können die neu entstehenden Theorien über Veränderung und Stabilität von Ökosystemen mit diesen historischen Beispielen menschlichen Eingreifens in den Boden-Wasser-Systemen miteinander verknüpft werden, um bei den gegenwärtigen Problemen Entscheidungen in der Boden- und Wassernutzung und -bewirtschaftung in die richtigen Bahnen zu lenken? Rechtfertigen diese ökologischen und historischen Beispiele einen uneingeschränkten gedankenlosen Verbrauch natürlicher Ressourcen in Zukunft? Können wir annehmen, dass sich beeinträchtigte Ökosysteme zurück zur Stabilität erholen werden und dass



Tab. 2
Sensitivität- und Resilienz-Matrix: Boden-Wasser-Systeme, die eine tiefe Sensitivität und eine hohe Resilienz besitzen (I) sind solche, die der Mensch stören darf, hingegen sollten diejenigen mit hoher Sensitivität und tiefer Resilienz (IV) vor menschlichen Eingriffen geschützt werden. Die Kombinationen hohe Sensitivität–hohe Resilienz (II, z.B. Feuchtgebiete) und tiefe Sensitivität–tiefe Resilienz (III, z.B. Wüste) sind Fälle, die zwischen den beiden Extremen liegen.

unsere modernen Zivilizationen parallel zum Verbrauch von Boden- und Wasserressourcen unverändert fortschreiten?

Eine bildliche Metapher einer Wippschaukel stimuliert, über diese Fragen nachzudenken (Fig. 1). Da es auf dieser Wippschaukel viele Positionen gibt und da es ein kontinuierliches Hin und Her zwischen Störung und Schutz gibt, ist hier die Frage, wie können Entscheidungen über die «richtige» oder «erwünschte» Position in diesem Modell gefällt werden? Sollte eine gegebene Position stur festgelegt werden oder soll Flexibilität in Bezug auf die Zeit und auf die verschiedenen Kulturen, die von bestimmten Boden-Wasser-Systemen getragen werden, vorherrschen?

Kombinieren wir zur Beantwortung das Konzept der Wippschaukel mit einer Entscheidungsmatrix mit den zwei Gegensatzpaaren, den Begriffen «Sensitivität» und «Resilienz» auf hohen und tiefen Niveaus (Tab. 2).

Die Art und Weise, wie Sensitivität und Resilienz der Boden- und Wasserressourcen wahrgenommen, definiert und quantifiziert werden sollen, ist eine Herausforderung für die Umweltwissenschaften, Leute, die die natürlichen Ressourcen bewirtschaften, Ämter, Vollzug und die allgemeine

Bevölkerung. Die historischen Beispiele zeigen, dass die menschliche Nutzung und Bewirtschaftung der Wasserressourcen, in Übereinstimmung mit den Böden bestimmter Gebiete, eine zentrale Rolle bei der Entwicklung, dem Fortbestehen und dem Untergang komplexer, auf die Stadt bezogene Zivilisationen spielen. Wir müssen diese Art von Empfindlichkeit oder Sensitivität unserer eigenen Boden- und Wasserressourcen definieren und versuchen zu verstehen, wie widerstandsfähig sie sind, wenn sie genutzt, geschützt und erhalten werden, in den industrialisierten Ländern wie in den Entwicklungsländern. Da Wasser oft als eine erneuerbare Ressource innerhalb des hydrologischen Kreislaufes betrachtet wird, und da Bodenentstehung und -erneuerung von den meisten Leuten in der modernen Gesellschaft kaum verstanden werden, wird oft nicht erkannt, dass Wasser- und Bodenverhältnisse unseren Lebensstandard mitbestimmen.

[1] E.P. Odum (1969), The strategy of ecosystem development, Science, *164*, 262–270

[2] S.R. Reice (1994), Nonequilibrium determinants of biological community structure, Am. Scientist, *82*, 424–435.

[3] Council of Biology Editors (1994), *Scientific Style and Format*, 6th Edn., Cambridge Univ. Press.

[4] D. Hillel (1994), *Rivers of Eden*, Oxford University Press, New York; and W.C. Lowdermilk (1953), *Conquest of the Land through 7,000 Years*, Agric. Bull. No. 99, U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, Washington, DC.

[5] M.J. Cary and T.J. Haarhoff (1961). *Life and thought in the Greek and Roman World*, University Paperbacks, Methuen, London.

[6] Hyams, E. (1976), *Soil and Civilization*, Harper and Colophon Books, New York.

[7] Peter A. Furley, Ed. (1989) Advances in Environmental and Biogeographical Research in Belize, Chapter 5, Biogeographical Monographs No.3, Univ. of Edinburgh.

[8] K.V. Flannery (ed.) (1982), *Maya Subsistence*, Academic Press, New York.

[9] D.J. Hillel (1991), *Out of the Earth*, The Free Press, New York.

[10] P. Blaikie, and H. Brookfield (1987) *Land Degradation and Society*, Methuen, London.

Gespräch mit der Biochemikerin Joan Davis

Zum Umgang mit Zahlen und Zielen

Dein Hauptarbeitsgebiet gilt den Fliessgewässern – was beinhalten Deine gegenwärtigen Forschungsaktivitäten?

Im Vordergrund steht die Arbeit über den Zustand der Fliessgewässer. Dabei geht es einerseits um Änderungen der anthropogenen Belastung in den Flüssen und andererseits um die Erforschung der natürlichen Einflüsse, welche hinter den Fluktuationen der Konzentrationen oder den physikalischen Parametern (z.B. der Leitfähigkeit) stehen. Diese zweite Ebene unterstützt die erste: der Einblick in die Ursachen der Fluktuationen trägt wesentlich dazu bei, die Daten über die anthropogene Belastung zweckmässiger und aussagekräftiger zu interpretieren. Dies bedeutet vor allem, feststellen zu können, wo jeweils eine Belastung wirklich zunimmt (siehe z.B. Temperaturanstieg, Fig. 1) oder auch, wo sich die Wirkung von Gewässerschutzmassnahmen zu zeigen beginnt.

Die meisten der untersuchten Fliessgewässer sind Teil des Programms «Nationale Daueruntersuchung der schweizerischen Fliessgewässer» (NADUF). Dies ist ein seit 20 Jahren bestehendes gemeinsames Projekt mit dem BUWAL und der Landeshydrologie, an dem von seiten der EAWAG auch Prof. Laura Sigg, Dr. Jürg Zobrist, Dr. Adrian Ammann sowie ihre MitarbeiterInnen, die für die Analytik und Datenprüfung zuständig sind, beteiligt sind. Die Kooperation aus diversen Blickwinkeln im Hause wie auch bei den anderen Stellen führte zu einem sehr zweckmässigen Konzept wie auch zu gut funktionierenden Einrichtungen an den Messstationen, welche nicht nur zuverlässige Routine-Probenahmen ermöglichen, sondern auch zu Forschungszwecken bei aktuellen Fragen über anderen Substanzen eingesetzt werden können.

Ein zweites Langzeitprojekt, das Wichtiges zum Verständnis des Verhaltens von biogeochemischen Stoffen und physikalischen Parametern in Fliessgewässern beigetragen hat, ist das Alptal Projekt an der WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf). Seit Beginn der Arbeit an NADUF bestand ein fruchtbarer Gedanken- und Datenaustausch mit Hans Keller, dem ehemaligen Leiter des Projekts. Nach seinem tödlichen Unfall in den Bergen vor 3 Jahren versuchten wir – d.h. einige seiner Kollegen und ich – mit seinen Auswertungsarbeiten fortzufahren. Daraus entstand eine Forschungsarbeit, in der wir die kleinen, anthropogen wenig belasteten Fliessgewässer mit den grösseren, z.T. stark belasteten vergleichen. Mit dem Ziel, die natürlichen und anthropogenen Einflüsse zu erfassen, die bei den Fluktuationen der Konzentrationen eine Rolle spielen.

Nach dem Chemiestudium promovierte Joan Davis 1965 in Biochemie an der Ohio State University. Ihre Postdoc-Arbeit führte sie nach England und danach für zwei Jahre in die Schweiz. Zusammen mit Samuel Mauch erhielt sie für die Arbeit «The Basis for a Blueprint for Progress in Switzerland» den 1975 erstmals vergebenen internationalen Mitchell-Preis für Arbeiten über Nachhaltigkeit.
Seit 1970 an der EAWAG, lehrt sie seit 1975 an der ETHZ (Abt. Elektrotechnik, später Chemie und Umweltnaturwissenschaften). Gastprofessur an der Technischen Universität Berlin 1985–1986, Gastdozentin an der Gesamthochschule Kassel 1987–1988, auch Dozentin an der Universität von Zürich seit 1989 und seit 1996 an der Universität Basel.
Sie ist Mitglied folgender Kommissionen:

- *Arbeitsgruppe «Forschungspolitische Früherkennung» des Schweiz. Wissenschaftsrates*
- *Arbeitsgruppe für operationelle Hydrologie (adm. Leitung: Landeshydrologie)*
- *Schweizerische Kommission für Umweltbeobachtung der SANW (SKUB).*
- *Wiss. Beirat des Projektes «Sustainable Germany» am Wuppertal Institut*
- *Expertenkommission der Forschungstiftung Mensch – Gesellschaft – Umwelt (Universität Basel)*
- *International Network of Resource Information Centers (INRIC, oder besser bekannt als Balatongruppe), New Hampshire (USA)*

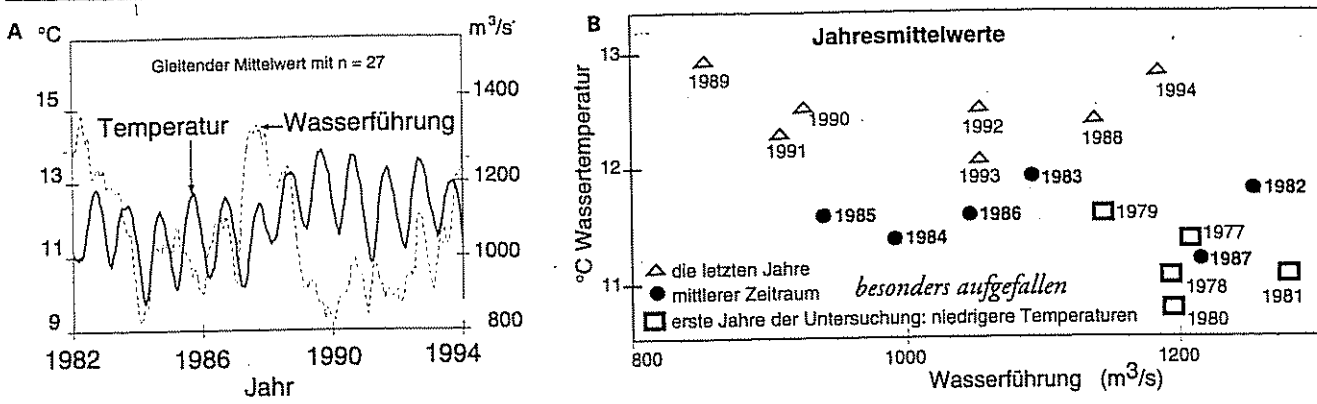


Fig. 1
Nicht nur Nährstoffe oder andere Substanzen geben Hinweise auf Einflüsse auf die Gewässer und deren Zustand – auch die Wassertemperatur ist ein wichtiger Indikator dafür. In der Graphik links (A) ist trotz starker jahreszeitlicher Fluktuationen eine Temperaturzunahme deutlich erkennbar. Die Graphik rechts (B) bringt dies noch klarer zum Ausdruck: Sie vergleicht die Temperaturen bei Jahren mit gleichen Wasserführungen. Der Anstieg ist signifikant: fast 2 Grad, wovon nur ein sehr kleiner Teil auf direkte anthropogene Einflüssen zurückzuführen ist. [Rhein: Village-Neuf, unterhalb Basel]. Was bedeutet wohl diese schnelle Erwärmung u.a. für die Anpassung der Lebensgemeinschaften im Fliessgewässer? [6]

Die Arbeit über den Zustand der Fliessgewässer hatte zur Folge, dass ich mich mit der Zeit auch für eine andere, weniger messbare Ebene zum Schutz der Gewässer einsetzte. Dies bedeutet eine Auseinandersetzung mit den Ursachen von Belastung und Beeinträchtigung, um Massnahmen an der Quelle ausarbeiten und einsetzen zu können. Ein solcher Ansatz ist ein elementarer Bestandteil der heutigen Bemühungen, die Lebensdauer der Rohstoffvorräte zu steigern und das Ausmass der Umweltbeeinträchtung zu senken. In diesem Zusammenhang habe ich es als sehr befruchtend empfunden, in dem wissenschaftlichen Beirat des Projekts «Zukunftfähiges Deutschland» am Wuppertal Institut [1] teilnehmen zu können. Hinzu kamen zwei weitere Projekte zum Thema Wasser und Nachhaltigkeit, denen es ein ausgesprochenes Anliegen ist, den Entscheidungsträgern Ergebnisse und Problemeinschätzungen aus wissenschaftlicher Sicht verfügbar zu machen: eines für den «Wiss. Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen» [2] und ein weiteres zu Umweltindikatoren für Entscheidungsträger in der Europäischen Union.

Welches ist der «rote Faden» durch Deine Arbeit an Fliessgewässern?

Es handelt sich eher um einen «Zopf» als um einen Faden – ich sehe drei Hauptsträhnen. Zwei haben mit der Interpretation zu tun – zum einen mit der *Erfassung des Zustands der Gewässer* und zum anderen mit *Hinweisen auf Probleme* oder auch *auf die Zustandsbesserung*. Bei der dritten Strähne geht es darum, die *Aussagekraft der Auswertungen zu erhöhen* und die Aussagen auch für Nicht-Fachleute verständlich darzustellen. Diese Bemühung hat einen geschichtlichen Hintergrund: Früher war die Statistik das Hauptwerkzeug der numerischen Auswertungen. Die Streuung, d.h. die Abweichung von einem normierten Verhalten, war ein wichtiges Beurteilungskriterium. Diese Angaben enthüllten allerdings kaum etwas über das «Verhaltensmuster» des Gewässers, und führten selten zu einem genügenden Verständnis, um die kurzfristigen Fluktuationen von längerfristigen Änderungen zu unterscheiden. Um einfache graphische Darstellungen hat man sich zwar schon längere Zeit bemüht; doch, auch wenn diese die Forderung nach Verständlichkeit erfüllen, so stellen sie die Materie doch häufig zu vereinfacht dar, was wiederum zu Fehlinterpretationen führen kann. Deshalb wollte ich bei meinen Auswertungen die Komplexität der Einflüsse auf Fliessgewässerinhaltsstoffe überschaubar und nachvollziehbar gestalten. Dafür brauchte es neue Darstellungsarten, (siehe Fig. 2 als Beispiel). Wenn es jedoch darum geht die *Entwicklung* eines Gewässers und nicht nur einen momentanen Zustand zu beurteilen, sind mehrjährige Beobachtungsreihen notwendig, unabhängig davon, welcher Darstellungsart man sich bedient: Die starken hydrologischen Unterschiede von einem Jahr zum anderen erschweren den einfachen Vergleich zwischen aufeinanderfolgenden Jahren.

Was ist Dir denn an der Entwicklung der Gewässerschutzprobleme in den letzten 25 Jahren besonders aufgefallen?

Zwei Veränderungen finde ich offensichtlich: Die alten Probleme waren eher sichtbar – die Eutrophierung z.B. – und waren auf Substanzen zurückzuführen, die in überschaubarer Zeit durch natürliche Reaktionen oder technische Behandlung entfernt werden können. Die neueren Belastungen durch Mikroverunreinigung mit menschengemachten Substanzen sind demgegenüber meist unsichtbar. Die Chemikalien bleiben unter Umständen auch sehr lange im System [3].

Schwerwiegender ist jedoch die Vielschichtigkeit der Probleme: Wir haben erst angefangen, die Wirkungen auf einzelne Organismen und Ökosysteme wahrzunehmen. Ihr Verhalten weckt bei mir die Erinnerung an die nun drei Jahrzehnte alten Warnungen von Rachel Carson, die in ihrem Buch «*Der stumme Frühling*» feststellte, dass DDT auch in geringen Dosen und auf völlig unerwarteten Wegen Unheil anrichten kann. Ungemütlich wird es vor allem, wenn weit verbreitete Substanzen verdächtigt werden, Störungen in biologischen Systemen zu verursachen, und zwar bei Konzentrationen, die kaum über den geltenden Grenzwerten liegen, oder wenn Gefahr von Abbauprodukten unverdächtigter Substanzen ausgeht [4].

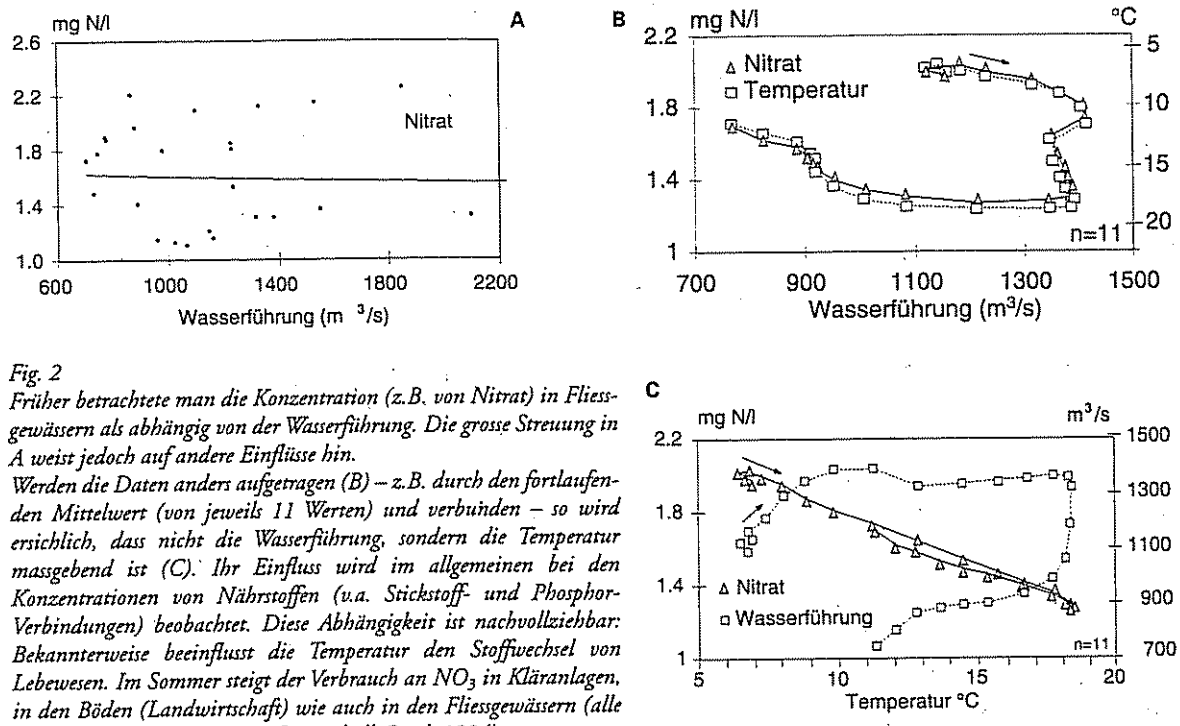


Fig. 2
Früher betrachtete man die Konzentration (z.B. von Nitrat) in Fliessgewässern als abhängig von der Wasserführung. Die grosse Streuung in A weist jedoch auf andere Einflüsse hin.
Werden die Daten anders aufgetragen (B) – z.B. durch den fortlaufenden Mittelwert (von jeweils 11 Werten) und verbunden – so wird ersichtlich, dass nicht die Wasserführung, sondern die Temperatur massgebend ist (C). Ihr Einfluss wird im allgemeinen bei den Konzentrationen von Nährstoffen (u.a. Stickstoff- und Phosphor-Verbindungen) beobachtet. Diese Abhängigkeit ist nachvollziehbar: Bekanntermassen beeinflusst die Temperatur den Stoffwechsel von Lebewesen. Im Sommer steigt der Verbrauch an NO_3 in Kläranlagen, in den Böden (Landwirtschaft) wie auch in den Fliessgewässern (alle Daten: Rhein bei Village-Neuf, unterhalb Basel, 1994).

Was für Schlüsse ziehst Du aus diesen Feststellungen?

Wenn gewisse Chemikalien so langlebig sind und schon Spuren davon als gefährdend anzusehen sind, so sind m.E. die Konsequenzen für unsere Handlungen klar: Der Gewässerschutz muss seine Aufgabe weniger darin sehen, zuverlässig das messen zu können, was sich im Wasser befindet, jedoch nicht darin sein sollte, und vermehrt auf verschiedenen Ebenen dafür sorgen, dass Schadsubstanzen dem Wasser fernbleiben [5] – zumal ein ausreichendes Entfernen technisch kaum zu bewerkstelligen ist, vom ressourcenmässigen Aufwand solcher Bemühungen ganz abgesehen.

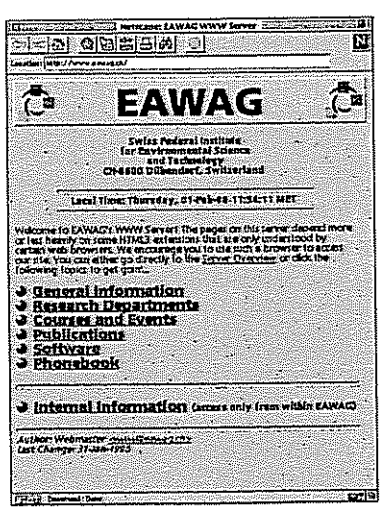
Dadurch erleben Zahlen und Ziele eine Umwertung: Auf Zahlen als Problembeweis dürfen wir nicht mehr warten, und die Ziele im Gewässerschutz erreichen wir nicht über Symptombekämpfung, sondern vermehrt durch Ergreifen vorsorglicher Massnahmen.

[1] Zukunftsfähiges Deutschland, ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Birkhäuser Verlag, Basel.
[2] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung (Deutschland): globale Umweltveränderungen (Wasserbereich). Jährliche Forschungsberichte im Economica-Verlag, Bonn.
[3] Vorträge vom Infotag 10.9.1995 in EAWAG news *40D*.
[4] Theo Colborn et al. «Our stolen Futures», Durton, New York, 1996
[5] Joan S. Davis: Ist Wasser mehr als H_2O? *Das Lebenselement zwischen Mythos und Molekül*, Vortragsreihe «pancha rhei» der Hans Erni Stiftung, Luzern (1995).
[6] Jakob, J., Liechti, P., Schädler, B. «Temperatur in Schweizer Gewässern – Quo vadis», GWA, *4*, 1996.

Die Algengruppe der EAWAG

Seit Anfang 1993 gibt es eine abteilungsübergreifende und interdisziplinäre Algengruppe an der EAWAG. An monatlichen Treffen werden aktuelle Projekte und Forschungsvorhaben, Diplom- und Doktoratsarbeiten im Zusammenhang mit Algen besprochen. In lockerer Folge werden auch auswärtige Forschende zu Vorträgen eingeladen. Nähere Informationen bei:
Renate Behra (Limnologie),
Nina Schweigert (Mikrobiologie),
Bertina Rinne (Umweltphysik).

Die EAWAG ist elektronisch erreichbar



Neu: Die EAWAG ist über ihre Homepage im World-Wide-Web-Service (WWW) des Internets erreichbar (http://www.eawag.ch). Die Ziele ihrer Präsenz im WWW sind die folgenden:

- Kurze Vorstellung der EAWAG inklusive Wegbeschreibung.
- Vermittlung von Kontakten zu den Forschungsbereichen.
- Überblick über das Angebot der EAWAG an Kursen, Veranstaltungen, Publikationen, Software, etc. und Möglichkeit der Bestellung oder Anmeldung.

EAWAG-intern

Zurzeit ist die Homepage nur auf Englisch verfügbar (ausser einzelnen Seiten, die auf Deutsch verfasst sind). Die Hauptrubriken sind die folgenden:

General Information

Kurzer Überblick über die Aktivitäten der EAWAG, sowie eine Beschreibung, wie man die EAWAG erreichen kann.

Research Departments

Kurze Beschreibungen der Tätigkeitsgebiete der Forschungsbereiche der EAWAG und Kontaktadressen.

Courses and Events

Programm der praxisorientierten EAWAG Kurse (PEAK) sowie Information zu weiteren durch die EAWAG oder unter ihrer Beteiligung durchgeführten Kurse.

Publications

Inhaltsverzeichnisse der EAWAG news (Einzelnummerbestellung und Abonnieren möglich).
Titel der EAWAG-Schriftenreihenbände, Liste von Büchern und der neueren Artikel in wissenschaftlichen Zeitschriften, an denen EAWAG-Mitarbeitende beteiligt sind.

Software

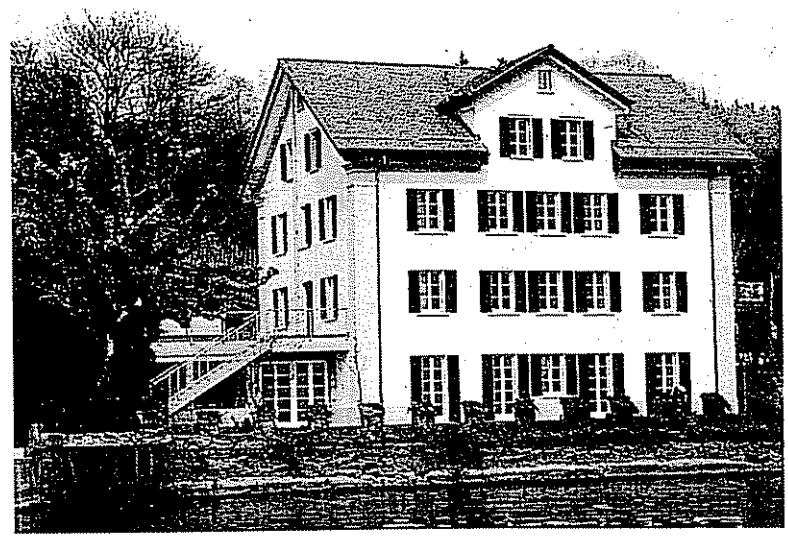
Überblick über das Angebot der von der EAWAG vertriebenen Software im Umweltbereich:
AQUASIM, ASIM, CHEMSEE, Mac MicroQL, MASAS, SIMBOX.

Phonebook

Zugriff auf das elektronische Telefonbuch der EAWAG (Büro, Telefonnummer und E-Mail Adresse).

Wir laden alle Interessierten zu einem Besuch der EAWAG-Homepage ein.

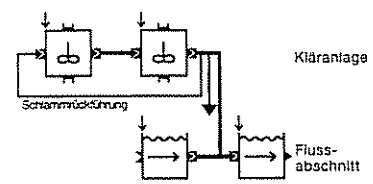
Neues Begegnungszentrum der EAWAG in Kastanienbaum



Am 29. März übergab Frau Judith Hornberger vom Amt für Bundesbauten Alexander J.B. Zehnder, dem Direktor der EAWAG, den Schlüssel für das renovierte «Seeheim» in Kastanienbaum. Das 128-jährige Haus gehört zum Gebäudekomplex des EAWAG-Forschungszentrums für Limnologie. Mit dem Seeheim verfügt die EAWAG über neue Kurslokalitäten, Büroräume und Unterkünfte und kann damit das geplante Kurs- und Begegnungszentrum realisieren. Bisher konnte das Seeheim nur teilweise genutzt werden, da die ehemalige Eigentümerin zwei Stockwerke bewohnte. Mit der Renovation erhielt das Gebäude bautechnisch den heute üblichen Standard und wurde energietechnisch verbessert. Forscherinnen und Forscher aus aller Welt treffen sich hier für den fachlichen Austausch, für kürzere und längere Aufenthalte. Die ruhige Lage bietet eine ideale Ambiance für kreative und innovative Forschungstätigkeit.

Kursankündigung: EAWAG, 2.–5. September 1996

Simulation und Prozessidentifikation mit AQUASIM



AQUASIM ist ein an der EAWAG entwickeltes sehr flexibles Computerprogramm, das Naturwissenschafterinnen und -wissenschafter bei der Identifikation und Simulation aquatischer Systeme unterstützt. Das Ziel des Kurses ist es, die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit der Bedienung des Programms, mit der Modellierung der beschriebenen Systeme (durchmischte Reaktoren, Biofilmreaktoren, längsdurchströmte Reaktoren, gesättigte Bodensäulen, Flüsse und Seen) und mit den Grundlagen der im Programm implementierten Datenauswertungstechniken vertraut zu machen, so dass sie nach dem Kurs ihre eigenen Daten auswerten können. Der Kurs beinhaltet sowohl theoretische Ausführungen als auch praktische Übungen.
Er wendet sich an Wissenschafterinnen und Wissenschafter, die ihre Daten von aquatischen Systemen mit Hilfe systemanalytischer Methoden auswerten möchten. Der Kurs wird wegen des internationalen Teilnehmerkreises auf Englisch abgehalten.
Zusätzliche Informationen können bei Frau Manuela Frei, EAWAG, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf (Fax 01/823 53 98) angefordert werden oder sie sind auch auf der EAWAG-Homepage (http://www.eawag.ch) über Internet unter «Courses and Events» verfügbar.

Frauenkonferenz in Peking - Frauenwirklichkeit an der EAWAG

Die Frauenkonferenz in Peking hat die Menschen weltweit aufgefordert, über die Stellung der Frau in Familie, Gesellschaft und Politik nachzudenken. Die Herausforderung liegt aber - wie so oft - in der konkreten Umsetzung, zum Beispiel an der EAWAG.

Zurzeit beträgt der Anteil der Doktorandinnen an der EAWAG 32%, angestellte Wissenschafterinnen hingegen gibt es nur ca. 14% (siehe Grafik). Dies zeigt, dass das Potential gut ausgebildeter Forscherinnen der Wissenschaft nicht voll zunutze kommt. Als Erklärung dafür können wir nicht etwa die zeitliche Verzögerung zwischen Ausbildung und Anstellung heranziehen, da es unter den festangestellten Wissenschafterinnen keinen erhöhten Anteil an Jungwissenschafterinnen gibt – wie eigentlich zu erwarten wäre.

Liegt dies nun daran, dass Frauen nicht wollen, oder daran, dass Frauen nicht können? Hier soll für eine Sicht argumentiert werden, die dies als falschgestellte Alternative entlarvt und anstelle dessen eine Art Teufelskreis aufzeigt, dem es an der EAWAG mit konkreten Massnahmen zu begegnen gilt.

Dass der Anteil der Frauen in höheren Positionen nicht dem Anteil der Doktorandinnen entspricht, lässt sich augenscheinlich leicht erklären.

In unserer Gesellschaft werden Männer bei der Anstellung bevorzugt, weil sie mehr Kontinuität versprechen: Nach wie vor besteht die Vorstellung, dass Männer als Alleinversorger der Familie stärker auf den Job angewiesen sind. Im weiteren wird das «Risiko» eines Ausfalls bei Mutterschaft immer noch stärker gewichtet als die Zeit, in der (schweizerische) Männer Militärdienst leisten.

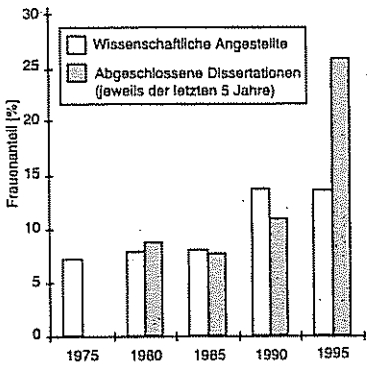
Hier zeigt sich aber bereits, dass die oben erwähnte Alternative irreführend ist, da es in der sogenannten Frauenfrage um die Möglichkeiten der Frauen wie auch der Männer geht.

Stellen Sie sich einmal vor, ein Wissenschafterpaar steht vor der Frage, wer von beiden aus Familiengründen seine Zeit für den beruflichen Einsatz reduzieren soll. Sei es nun die Frau oder der Mann: in beiden Fällen sieht sich das Paar mit der Situation konfrontiert, dass es kaum Teilzeitstellen gibt und dass eine anfallende Unterbrechung der akademischen Karriere mit ungeahnten Wiedereinstiegsschwierigkeiten verbunden wäre, da unter anderem die technische Entwicklung in der Zwischenzeit rasant fortschreitet. Da das «Aussteigen» eines Mannes viel ungewohnter ist, sind die Folgen dabei noch markanter. Deshalb fällt die Entscheidung in der Regel so aus, dass der Ausstieg der Frau insgesamt als kleineres Übel angesehen wird. Damit wird die traditionelle Rollenverteilung aber sogar noch verstärkt – der Teufelskreis schliesst sich somit wieder...

Frauen wie Männern müsste deshalb eine Möglichkeit angeboten werden, Beruf und Familie besser in Einklang zu bringen.

Ein erster konkreter Ansatzpunkt für die EAWAG wäre es, auch in der Forschung Teilzeitstellen einzurichten, was vermutlich auch Frauen die akademische Laufbahn nebst der Familie vermehrt ermöglichen würde.

Allein unser heutiger Sinn für Modernität und Gerechtigkeit müsste dazu führen, dass dieser Teufelskreis endlich durchbrochen wird. Wieviel mehr müsste dabei der ganz handfeste Nutzen für die Wissenschaft ins Gewicht fallen: Denn Forschen bedeutet, Ideen zu haben und kreativ zu sein. Immer mehr Studien belegen, dass Teilzeitarbeitende leistungsfähiger und



Quelle: Jahresbericht und Personaldienst. In der ersten Fünfjahresperiode doktorierten 9 Männer, aber keine Frau.

motivierter sind und ihre Arbeitszeit effizienter nutzen.

An der EAWAG arbeiten momentan ca. 40% der Wissenschafterinnen in Teilzeitverhältnissen, beim männlichen Personal hingegen beträgt der Anteil nur gerade 12%. Dies ist ebenfalls ein Abbild des erwähnten traditionellen Rollenverständnisses und seiner selbstverstärkenden Dynamik. Wir, die Mitglieder der Frauenkommission, werben deshalb im Namen einer sinnvollen Verbindung von Arbeit und Privatleben für einen Ausbau des Angebots an Teilzeitstellen an der EAWAG, insbesondere auch in Leitungspositionen, und wir werben für eine Erweiterung der Möglichkeiten flexibler Arbeitszeitgestaltung, sei es auf die Woche, sei es auf das Jahr bezogen.

*Katja Knauer**

** Doktorandin im Forschungsbereich Biogeochemie und Mitglied der Frauenkommission. Seit 1993 besteht an der EAWAG eine aktive Arbeitsgruppe zur Umsetzung der Weisungen über die Verbesserung der Vertretung und der beruflichen Stellung des weiblichen Personals in der allgemeinen Bundesverwaltung, zum Teil hervorgegangen aus dem seit Sommer 1991 bestehenden monatlichen Frauenlunch.*
Seit November 1993 können Eltern ihre Kinder (ab 2 Monate bis Kindergarten) auf dem Areal der EMPA und der EAWAG betreuen lassen(Fr. 60.-/Tag).
Gemeinsam mit der Direktion und der Personalvertretung sind Kurse auf verschiedenen Stufen (Kaderkurse, Sprachkurse) zur Förderung der Weiterbildung initiiert worden.

Publikationen

Separata bitte mit Talon auf der letzten Seite bestellen

Publikationen

2005 **Bloesch, J., Hohmann, D., Leemann, A.:** Die Limnologie des Oeschinensees, mit besonderer Berücksichtigung des Planktons, der Sedimentation und der Schwemetallbelastung. Mitt. Naturforsch. Ges. Bern, NF *52*, 121–145 (1995).

2006 **Beer, J., Joos, F., Lukasczyk, C., Mende, W., Rodriguez, J., Siegenthaler, U., Stellmacher, R.:** ^{10}Be as an Indicator of Solar Variability and Climate. In: «The Solar Engine and Its Influence on Terrestrial Atmosphere and Climate», E. Nesme-Ribes (Ed.). NATO ASI Ser., Vol. I/25. Springer-Verlag Berlin & Heidelberg 1994, pp. 221–233.

2007 **Brüschweiler, B.J., Würgler, F.E., Fent, K.:** Cytotoxicity in Vitro of Organotin Compounds to Fish Hepatoma Cells PLHC-1 (*Poeciliopsis lucida*). Aquatic Toxicology *32*, 143–160 (1995).

2008 **Bucheli, T.D., Fent, K.:** Induction of Cytochrome P450 as a Biomarker for Environmental Contamination in Aquatic Ecosystems. Critical Reviews in Environ. Sci. & Technol. *25* (3), 201–268 (1995).

2009 **Beer, J., Sturm, M.:** Dating of Lake and Loess Sediments. Radiocarbon *37*, 1, 81–86 (1995).

2010 **Bloesch, J.:** Mechanisms, Measurement and Importance of Sediment Resuspension in Lakes. Marine Freshwater Res. *46*, 295–304 (1995).

2011 **Hupfer, M., Gächter, R., Rüegger, H.:** Polyphosphate in Lake Sediments: ^{31}P NMR Spectroscopy as a Tool for its Identification. Limnol. Oceanogr. *40* (3), 610–617 (1995).

2012 **Fent, K., Hunn, J.:** Organotins in Freshwater Harbors and Rivers: Temporal Distribution, Annual Trends and Fate. Environ. Toxicol. & Chem. *14* (7), 1123–1132 (1995).

2013 **Harms, H., Wilkes, H., Wittich, R.-M., Fortnagel, P.:** Metabolism of Hydroxydibenzofurans, Methoxydibenzofurans, Acetoxydibenzofurans, and Nitrodibenzofurans by *Sphingomonas* sp. Strain HH69. Appl. Environ. Microbiol. *61* (7), 2499–2505 (1995).

2014 **Lupi, C.G., Colangelo, T., Mason, C.A.:** Two-Dimensional Gel Electrophoresis Analysis of the Response of *Pseudomonas putida* KT2442 to 2-Chlorophenol. Appl. Environ. Microbiol. *61* (8), 2863–2872 (1995).

2015 **Hajdas, I., Zolitschka, B., Ivy-Ochs, S.D., Beer, J., Bonani, G., Leroy, S.A.G., Negendank, J.W., Ramrath, M., Suter, M.:** AMS Radiocarbon Dating of Annually Laminated Sediments From Lake Holzmaar, Germany. Quaternary Sci. Rev. *14*, 137–143 (1995).

2016 **Ivy-Ochs, S., Schlüchter, C., Kubik, P., Beer, J.:** Das Alter der Egesen-Moräne am Julierpass. Geowiss. *13* (8/9), 313–315 (1995).

2017 **Baccini, P., Oswald, F.:** «Achtung: die Schweiz» ein Aufruf 1955 – eine Replik 1995. Neue Zürcher Ztg. Nr. 189, 17.8.1995.

2018 **Boller, M.:** Abwasserentsorgung im ländlichen Raum. Gas, Wasser, Abwasser *75* (7), 522–532 (1995).

2019 **Baumer, P., Volkart, P., Bretscher, U., Krebs, P.:** Untersuchungen zur Verbesserung der Strömung in den Nachklärbecken der Kläranlage Einsiedeln. Korrespondenz Abwasser *42* (4), 598–612 (1995).

2020 **Krebs, P., Vischer, D., Gujer, W.:** Inlet-Structure for Final Clarifiers. J. Environ. Engineering *121* (8), 558–564 (1995).

2021 **Albrecht, A., Reichert, P., Beer, J., Lück, A.:** Evaluation of the Importance of Reservoir Sediments as Sinks for Reactor-derived Radionuclides in Riverine Systems. J. Environ. Radioactivity *28* (3), 239–269 (1995).

2022 **Sulzberger, B., Laubscher, H.:** Reactivity of Various Types of Iron(III) (Hydr)oxides Towards Light-induced Dissolution. Marine Chemistry *50* 103–115 (1995).

2023 **Klausen J., Tröber, S.P., Haderlein, S.B., Schwarzenbach, R.P.:** Reduction of Substituted Nitrobenzenes by Fe(II) on Aqueous Mineral Suspensions. Environ. Sci. & Technol. *29* (9), 2396–2404 (1995).

2024 **Cini Castagnoli, G., Albrecht, A., Beer, J., Bonino, G., Shen, C., Callegari, E., Taricco, C., Dittrich-Hannen, B., Kubik, P., Suter, M., Zhu, G.M.:** Evidence for Enhanced ^{10}Be Deposition in Mediterranean Sediments 35 Kyr BP. Geophys. Res. Lett. *22* (6), 707–710 (1995).

2025 **Ammann, A.A., Rüttimann, T.B.:** Simultaneous Determination of Small Organic and Inorganic Anions in Environmental Water Samples by Ion-exchange Chromatography. J. Chromatogr. A *706*, 259–269 (1995).

2026 **Hug, S.J., Dietliker, K.:** Conference Report. Solar Energy & Solar Cells *38*, 3–8 (1995).

2027 **Ulrich, M.M., Imboden, D.M., Schwarzenbach, R.P.:** MASAS – A User-friendly Simulation Tool for Modelling the Fate of Anthropogenic Substances in Lakes. Environ. Software *10*, 177–198 (1995).

2028 **Tengberg, A., De Bovee, F., Hall, P., Berelson, W., Chadwick, D., Ciceri, G., Crassous, P., Devol, A., Emerson, S., Gage, J., Glud, R., Graziottini, F., Gundersen, J., Hammond, D., Helder, W., Hinga, K., Holby, O., Jahnke, R., Khripounoff, A., Liebermann, S., Nuppenau, V., Pfannkuche, O., Reimers, C., Rowe, G., Sahami, A., Sayles, F., Schurter, M., Smallman, D., Wehrli, B., De Wilde, P.:** Benthic Chamber and Profiling Landers in Oceanography – A Review of Design, Technical Solutions and Functioning. Prog. Oceanogr. *35*, 253–294 (1995).

2029 **Wehrli, B., Wüest, A., Imboden, D.M.:** Sind biogen meromiktische Seen intern sanierbar? Fallbeispiel Zugersee. Limnologie aktuell *8*, 29–37 (1995).

2030 **Reichert, P.:** Design Techniques of a Computer Program for the Identification of Processes and the Simulation of Water Quality in Aquatic Systems. Environ. Software *10*, 199–210 (1995).

2031 **Maurer, M., Gujer, W.:** Monitoring of Microbial Phosphorus Release in Batch Experiments Using Electric Conductivity. Rapid Communication. Water Res. *29* (11), 2613–2617 (1995).

2032 **Wild, D., Kisliakova, A., Siegrist, H.:** Die Ausfaulung von Schlämmen aus der erhöhten biologischen P-Elimination: Ziele und gegenwärtiger Stand der Forschung an der EAWAG. In: «Auswirkungen der Phosphorelimination auf die Schlammbehandlung; Theoretische Erkenntnisse und praktische Erfahrungen», Workshop Inst. WAR, Darmstadt 24./25. Nov. 1994. Schrr. WAR 84, 45–60 (1995).

2033 **Jaeger, C.C., Davies, H.C., Imboden, D., Zehnder, A.J.B.:** Neuorientierung in der Klimapolitik. «Energieschranke» als Anstoss zu Neuentwicklungen. Neue Zürcher Ztg., «Inland», Nr. 242, 18.10.1995.

2034 **Hauser, P.C., Liang, C.L.C., Müller, B.:** A Solid-state Instrument for Fluorescence Chemical Sensors Using a Blue Light-emit-

ting Diode of High Intensity. Meas. Sci. Technol. 6, 1081–1085 (1995).

2035 **Hoigné, J.:** Réactions de l'ozone et des radicaux OH· en traitement de l'eau, dans la troposphère et dans les nuages. Journée d'étude de CEBEDEAU. Tribune de l'eau No. 575/3, 31–37 (1995).

2036 **Fent, K.:** Endokrin wirksame Stoffe in der Umwelt: Erkenntnisstand und Probleme. Fachgespräch «Umweltchemikalien mit endokriner Wirkung», Berlin 9.–10.3.1995. Texte 65/95 des Umweltbundesamtes, S. 45–56.

2037 **Egli, T.:** Microbial Ecophysiology and Growth Kinetics During Mixed-substrate/ Multiple-nutrient-limited Growth: Implications for Pollutant Degradation in the Environment. OECD Documents Bioremediation: the Tokyo '94 Workshop, OECD 1995, pp. 419–426.

2038 **Imhof, A.:** Ufergehölze und die Lebensgemeinschaft des Baches. GAIA *4*, 150–158 (1995).

2039 **Uehlinger, U., Naegeli, M.W., Meyer, E.I.:** Schlüsselprozesse im Energiehaushalt von Fliessgewässern: Primärproduktion und Respiration. GAIA *4*, 166–173 (1995).

2040 **Wanner, O., Cunningham, A.B., Lundman, R.:** Modeling Biofilm Accumulation and Mass Transport in a Porous Medium Under High Substrate Loading. Biotechnol. Bioengng. *47*, 703–712 (1995).

2041 **Lendenmann, U., Egli, T.:** Is *Escherichia coli* Growing in Glucose-limited Chemostat Culture Able to Utilize Other Sugars Without Lag? Microbiology *141*, 71–78 (1995).

2042 **Xue, H., Kistler, D., Sigg, L.:** Competition of Copper and Zinc for Strong Ligands in a Eutrophic Lake. Limnol. Oceanogr. *40* (6), 1142–1152 (1995).

2043 **Kari, F.G., Giger, W.:** Modeling the Photochemical Degradation of Ethylenediaminetetraacetate in the River Glatt. Environ. Sci. & Technol. *29*, 2814–2827 (1995).

2044 **Semlitsch, R.D., Foglia, M., Mueller, A., Steiner, I., Fioramonti, E., Fent, K.:** Short-term Exposure to Triphenyltin Affects the Swimming and Feeding Behavior of Tadpoles. Environ. Toxicol. & Chem. *14*, 1419–1423 (1995).

2045 **Gloor, E.U.:** Methode der Temperaturmikrostruktur und deren Anwendung auf die Bodengrenzschicht in geschichteten Wasserkörpern. Diss. ETHZ Nr. 11'336, Zürich 1995.

2046 **Mottier, V., Bucheli, T., Kobler, D., Ochs, M., Zobrist, J., Ammann, A., Eugster, J., Müller, S., Schönberger, R., Sigg, L., Boller, M.:** Qualitative Aspects of Roof Runoff. 8th Junior Eur. Workshop «Urban Rainwater: Resourcefully Used», Devernter NL, 22–25.9.1995, 13 pp.

2047 **Caprioli, R.M., Suter, M.J.-F.:** Mass Spectrometry. In: «Introduction to Biophysical Methods for Protein and Nucleic Acid Research», J.A. Glasel, M.P. Deutscher (Eds.). Academic Press, San Diego 1995, pp. 147–204.

2048 **Peter, A.:** Lebensraumänderungen in Fliessgewässern – eine fischbiologische Perspektive. GAIA *4*, 159–165 (1995).

2049 **Voorhorst, W.G.B., Eggen, R.I.L., Luesink, E.J., de Vos, W.M.:** Characterization of the celB Gene Coding for β-Glucosidase from the Hyperthermophilic Archaeon *Pyrococcus furiosus* and Its Expression and Site-directed Mutation in *Escherichia coli*. J. Bacteriol. *177*, 7105–7111 (1995).

2050 **Von Gunten, U., Hoigné, J.:** Ozonation of Bromide-containing Waters: Bromate Formation Through Ozone and Hydroxyl Radicals. In: «Disinfection By-Products in Water Treatment», R.A. Minear, G.L. Amy (Eds.). CRC Press Inc., Boca Raton 1996, pp. 187–206.

2051 **Zehnder, A.J.B.:** Altlasten: Lösungsansätze aus Sicht der Umweltwissenschaften und des Risk Management. VSA-Verbandsber. Nr. 493, 194. VSA-Mitgl.-Versamml. vom 18.11.1994 in Bern, S. 3–9.

2052 **Gloor, M., Kocsis, O., Omlin, M., Schurter, M., Wüest, A.:** Temperaturmikrostrukturen. Eine Methode zur Bestimmung der Mischungsintensität in geschichteten Gewässern. Gas, Wasser, Abwasser *75*, 1087–1096 (1995).

2053 EAWAG-Projekt Integrierte Siedlungsentwässerung Fallstudie Fehraltorf. VSA-Verbandsber. Nr. 490, 193. Mitgl.-Versamml. vom 2.9.1994 in Zürich. [Gas, Wasser, Abwasser *74*, 114–122 (1994); *75*, 34–46, 243–259, 315–328, 394–407, 470–490 (1995).]

2054 **Baulch, D.L., Cobos, C.J., Cox, R.A., Frank, P., Hayman, G., Just, T., Kerr, J.A., Murrells, T., Pilling, M.J., Troe, J., Walker, R.W., Warnatz, J.:** Evaluated Kinetic Data for Combustion Modeling, Supplement I. J. Phys. Chem. Ref. Data *23*, 847–1033 (1994).

2055 **Karametaxas, G., Hug, S.J., Sulzberger, B.:** Photodegradation of EDTA in the Presence of Lepidocrocite. Environ. Sci. & Technol. *29*, 2992–3000 (1995).

2056 **Escher, B.I., Schwarzenbach, R.P.:** Partitioning of Substituted Phenols in Liposome-Water, Bioimembrane-Water, and Octanol-Water Systems. Environ. Sci. & Technol. *30*, 260–270 (1996)

2057 **Boller, M., Häfliger, M.:** Verbleib von Schwermetallen bei unterschiedlicher Meteorwasserentsorgung. Gas, Wasser, Abwasser *76*, 3–15 (1996).

2058 **Nowack, B., Sigg, L.:** Adsorption of EDTA and Metal-EDTA Complexes onto Goethite. J. Colloid & Interface Sci. *177*, 106–121 (1996).

2059 **Von Schulthess, R., Gujer, W.:** Release of Nitrous Oxide (N_2O) from Denitrifying Activated Sludge: Verification and Application of a Mathematical Model. Water Res. *30*, No. 3, 521–530 (1996).

2060 **Hupfer, M., Gächter, R., Giovanoli, R.:** Transformation of Phosphorus Species in Settling Seston and During Early Sediment Diagenesis. Aquatic Sci. *57*, No. 4, 305–324 (1995).

2061 **Akeret, B.:** Specific Density of Resting Eggs and Adult Morphology of *Leptodora kindtii* (Focke, 1844) (Cladocera). Crustaceana *68*, No. 6, 751–758 (1995).

2062 **Hofmann, M.:** Umweltrisiken und -schäden in der Haftpflichtversicherung. Hintergründe – Schadenanalysen – Kostenkalkulationsmodell. Schrr. Verbraucherschutz, Produktionssicherheit, Umweltschutz 3, Verlag Versicherungswirtschaft VVW, Karlsruhe 1995, 200 Seiten. ISBN 3-88487-518-3.

2063 **Klausen, J.:** Abiotic Redox Transformations of Aromatic Nitro and Amino Compounds in Suspensions of Soil Minerals. Laboratory Studies in Batch and Flow-Through Systems. Diss. ETHZ No. 11'206, Zürich 1995.

2064 **Baumgartner, S.M.M.:** Kosmogene Radioisotope im Pleistozän des Summit-

Publikationen

GRIP-Eiskerns. Diss. ETHZ Nr. 11'264, Zürich 1995.

2065 **Escher, B.:** The Relationship Between Membrane-Water Partitioning, Uncoupling, and Inhibitory Activity of Substituted Phenols in Chromatophores of *Rhodobacter Sphaeroides.* Diss. ETHZ No. 11'283, Zürich 1995.

2066 **Brüschweiler, B.J.:** Cytotoxicity and Interactions of Organotoins and Heavy Metals with Cytochrome P4501A in Fisch Hepatoma Cells. Diss. ETHZ No. 11'413, Zürich 1996.

2067 **Egli, T.:** The Ecological and Physiological Significance of the Growth of Heterotrophic Microorganisms with Mixtures of Substrates. In: «Advances in Microbial Ecology», Vol. 14, J. G.n Jones (Ed.). Plenum Press, New York 1995, pp. 3 05–386.

2068 **Wüest, A., Van Senden, D.C., Imberger, J., Piepke, G., Gloor, M.:** Comparison od Diapycnal Diffusivity Measured by Tracer and Microstructure Techniques. Dynamics of Atmospheres and Oceans *24,* 27–39 (1996).

2069 **Kari, F.G., Giger, W.:** Speciation and Fate of Ethylenediaminetetraacetate (EDTA) in Municipal Wastewater Treatment. Water Res. *30,* No. 1, 122–134 (1996).

2070 **Beres, M., Green, A., Huggenberger, P., Horstmeyer, H.:** Mapping the Architecture of Glaciofluvial Sediments with Three-dimensional Georadar. Geology *23,* 1087–1090 (1995).

2071 **Wellnitz, T.A., Sheldon, S.P.:** The Effects of Iron and Manganese on Diatom Colonization in a Vermont Stream. Freshwater Biology *34,* 465–470 (1995).

2072 **Stemmler, K., Kinnison, D.J., Kerr, J.A.:** Room Temperature Rate Coefficients for the Reactions of OH Radicals with Some Monoethylene Glycol Monoalkyl Ethers. J of Phys. Chemistry *100,* 2114–2116 (1996).

2073 **Bally, M., Egli, T.:** Dynamics of Substrate Consumption and Enzyme Synthesis in *Chelatobacter heintzii* During Growth in Carbon-limited Continuous Culture with Different Mixtures of Glucose and Nitrilotriacetate. Appl. Environ. Microbiol. *62,* 133–140 (1996).

2074 **Tros, M.E., Schraa, G., Zehnder, A.J.B.:** Transformation of Low Concentrations of 3-Chlorobenzoate by Pseudomonas sp. Strain B13: Kinetics and Residual Concentrations. Appl. Environ. Microbiol. *62,* 437–442 (1996).

2075 **Wanner, O., Reichert, P.:** Mathematical Modelling of Mixed-Culture Biofilms. Biotechnol. Bioengng. *49,* 172–184 (1996).

2076 **Nowack, B., Kari, F.G., Hilger, S.U., Sigg, L.:** Determination of Dissolved and Adsorbed EDTA Species in Water and Sediments by HPLC. Anal. Chem. *68,* 561–566 (1996).

2077 **Kinnison, D.J., Mengon, W., Kerr, J.A.:** Rate Coefficients for the Room Temperature Reaction of Cl Atoms with Dimethyl Sulfide and Related Alkyl Sulfides. J. Chem. Soc. Faraday Trans. *92,* No. 3, 369–372 (1996).

2078 **Aeschbach-Hertig, A., Kipfer, R., Hofer, M., Imboden, D.M., Wieler, R., Signer, P.:** Quantification of Gas Fluxes From the Subcontinental Mantle: The Example of the Laacher See, a Maar Lake in Germany. Geochim. Cosmochim Acta *60,* No. 1, 31–41 (1996).

2079 **Werlen, C., Kohler, H.-P.E., Roelof van der Meer, J.:** The Broad Substrate Chlorobenzene Dioxygenase and cis-Chlorobenzene Dihydrodiol Dehydrogenase of *Pseudomonas* sp. Strain P51 Are Linked Evolutionarily to the Enzymes for Benzene and Toluene Degradation. J. Biol. Chem. *271,* No. 8, 4009–4016 (1996).

Bücher

Zehnder, A.J.B. (Ed.): Soil and Groundwater Pollution. Fundamentals, Risk Assessment and Legislation. Proc. of the SCOPE Workshop Cesky Krumlov, Czech Republic, June 6–7, 1994. Kluwer Academic Publ. Dordrecht, Boston & London 1995, 164 pp. ISBN 0-7923-3743-3.

BESTELLTALON

41 D

Bitte schicken Sie mir die

EAWAG news in ☐ deutsch ☐ englisch ☐ französisch

☐ Publikationsnummern

_____

_____

Anrede _____

Name/Vorname _____

Funktion _____

Firma/Organisation _____

Strasse und Nummer _____

Land, PLZ, Stadt _____

Telefon _____

Telefax _____

Bemerkungen

☐ Dies ist eine Adressänderung (alte Adresse)

_____

Datum _____

EAWAG
Bibliothek
CH–8600 Dübendorf