

APRIL/AVRIL 1990 - EAWAG, CH - 8600 DÜBENDORF, SCHWEIZ/SUISSE

## ZIELE UND AUFGABEN DER SIEDLUNGSENTWÄSSERUNG

VLADIMIR KREJCI, WOLFGANG SCHILLING UND WILLI GUJER

## EINLEITUNG

Ungefähr vor 100 Jahren wurde in der Schweiz die Schwemmkanalisation eingeführt. Sie hat die einfachen dezentralen Entsorgungs- und Entwässerungssysteme wie die abflusslosen Gruben oder das Kübelsystem ersetzt, die den steigenden Anforderungen an die Hygiene und an den Entwässerungskomfort nicht genügten.

Seitdem hat sich die Schwemmkanalisation als ein Standardsystem der Siedlungsentwässerung etabliert. Die meisten Gemeinden verfügen heute über ein effizientes Kanalisationssystem: das Abwasser aus Haushalt, Gewerbe und Industrie, sowie das Regenwasser und Sickerwasser wird rasch, wirtschaftlich und betriebssicher einer Kläranlage bzw. einem nahen Oberflächengewässer zugeführt. Der Entwässerungskomfort (Sicherheit gegen Überschwemmung) liegt in der Schweiz generell überdurchschnittlich hoch, und hygienische Probleme im Zusammenhang mit der Siedlungsentwässerung treten praktisch nicht mehr auf.

## RASCHE ABLEITUNG VON SÄMTLICHEM ABWASSER

Schon die ersten Schwemmkanalisationen haben auf planerischen Überlegungen basiert. Bei dieser Planung wurde die Sicherstellung der Ableitung vom Abwasser aus dem ganzen Einzugsgebiet angestrebt. Die ausreichende hydraulische Dimensionierung eines Systems von Haupt- und Nebensammelkanälen war die wichtigste Aufgabe bei der Planung und Projektierung. Die exi-

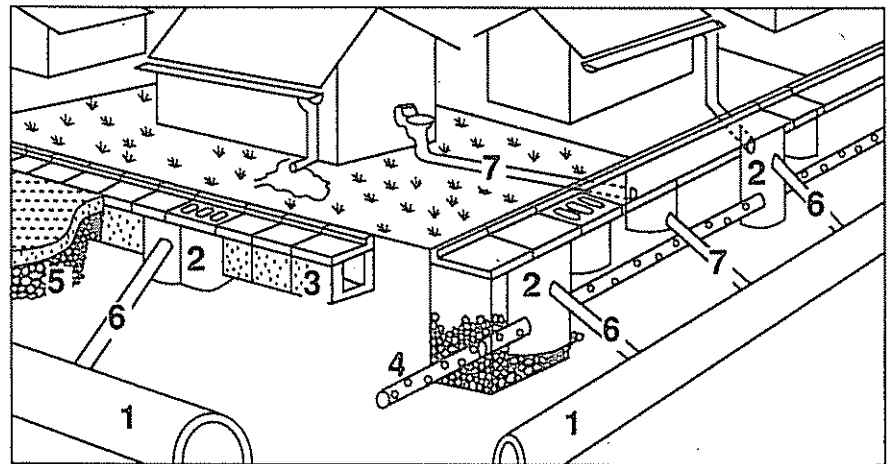


Fig. 1

Entwässerungsschema des experimentellen Einzugsgebietes in Tokyo [5]

Schéma d'évacuation des eaux dans une zone de desserte expérimentale à Tokyo

- |   |                        |                                     |
|---|------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Mischkanalisation      | système unitaire                    |
| 2 | Versickerungsschacht   | chambre d'infiltration              |
| 3 | Sickerrinne            | rigole d'infiltration               |
| 4 | Sickerleitung          | drain d'infiltration                |
| 5 | Durchlässiger Belag    | revêtement perméable                |
| 6 | Überlauf Sickerschacht | déversoir de chambre d'infiltration |
| 7 | Schmutzwasserleitung   | conduit d'eau usées                 |

stierenden natürlichen Entwässerungswege im Einzugsgebiet wurden häufig für die Linienführung der Kanäle übernommen, indem die Gräben, Gerinne und z.T. auch kleinere Bäche eingedolt und in grosskalibrige Hauptsammelkanäle umgewandelt wurden. Durch diese Eindolung konnten zwei Probleme gelöst werden: erstens wurden die hygienischen Probleme infolge der immer

häufigeren Überschwemmungen im Siedlungsgebiet (Zunahme von befestigten Flächen) vermindert, und zweitens konnten die ästhetischen Probleme als Folge der zunehmenden Wassernutzung in den Haushaltungen, Gewerbe und Industrie verringert werden. Viele Gräben und Bäche sind so allmählich verschwunden. Man hat sie durch hydraulisch günstigere Kanalrohre ersetzt

# L'ÉVACUATION DES EAUX EN AGGLOMÉRATION: OBJECTIFS ET MISSION

VLADIMIR KREJCI, WOLFGANG SCHILLING UND WILLI GUJER

## INTRODUCTION

Le tout-à-l'égout fut introduit en Suisse il y a une centaine d'années. Il remplaça les anciens systèmes d'élimination et d'évacuation simples et décentralisés, tels que les fosses septiques, qui ne répondaient plus aux exigences croissantes en matière d'hygiène et de sécurité d'évacuation des eaux.

Depuis lors, le tout-à-l'égout s'est imposé comme le système standard d'évacuation des eaux en agglomération. La plupart des communes disposent aujourd'hui d'un système d'égout efficace : les eaux usées d'origine ménagère ou industrielle, ainsi que les eaux de pluie et d'infiltration, sont acheminées de manière sûre, rapide et économique vers une station d'épuration ou descours d'eaux situés à proximité. La sécurité de l'évacuation (contre les inondations) est d'un niveau généralement très élevé en Suisse, et les problèmes hygiéniques liés à l'évacuation des eaux sont désormais pratiquement inexistantes.

## ÉVACUATION RAPIDE DE L'ENSEMBLE DES EAUX USÉES

Les premiers systèmes de tout-à-l'égout se basaient déjà sur une planification qui visait l'évacuation efficace des eaux usées de toute la zone de desserte. Le dimensionnement hydraulique suffisant d'un système de collecteurs principaux et secondaires, telle était la tâche principale de leurs concepteurs. Les voies d'évacuation naturelles existantes de la zone de desserte étaient souvent reprises pour le tracé des canalisations, les fossés, les rigoles et parfois de petits ruisseaux étant "enterrés" et transformés en collecteurs principaux de grand calibre. En les rendant souterrains, deux problèmes étaient résolus : d'une part, les problèmes hygiéniques occasionnés par les inondations de plus en plus fréquentes dans la zone de desserte (extension des zones fixées) se voyaient réduits ; d'autre part, les problèmes esthétiques résultant de l'utilisation croissante de l'eau par les ménages et l'industrie étaient aussi en partie résolus. Ainsi disparurent peu à peu beaucoup de ruisseaux et de fossés. On les remplaça par des canalisations hydrauliques plus pratiques et

gagna donc de la place pour les rues.

Plusieurs générations d'ingénieurs s'engagèrent pour le transport rapide et efficace des eaux usées par canalisations. Le tout-à-l'égout, adopté à l'origine pour résoudre essentiellement les problèmes hygiéniques, est devenu l'élément central de l'évacuation de toutes les eaux d'une agglomération, fussent-elles polluées ou non. Lorsque les stations d'épuration furent ensuite construites, pour protéger les collecteurs de la contamination, il n'était pas rare que les eaux usées polluées s'y mêlent aux eaux de ruisseau et de drainage.

## PROBLÈMES CONCERNANT LA PROTECTION DES EAUX

Le type de canalisation des eaux décrit précédemment permet de respecter les impératifs hygiéniques et esthétiques, de même que les exigences de sécurité, concernant l'évacuation des eaux de pluie. Divers problèmes se posent, en réalité, sur le plan de la protection des eaux :

- Le rapide écoulement des eaux de pluie provenant de surfaces imperméables provoque de fortes pointes de débit dans de petits cours d'eau, qu'il faut donc aménager.
- L'évacuation, au lieu de l'infiltration, des eaux de pluie non polluées restreint le renouvellement des eaux souterraines.
- L'évacuation des eaux usées non polluées dans le tout-à-l'égout unitaire entraîne des décharges plus fréquentes et plus longues d'eaux mélangées, ce qui aggrave la pollution du collecteur en cas de pluie ou pendant la fonte des neiges.
- Les eaux usées non polluées compromettent le fonctionnement et l'efficacité des stations d'épuration, et occasionnent un accroissement notable de leurs coûts d'exploitation et d'investissement.

## COMMENT FAUT-IL ÉVACUER L'EAU DES AGGLOMÉRATIONS ?

La plupart des ingénieurs suisses connaissent les définitions traditionnelles suivantes :

*"L'évacuation des eaux consiste à*

*collecter l'ensemble des eaux usées aussi parfaitement et rapidement que possible, et à les éliminer des zones habitées, sans nuisances pour les résidents, sans entraves pour les transports et sans dommages pour les eaux de surface et souterraines"*.

*"Sont désignées comme eaux usées toutes les eaux qui doivent être évacuées, d'une quelconque manière des zones habitées. Les eaux usées englobent les résidus liquides et en partie solides produits par les ménages et par l'industrie, de même que les eaux de pluie, d'infiltration, les eaux provenant de la fonte des neiges et des fontaines, du sous-sol et des ruisseaux, fussent-elles polluées ou non" [1].*

Même si la protection des eaux s'inscrit dans les objectifs de l'évacuation des eaux d'une agglomération, la priorité est accordée à la sécurité offerte par une évacuation aussi rapide que possible. La définition globale des eaux usées a amené bien des ingénieurs à évacuer inutilement, et aussi rapidement que possible, les eaux usées non polluées dans les égouts, au lieu de rechercher des possibilités de réacheminer ces eaux, de façon décentralisée, dans le cycle naturel, plus lent. L'évacuation des eaux d'une agglomération implique l'opposition de deux objectifs :

PROTECTION DE L'HOMME  
CONTRE LA NATURE

et

PROTECTION DE LA NATURE  
CONTRE L'HOMME.

L'homme doit rencontrer le moins d'obstacles possible dans le cadre de ses activités ; par conséquent, il faut éviter les inondations de surfaces utiles, ainsi que les effets négatifs sur le plan hygiénique et esthétique. En revanche, les eaux doivent être maintenues dans un état qui réponde aux objectifs de la protection des eaux. Sur ce plan, les coûts élevés d'investissement et d'exploitation empêchent de concilier une sécurité d'évacuation absolue et la protection des eaux.

Afin de tenir compte de ces objectifs antinomiques et de corriger les effets négatifs que l'évacuation des eaux a produits jusqu'à présent sur l'environne-

und hat dabei zusätzlich Platz für Strassen gewonnen.

Mehrere Generationen von Ingenieuren haben sich für den raschen und betriebssicheren Abwassertransport in den Kanälen eingesetzt. Die Schwemmkanalisation, die ursprünglich vor allem zur Lösung von hygienischen Problemen eingeführt wurde, ist immer mehr zum zentralen Ableitungselement sämtlichen Abwassers aus einer Siedlung geworden, unabhängig davon, ob dieses verschmutzt oder unverschmutzt ist. Als dann die Kläranlagen allmählich erstellt wurden, um die Vorfluter vor Verunreinigungen zu schützen, flossen die verschmutzten Abwässer nicht selten mit dem Bach- und Drainagewasser durch die Kläranlagen.

### GEWÄSSERSCHUTZPROBLEME ALS FOLGE DER SIEDLUNGSENTWÄSSERUNG

Durch die oben beschriebene Art der Siedlungsentwässerung werden die hygienischen und ästhetischen Bedürfnisse der Abwasserentsorgung sowie die Anforderungen an die Sicherheit und den Komfort hinsichtlich der Regenwasserableitung befriedigt. Allerdings entstehen dabei verschiedene Gewässerschutzprobleme:

- der rasche Regenwasserabfluss aus versiegelten Flächen führt zur Erhöhung von Abflussspitzen in kleineren Fließgewässern, was deren Ausbau erfordert,
- die Ableitung statt Infiltration von unverschmutztem Regenwasser vermindert die Neubildung des Grundwassers,
- die Ableitung des unverschmutzten Abwassers in der Mischkanalisation führt zur Zunahme der Häufigkeit und der Dauer von Mischwasserentlastungen und damit zu höherer Vorfluterbelastung bei Regenwetter und während der Schneeschmelze,
- das unverschmutzte Abwasser beeinträchtigt den Betrieb und die Leistung der Kläranlagen und verursacht eine bedeutende Erhöhung der Investitions- und Betriebskosten bei der Abwasserreinigung.

### WIE SOLLEN SIEDLUNGEN ENTWÄSSERT WERDEN ?

Die meisten schweizerischen Ingenieure kennen die folgenden traditionellen Definitionen

*„Aufgabe der Ortsentwässerung ist es, sämtliche Abwässer so vollkommen und so schnell als möglich zu sammeln und aus dem Bereich menschlicher Siedlungen zu entfernen, ohne Belästigung der Bewohner, ohne Beeinträchtigung des Verkehrs und ohne Schädigung der ober- und unterirdischen Gewässer“ [1].*

*„Als Abwässer werden sämtliche Wasser bezeichnet, die auf irgendeinem Wege aus dem Bereich von Siedlungen abgeleitet werden müssen. Die Abwässer umfassen die flüssigen und zum Teil festen Abgänge aus Haushalt, Gewerbe und Industrie, sowie Regenwasser, Schneeschmelz- und Sickerwasser, Abflüsse von Laufbrunnen, zuzisende Grund- und Bachwässer, gleichgültig, ob diese verschmutzt oder unverschmutzt sind“ [1].*

Obwohl die Schonung der Gewässer als Teil der Zielsetzungen der Siedlungsentwässerung erkannt wurde, stand mit der gewünschten möglichst raschen Ableitung des Abwassers aus den Siedlungen der Entwässerungskomfort im Vordergrund. Die umfassende Definition des Abwassers hat manchen Ingenieur dazu verführt, auch unverschmutzte Abwässer unnötigerweise über die Kanalisationen möglichst rasch abzuleiten, statt Möglichkeiten suchen, wie unverschmutztes Wasser möglichst dezentral in den langsamen natürlichen Kreislauf zurückgeführt werden kann.

Bei der Siedlungsentwässerung stehen sich zwei konkurrierenden Ziele gegenüber:

SCHUTZ DES MENSCHEN VOR DER NATUR

und

SCHUTZ DER NATUR VOR DEM MENSCHEN

Der Mensch soll möglichst wenig in seinen Aktivitäten beeinträchtigt werden. Also sollen Überflutungen von Nutzflächen sowie hygienisch und ästhetisch bedenkliche Effekte vermieden werden. Daneben sollen jedoch die Gewässer in einem Zustand erhalten werden, der den Zielsetzungen des Gewässerschutzes entspricht. Die erheblichen Investitions- und Betriebskosten verhindern dabei absoluten Entwässerungskomfort und Gewässerschutz.

Um diese gegensätzlichen Ziele zu berücksichtigen und Korrekturen der bisher negativen Einflüsse der Sied-

lungsentwässerung auf die Umwelt einzuleiten, ist eine Revision der traditionellen „Entwässerungsphilosophie“ notwendig. Sie soll die Einführung und Verbreitung einer naturnahen Entwässerung von Siedlungen unterstützen. Im Vergleich zur technischen Entwässerung ist bei der naturnahen Entwässerung eines Gebietes der Regenabfluss wesentlich kleiner und langsamer. Nur diejenigen Abwässer sollen abgeleitet werden, die im Einzugsgebiet selbst nicht schadlos versickert werden können. Auch sollen Retentionsmöglichkeiten genutzt werden, um die Abflussspitzen zu verringern und um die Abflusgeschwindigkeit zu verlangsamen. So kann die Siedlungsentwässerung zu einem Ausgleich zwischen den Anforderungen der Bevölkerung an Sicherheit und Komfort einerseits und den dadurch verursachten Beeinträchtigungen der Natur andererseits beitragen.

### EIN VERSTÄNDNIS DES GESAMTEN SYSTEMS IST NOTWENDIG

Die bisherige Trennung zwischen der Kanalisationstechnik und dem Umweltschutz hat zum Teil seine Ursache in der Trennung des Siedlungswasserbaus (Wasserversorgung, Kanalisation und Abwasserreinigung) vom klassischen Fluss-Wasserbau. Noch bis vor wenigen Jahren haben in der Schweiz Ämter bestanden, die sich primär mit Kanalisationen und Abwassereinigung befassten und Leistungen der Kläranlagen anhand von einheitlichen Anforderungen bezüglich des Verfahrens festlegten. Sie integrierten jedoch den eigentlichen Schutz der Gewässer anhand von identifizierten Problemen kaum in ihre Betrachtungen. Erst seit Inkraftsetzen der Verordnung über Abwassereinleitungen im Jahre 1975 [2] ist der Zusammenhang zwischen der Abwasserreinigung und dem Zustand des Gewässers deutlich hergestellt worden. Seither ist es üblich, dass der Siedlungswasserbauer den Belangen des Gewässerschutzes hohe Priorität in seinen Überlegungen einräumt. Besonders deutlich kommt das bei den verschärften Einleitbedingungen der Verordnung zum Ausdruck, die zu Massnahmen der weitergehenden Abwassereinigung führen.

Eine ausgewogene Lösung von Problemen der Siedlungsentwässerung kann nur dann gefunden werden, wenn das ganze System: Niederschlag und Ab-

ment, il importe de repenser la "philosophie" traditionnelle de l'évacuation des eaux. Il faut soutenir l'introduction et l'extension d'une évacuation "semi-naturelle" des eaux des agglomérations. Par rapport aux procédés techniques, la méthode semi-naturelle suppose un écoulement plus réduit et plus lent des eaux de pluie. Seules sont évacuées les eaux usées qui ne resteraient pas inoffensives en s'infiltrant dans la zone de desserte. Il faut également mettre à profit les possibilités de rétention, afin d'atténuer les pointes et la vitesse d'écoulement. De cette manière, l'évacuation des eaux d'agglomération pourrait satisfaire les exigences de la population en matière de sécurité et d'efficacité du système, sans pour autant mettre en péril la nature environnante.

### UNE CONCEPTION D'ENSEMBLE EST NÉCESSAIRE

La distinction traditionnelle entre la technique du tout-à-l'égout et la protection de l'environnement résulte en partie de la séparation entre la construction des ouvrages hydrauliques (approvisionnement, égouts, épuration) et l'aménagement des eaux courantes. Jusqu'il y a quelques années encore, il existait en Suisse des services qui s'intéressaient en priorité aux égouts et à l'épuration des eaux usées, qui fixaient les rendements des stations d'épuration à partir d'impératifs unitaires, mais qui ne tenaient guère compte de la protection des eaux sur la base de problèmes identifiés. Ce n'est que depuis l'entrée en vigueur de l'ordonnance de 1975 sur le déversement des eaux usées [2] que le lien a été clairement établi entre l'épuration des eaux usées et l'état des eaux. Depuis lors, il est habituel que le constructeur d'ouvrages hydrauliques en agglomération accorde une place importante à la protection des eaux dans ses considérations. Cela se manifeste surtout dans les conditions strictes stipulées par l'ordonnance, lesquelles imposent des mesures concernant l'ensemble du processus d'épuration.

Une solution équilibrée ne peut dès lors être trouvée que si l'ensemble du système est pris en considération lors de l'étude du concept d'évacuation des eaux: précipitations et production d'eaux usées, réseau et installations de traitement, collecteur et eaux souterraines. La technique traditionnelle des égouts

devient ainsi une discipline aux multiples facettes, qui intègre l'étude de tout le cycle de l'eau et des matières dans les systèmes d'évacuation des eaux. Cette jeune discipline est désignée par le terme d'hydrologie urbaine; elle se définit comme une science interdisciplinaire, qui s'intéresse à l'eau en relation avec les activités humaines dans les zones habitées. Elle est née de la nécessité de mieux comprendre et d'améliorer l'évacuation des eaux dans les villes et leurs périphéries. Elle utilise des méthodes issues de l'hydrologie classique, de la construction d'ouvrages hydrauliques, de l'économie hydraulique et de la technologie des procédés industriels. L'utilisation de modèles de simulation numérique y joue un rôle prépondérant.

### L'ÉVACUATION DES EAUX COMMENCE PAR LE DRAINAGE DES TERRAINS

La conception de l'évacuation des eaux est déjà largement influencée par le drainage des terrains. La coordination du drainage des terrains et de l'évacuation des eaux locales, telle qu'elle est définie dans les nouvelles directives de l'Association suisse des professionnels de l'épuration des eaux (ASPEE) [3], constitue une condition préalable absolue aux améliorations de la philosophie traditionnelle.

Les principes de drainage des terrains selon ces nouvelles directives [3 et 4] sont présentés dans le tableau 1. D'après ces directives, le système unitaire et séparatif, complété par d'éventuelles canalisations pour "eaux usées non polluées", reste l'élément central d'un système d'évacuation des eaux. Les éléments nouveaux ou redécouverts importants résident dans la rétention et l'infiltration, qui doivent compenser l'évacuation rapide des eaux urbaines.

La grande réserve manifestée au cours des dernières décennies à l'égard de l'admission d'infiltrations nous a souvent fait oublier à quel point cette possibilité était économique et judicieuse sur le plan écologique. La révision de la loi sur la protection des eaux et le remaniement des directives de l'ASPEE sur le drainage des terrains et la conception générale des égouts doivent maintenant mettre l'infiltration et l'évacuation sur un pied d'égalité.

Aux terrains à bâtir s'applique sur-

tout le principe selon lequel seules doivent être évacuées les eaux usées qui ne peuvent pas être retenues sur le terrain. En dehors de l'infiltration, il faut aussi rechercher et mettre à profit d'autres possibilités locales, comme l'utilisation et l'extension des espaces verts, ou l'exploitation de l'eau de pluie pour les besoins sanitaires (arrosage, lessive, etc.). De même, les eaux usées particulièrement contaminées (provenant, par exemple, des hôpitaux et de l'industrie) et déversées dans le système unitaire devraient être stockées temporairement en cas de pluie, et acheminées vers la station d'épuration seulement après l'écoulement des eaux de pluie. Il en va de même pour les canalisations d'eaux polluées des systèmes séparatifs qui rejoignent, le cas échéant, le système unitaire. On pourrait ainsi réduire la part de la charge polluante au niveau des déversoirs d'eau de pluie. Bon nombre des mesures mentionnées sont aujourd'hui techniquement réalisables. Pour trouver d'autres solutions, les idées et la créativité sont les bienvenues; ce message s'adresse avant tout aux spécialistes de l'industrie et aux architectes.

### DE NOUVELLES SOLUTIONS À L'ÉCHELON LOCAL

Indépendamment du système de rétention, d'infiltration ou d'évacuation réalisé à l'intérieur des terrains, il faut rechercher d'autres possibilités à l'échelon communal (c'est-à-dire au-delà des limites des différents terrains). Plusieurs systèmes d'évacuation semi-naturelle entrent en ligne de compte:

- Revêtements perméables (routes, chemins, parkings)
- Diverses installations d'infiltration centrales
- Bassins de retenue et canaux de stockage
- Installations de traitement des eaux mélangées au niveau des déversoirs
- Installations de contrôle du débit, etc.

Bon nombre de ces solutions sont déjà appliquées en divers endroits, d'autres sont en cours de mise au point; leur multiplication est à prévoir à l'échelle mondiale.

Un système d'évacuation expérimental a été mis au point à Tokyo [5]. Le principe se base sur une infiltration et une rétention maximales dans une zone à forte densité de population. Outre l'infiltration et la rétention dans le terrain,

wasseranfall, Netzwerk und Behandlungsanlagen, Vorfluter und Grundwasser bei der Untersuchung des Entwässerungskonzeptes betrachtet wird. Dadurch entwickelt sich die traditionelle Kanalisationstechnik zu einer vielfältigen Disziplin, die die Betrachtung des gesamten Wasser- und Stoffkreislaufes im Bereiche der Entwässerungssysteme umfasst. Diese junge Disziplin wird als Siedlungshydrologie bezeichnet; sie wird definiert als eine interdisziplinäre Wissenschaft, die sich mit Wasser im Zusammenhang mit menschlichen Tätigkeiten in den Siedlungen befasst. Sie wurde entwickelt aus der Notwendigkeit, die Entwässerung in städtischen Gebieten und deren Umgebung besser zu verstehen und zu beeinflussen. Sie bedient sich Methoden, die aus der klassischen Hydrologie, dem Siedlungswasserbau, der Wasserwirtschaft und der Verfahrenstechnik stammen. Dabei spielt die Nutzung numerischer Simulationsmodelle eine herausragende Rolle.

#### DIE ENTWÄSSERUNG BEGINNT AUF DEM GRUNDSTÜCK

Die Konzeption der Entwässerung wird bereits bei der Entwässerung von Liegenschaften massgebend beeinflusst. Die Koordination der Grundstücksentwässerung und der Ortsentwässerung, wie sie in der neuen Richtlinien über Generelle Entwässerungsplanung [3] enthalten ist, stellt eine absolute Voraussetzung für die notwendigen Korrekturen der bisherigen Entwässerungsphilosophie dar.

Die Grundsätze der Grundstücksentwässerung nach der neuen VSA-Richtlinie [3 und 4] sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Nach diesen Grundsätzen bleiben das Misch- und Trennsystem, ergänzt mit allfälligen "Reinabwasser"-Leitungen nach wie vor die zentralen Elemente eines Entwässerungssystems. Als wichtige neu- oder wiedererfundene Elemente eines modernen Entwässerungssystems erweisen sich Retention und Versickerung. Sie sollen der raschen Entwässerung von Siedlungen entgegenwirken.

Die grosse Zurückhaltung bei der Zulassung von Versickerungen hat uns in den letzten Jahrzehnten diese häufig sehr ökonomische und ökologisch sinnvolle Möglichkeit vergessen lassen. Mit der Revision des Gewässerschutzgesetzes und mit der Überarbeitung der VSA

Richtlinien über die Grundstücksentwässerung und über die generelle Kanalisationsplanung sollen nun die Versickerung und die Ableitung gleichgestellt werden.

Vor allem auf dem Grundstück gilt das Prinzip, dass nur derjenige Abwasseranteil abgeleitet werden darf, der auf dem Grund nicht zurückgehalten werden kann. Neben der Versickerung sollen auch andere lokale Möglichkeiten, wie z.B. die Nutzung und Vergrösserung von Grünflächen und die Nutzung vom Regenwasser für den Brauchwasserbedarf (Bewässerung, Reinigung, etc.) gesucht und genutzt werden. Auch besonders kontaminierte und im Mischsystem entwässerte Abwasserquellen (z.B. Spitäler, Industrie) sollen bei Regen weiter ihre Abwässer speichern und erst nach dem Abklingen der Regenwasserwellen in die Kläranlage ableiten. Ähnliches gilt auch für die Schmutzwasserkanäle der Trennkantonalisation, die eventuell in die Mischkanalisation eingeleitet werden. So könnte der Anteil von Verunreinigungsfrachten bei Regenüberläufen vermindert werden. Viele von den erwähnten Massnahmen sind heute technisch ausgereift. Um weitere Lösungen zu finden, sind Ideen und Kreativität nötig; dabei sind vor allem Fachleute aus der Industrie und die Architekten angesprochen.

#### NEUE LÖSUNGEN AUCH IN DER ORTSENTWÄSSERUNG

Unabhängig davon, ob auf dem Grundstück eine Versickerung, eine Retention oder nur eine Ableitung realisiert werden kann, sollen weitere Möglichkeiten in der Ortsentwässerung (d.h. ausserhalb der Grundstücksgrenzen einzelner Liegenschaften) gesucht werden. Als mögliche Massnahmen der naturnahen Entwässerung kommen in Frage:

- Anwendung von durchlässigen Belägen (Strassen, Wege, öffentliche Parkplätze),
- verschiedene Arten von zentralen Infiltrationsanlagen
- Rückhaltebecken & Speicherkanäle
- Anlagen für Behandlung von Mischwasser an Überläufen,
- Anlagen zur Abflusssteuerung, usw..

Viele von diesen Massnahmen sind an verschiedenen Orten bereits im Betrieb, weitere befinden sich in der Entwicklungsphase; eine Verbreitung und damit auch vermehrte Erfahrungen mit

diesen Massnahmen lassen sich in der nächsten Zeit weltweit erwarten.

So wurde z.B. in Japan ein Entwässerungssystem entwickelt, das bereits in Tokyo auf einer Fläche von ca 450 ha (Wohngebiet mit ca 56'000 Einwohnern) realisiert wurde [5]. Das Entwässerungsprinzip basiert auf einer maximal möglichen Versickerung und Retention in einem dicht besiedelten Wohngebiet. Nach der Infiltration und Retention auf dem Grundstück werden Massnahmen zur Verminderung und Verlangsamung des Abflusses auch in der Ortsentwässerung gesucht (Fig. 1).

Das System hat sich im Betrieb bewährt und wird ausgebaut. Die Baukosten dieses Systems sind ca 20% höher als die Baukosten des konventionellen Systems. Diese Differenz soll durch die Reduktion der Schäden bei Überschwemmungen kompensiert werden.

#### EFFIZIENTE MASSNAHME AN DER QUELLE

Massnahmen an der Quelle müssen sehr differenziert betrachtet werden. Die Reduktion von Blei im Benzin wird sicher einen grossen Effekt auf die Belastung der Gewässer mit Blei haben. Hingegen hat die vermehrte Strassenreinigung nur einen geringen Effekt auf die Reduktion der Schwermetalle im Oberflächenabfluss der Verkehrsflächen: Die meisten Verunreinigungs-komponenten sind nämlich an die feinsten Partikel angelagert, die bei der Strassenreinigung nur teilweise erfasst werden.

Ähnliches gilt auch für den Abwasseranfall: Sparmassnahmen im Haushalt sind sicher zu begrüssen, sie kosten wenig oder nichts und spielen eine erzieherische Rolle. Aber ohne konsequente (und teure) Fremdwasserreduktion stellt vielerorts das Wassersparen im Haushalt nur einen Tropfen auf den heissen Stein dar. So wurde zum Beispiel anfangs der achtziger Jahre in 5 von 29 Kläranlagen im Kanton Basel-Landschaft 15 - 30%, in 16 Kläranlagen 30 - 50%, und in 8 Kläranlagen sogar 50 - 70% Fremdwasser während Trockenwetter festgestellt [6]. Vor dem Beginn der Fremdwassersanierung im Einzugsgebiet der Kläranlage Werdhölzli (Zürich) betrug der Fremdwasseranfall bei Trockenwetter im Jahresmittel ca 1.2 m<sup>3</sup>/s [7]. Die Investitionskosten für 1 Sekundenliter in der Kläranlage

des solutions sont recherchées pour réduire et ralentir l'écoulement au niveau de l'évacuation des eaux communales (fig.1).

Ayant maintenant fait ses preuves, ce système est en cours d'extension. Les coûts de construction sont d'environ 20% supérieurs à ceux du système conventionnel. Cette différence doit être compensée par la réduction des dégâts occasionnés lors d'inondations.

### **MESURES EFFICACES À LA SOURCE**

Les mesures prises à la source doivent être considérées de manière très différenciée. La réduction du plomb dans l'essence aura sans doute une répercussion sensible sur la pollution des eaux par le plomb. En revanche, le nettoyage accru des rues n'a qu'un effet limité sur la diminution des métaux lourds présents dans les eaux s'écoulant des surfaces affectées aux transports : la plupart des composants polluants sont en effet attachés aux microparticules qui échappent en partie au nettoyage des rues.

Il en va de même pour la production d'eaux usées : des mesures d'économie sont certes souhaitables au niveau des ménages, d'autant que leur coût est réduit voire nul, et qu'elles jouent un rôle éducatif. Mais les économies d'eau resteront lettre morte sans une réduction conséquente (et coûteuse) des eaux parasites. Ainsi, par exemple, on a constaté, par temps sec, dans 5 stations d'épuration sur 29 du canton de Bâle-Campagne, la présence de 15 à 30% d'eaux parasites, dans 16 d'entre elles 30 à 50%, et même 50 à 70% dans 8 de ces stations [6]. Avant l'introduction de l'assainissement des eaux parasites dans la zone de desserte de la station de Werdhölzli à Zurich, la production d'eaux parasites par temps sec s'élevait, en moyenne annuelle, à environ 1,2 m<sup>3</sup>/s [7]. Les coûts d'investissement pour un litre/seconde dans la station d'épuration se chiffrent approximativement à 20 000 - 50 000 francs, les coûts en énergie à 1 000 francs par an.

### **A NOUVELLES SOLUTIONS, NOUVELLES MÉTHODES DE TRAVAIL**

La recherche de nouveaux systèmes non polluants d'évacuation des eaux exige de nouvelles méthodes de travail. Les outils généralement appliqués aujourd'hui, comme la mesure du temps

d'écoulement pour dimensionner les canalisations d'eau de pluie, conçus en fonction d'objectifs définis antérieurement, ne permettent guère de mettre au point des solutions différenciées.

Nous pouvons au moins, d'après les tendances actuelles, présenter les méthodes qui seront utilisées à l'avenir. Selon toute vraisemblance, la multiplication rapide des possibilités offertes par les programmes de simulation permettront aux ingénieurs de mieux comprendre le comportement de systèmes complexes d'évacuation des eaux. A partir de là, il devrait être possible de mettre au point des mesures efficaces et, en collaboration avec les écologistes et les hydrogéologues, d'élaborer des systèmes plus soucieux de l'environnement. L'application de modèles de simulation implique des exigences bien supérieures en ce qui concerne les connaissances techniques des ingénieurs et la qualité des documents de travail. Par ailleurs, les résultats donnent une image beaucoup plus proche de la réalité ; on est donc tenté d'approcher, davantage qu'aujourd'hui, des limites de capacité du système d'évacuation et de travailler avec des marges de sécurité plus réduites.

Il ne faut toutefois pas que la sécurité offerte par les systèmes actuels soit menacée par une application abusive de nouvelles méthodes de travail ou de documents inappropriés. Un modèle de simulation doit servir en priorité à mieux comprendre les effets de mesures différenciées dans l'ensemble de la zone d'évacuation des eaux, et non à réduire la sécurité.

La disponibilité de l'ordinateur ne signifie pourtant pas qu'un modèle de simulation doive être appliqué à chaque problème. Le concepteur du projet a besoin d'une sélection de méthodes de dimensionnement simples, efficaces et bon marché, et de méthodes complexes et plus coûteuses adaptées à la simulation de processus réels dans des systèmes d'évacuation complexes. A chaque stade de l'étude, les méthodes et les documents de travail doivent être harmonisés et offrir la précision requise [8,9].

### **UN OBJECTIF FIXÉ AU NIVEAU POLITIQUE**

La définition des objectifs implique que soient pris en considération divers intérêts parfois antinomiques. Il est très

délicat de pondérer la sécurité d'évacuation par rapport à la pollution de l'environnement. Il appartient aux responsables politiques de déterminer qui doit dépenser combien, pour garantir une haute sécurité et limiter autant que possible les risques encourus par la nature.

Pour l'homme politique comme pour le citoyen, il est cependant extrêmement difficile de décider seul des objectifs à définir. Outre les incertitudes qui entourent surtout les objectifs écologiques, il ne faut pas omettre que les conditions locales jouent aussi un rôle prépondérant. Dans bien des cas, un encadrement technique se révèle donc nécessaire, susceptible d'expliquer les mesures possibles et leurs coûts, à partir de l'identification des problèmes existants. Ces propositions reposent sur des connaissances techniques, une expérience professionnelle et des dispositions légales ou techniques. L'auteur de ces analyses et de ces projets est responsable du choix de la méthode de travail, de la valeur informative des résultats et de la solution technique du problème. La définition des objectifs ne relève toutefois pas de sa compétence. C'est pourquoi il importe que la population puisse être renseignée en temps opportun à propos de ce problème sur la base d'informations adéquates.

### **LES AMÉLIORATIONS SONT RÉALISABLES**

L'accroissement des surfaces affectées à l'habitat et au transport en Suisse, lesquelles exigent de nouvelles installations d'évacuation des eaux, croît toujours d'environ 2% par an [10]. Par ailleurs, le réseau actuel doit être rénové. Sur la base d'une durée de vie estimée à 50-80 ans, le taux de rénovation des canalisations se situe vers 1,5 à 2% par an. Ainsi, la part des installations rénovées approchera 30-40% d'ici 25 ans. Il n'est donc pas exagéré d'estimer à au moins 50%, en 2015, le volume des installations en service depuis moins de 25 ans. Autrement dit, au moins 50% des installations d'évacuation des eaux répondront alors aux objectifs de la nouvelle philosophie, dans la mesure où il celle-ci sera appliquée dès maintenant et dans sa totalité.

### **UN ASPECT IMPORTANT : LA LONGÉVITÉ DES INSTALLATIONS**

Quand il s'agit d'investir dans des

Tab.1

Principes d'évacuation des eaux en agglomération [3, 4]

Grundsätze für die Siedlungsentwässerung von [3, 4].

Eaux usées <i>Terminologie selon norme SNV 052030</i>	Trennsystem <i>Système séparatif</i>			Mischsystem <i>Système unitaire</i>			Abwasser <i>Terminologie gemäss Norm SNV 052030</i>
	Schmutzwasser <i>Canalisation des eaux résiduaires</i>	Regenabwasserkanal <i>Canalisation d'eaux pluviales</i>	Versickerung <i>Infiltration</i>	Mischwasserkanal <i>Canalisation unitaire</i>	Reinabwasserleitung <i>Canalisation d'eau non chargée</i>	Versickerung <i>Infiltration</i>	
<i>Eau résiduaire (WAS-H, WAS-I): Ménages, Artisa- nat, Industrie</i>	XX	0	0	XX	0	0	Schmutzabwasser (WAS-H, WAS-I): Haushaltungen, Gewerbe, Industrie
<i>Eaux pluviales (WAR-R, WAS-R):</i> ♦ Toits ♦ Chemins, places de parc ♦ Places de transvasement et places de travail	0 0 5)	(x) (x) 5)	X 3) X 4) 5)	(x) (x) 5)	0 1) 0 1) 5)	X 3) X 4) 5)	Regenwasser (WAR-R, WAS-R): ♦ Dächer ♦ Zufahrten, Wege, Parkplätze ♦ Umschlagplätze und Arbeitsflächen 2)
<i>Eau non chargée:</i> ♦ Fontaines et eaux de drai- nage (WAR-B) ♦ Eaux souterraines et sour- ces (WAR-G) ♦ Eaux de refroidissement (WAR-K)	0 0 0	(x) (x) (x)	X X X	0 1) 0 0 1)	(x) (x) (x)	X X X	Reinabwasser: ♦ Brunner- und Sickerwasser (WAR-B) ♦ Grund- und Quellwasser (WAR-G) ♦ Kühlabwasser (WAR-K)

Légende      Legende

raccordement obligatoire      XX Anschluss obligatorisch  
solution recommandée      X anzustrebende Lösung

*n'est autorisé que lorsque l'infiltration n'est pas possible, du fait des conditions hydrogéologiques, de la pollution des eaux, des risques d'avaries, etc.*      (x) nur gestatten, wenn die Versickerung aufgrund der hydrogeologischen Verhältnisse, der Verschmutzung des Abwassers, der Havarierisiken, usw. nicht möglich ist.

*non autorisé*      0 nicht gestattet

*n'est autorisé à titre exceptionnel que pour de petits débits*      1) nur für kleine Wassermengen mit besonderer Bewilligung gestattet

*en ce qui concerne les liquides pouvant altérer les eaux cf ordonnance sur la protection des eaux contre les liquides pouvant les altérer*      2) betr. wassergefährdende Flüssigkeiten vgl. "Verordnung über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten"

*si possible par infiltration superficielle, sinon par installation d'infiltration*      3) wenn möglich oberflächliches Versickernlassen, ansonsten Versickerungsanlage

*infiltration superficielle*      4) oberflächliches Versickernlassen

*concept d'évacuation des eaux selon chiffre 3.3.7 de la norme SN 592000*      5) Entwässerungskonzept nach Ziffer 3.3.7 der Norm SN 592000

Pour tous déversements ou infiltrations il convient de cas en cas, de requérir les autorisations nécessaires auprès de l'Autorité. Les ruisseaux sont des eaux publiques. Ils ne peuvent être raccordés au réseau de canalisations. Les raccordements existants sont à supprimer. Le cas échéant un nouveau lit sera constitué.

Bei allen Einleitungen und Versickerungen sind die fallweise erforderlichen behördlichen Bewilligungen einzuholen. Bäche sind öffentliche Gewässer. Sie dürfen nicht an das Kanalisationsnetz angeschlossen werden. Bestehende Einleitungen sind aufzuheben. Gegebenfalls ist ein neues Bachbett zu erstellen.

Hydrogeologen, auch umweltschonendere Lösungen zu erarbeiten.

Die Anwendung von Simulationsmodellen stellt wesentlich höhere Ansprüche an die Fachkenntnisse der Ingenieure und an die Qualität der Arbeitsunterlagen. Mit der Anwendung von Simulationsmodellen erhöht sich auch die Realitätsnähe der Resultate, und man ist versucht, sich wesentlich mehr als heute den Kapazitätsgrenzen des Entwässerungssystems zu nähern und mit kleineren Sicherheiten zu arbeiten.

Der heute hohe Entwässerungskomfort sollte aber nicht durch die falsche Anwendung von neuen Arbeitsmethoden oder ungeeigneten Unterlagen gefährdet werden. Die primäre Aufgabe einer Abflusssimulation ist es, die Wirkungen differenzierter Massnahmen im gesamten Entwässerungsgebiet besser zu verstehen und nicht die Sicherheiten herabzusetzen.

Die Verfügbarkeit des Computers bedeutet nicht, dass für jedes Problem ein Simulationsmodell angewendet werden muss. Der Projektverfasser braucht eine Auswahl von bewährten, einfachen und billigen Methoden zur Lösung von einfachen Dimensionierungsaufgaben, bis hin zu komplizierten und teuren Methoden, die für die Simulation von realen Prozessen in komplexen Entwässerungssystemen geeignet sind. Auf jeder Detaillierungsstufe sollen die Bearbeitungsmethoden und die Projektunterlagen aufeinander abgestimmt sein und

liegen bei ca 40'000.-Fr, die Energiekosten für 1 Sekundenliter in der Kläranlage betragen gut 1'000 Franken pro Jahr.

NEUE LÖSUNGEN BEDINGEN NEUE ARBEITSMETHODEN

Die Suche nach neuen, umweltschonenden Möglichkeiten der Entwässerung bedarf neuer Arbeitsmethoden. Die heute bekannten und allgemein angewandten Werkzeuge, wie z. B. das Fliesszeitverfahren zur Bemessung von Regenwasserkanälen, sind im Hinblick auf die früheren Zielsetzungen entwickelt worden und erlauben es kaum, differenzierte Lösungen zu erarbeiten.

Heute können wir zumindest die Trends aufzeigen, mit welchen Methoden in Zukunft gearbeitet werden wird. Absehbar ist, dass mit der vermehrten Verfügbarkeit von Simulationsprogrammen die Möglichkeiten des Ingenieurs rasch zunehmen, Einsichten in das Verhalten von komplexen Entwässerungssystemen zu erhalten. Es sollte möglich werden, auf Grund dieser besseren Einsichten, effizientere Massnahmen zu realisieren und, in Zusammenarbeit mit Oekologen und

systèmes d'évacuation des eaux, les rénovations gagnent de plus en plus en importance. Les coûts réels de ces rénovations dépassent largement ceux des investissements de création. La hausse des coûts spécifiques de construction, due à une réalisation plus difficile et à une qualité généralement supérieure, contraint à planifier de façon optimale, à maintenir le système d'évacuation et à éviter les réserves inutiles.

D'une manière générale, on accorde encore trop peu d'importance, de nos jours, au maintien de la valeur des installations d'évacuation. Bon nombre de communes investissent trop peu dans les travaux d'entretien et de rénovation, ce qui favorise l'usure du matériel. Le danger existe que les rénovations nécessaires, qui s'élèvent à environ 5 000 - 10 000 francs en moyenne par habitant, exposent les communes à de graves difficultés financières, surtout si elles ne bénéficient d'aucune subvention. Il se révèle donc indispensable de prolonger la durée de vie des installations et d'élaborer, outre les projets axés sur des constructions neuves, des projets portant exclusivement sur l'entretien, l'assainissement et l'exploitation du matériel.

### LES INVESTISSEMENTS COÛTEUX DOIVENT ÊTRE "PRODUCTIFS"

Les systèmes d'évacuation des eaux figurent parmi les éléments les plus coûteux de l'infrastructure publique. Jusqu'à présent, il n'est pourtant pas habituel de vérifier, par une surveillance permanente de l'exploitation, si le système est bien utilisé conformément aux normes. Concrètement: les atteintes à la sécurité d'évacuation et à la protection des eaux ne devraient être tolérées que si la capacité du système est utilisée à plein. Cela ne peut se réaliser que par des interventions ponctuelles et systématiques dans le processus d'évacuation ("contrôle de l'écoulement", "gestion des bassins").

### PREMIERS SUCCÈS

Des améliorations ont déjà été apportées aux systèmes d'évacuation des eaux dans les agglomérations suisses. En premier lieu, des mesures ont été prises dans de nombreuses communes, après de multiples analyses, pour limiter la quantité d'eaux étrangères dans les canalisations existantes [11].

Dans diverses zones d'habitation, des

## DIE SIEDLUNGSENTWÄSSERUNG AN DER EAWAG

Der Umbruch in den Zielen, Aufgaben und Methoden der Siedlungsentwässerung wird an der EAWAG durch einen Generationenwechsel begleitet. Die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der Arbeitsgruppe "Siedlungswasserbau" an der Abteilung für Ingenieurwissenschaften sind zumeist aus Altersgründen ausgeschieden. Da die Siedlungsentwässerung eines der Schwerpunktthemen der EAWAG ist, wurde bald darauf eine neue Arbeitsgruppe "Siedlungshydrologie" gebildet. Sie besteht zur Zeit aus einer Ingenieurin (*Marlis Bernauer*), fünf Ingenieuren (*Matthias Grottker, Thomas Gutmann, Vladimir Krejci, Heinz Mutzner, Wolfgang Schilling*) und einer Biologin (*Sonja Gammeter*).

Die Arbeitsgruppe definiert ihre Hauptaufgaben in der Forschung, der Weiterbildung, der Lehre (ETH, HTL) und der Beratung. Im Bereich der Forschung werden z.B. in Zusammenarbeit mit dem BUWAL, dem Kanton Zürich und der Gemeinde Fehraltorf (Zürich) Fragen der "integrierten Siedlungsentwässerung" behandelt. Dabei geht es um Fragen der

- Auswirkungen von kurzzeitigen Mischwassereinleitungen auf die Biozönose kleiner Fließgewässer,
- Genauigkeitsanforderungen und Berechnungsunsicherheiten bei der Erfassung siedlungshydrologischer Prozesse (Regen, Abfluss, Stoff-Frachten),
- Abflusssteuerung und Speicherbewirtschaftung in Entwässerungssystemen,
- Infiltration von Meteorwasser und
- Wirksamkeit von Schmutzwasserspeichern zur Verminderung von Frachtemissionen bei Regen.

Im Bereich Weiterbildung wurde im September 1989 an der EAWAG ein dreitägiger "Grundkurs Modelle siedlungshydrologischer Prozesse" für ca. 80 Ingenieure und Ingenieurinnen aus der Praxis durchgeführt. In einem für September 1990 geplanten Grundkurs II wird es um das Arbeiten mit siedlungshydrologischen Modellen gehen. Weitere Aufbaukurse zur Behandlung spezieller Fragestellungen werden avisiert.

mesures ont été également adoptées pour contrôler l'écoulement dans les canalisations. Les capacités de transport et de stockage dans les collecteurs sont utilisées en fonction d'informations relatives aux précipitations et à l'écoulement, ce qui permet d'exploiter les bassins de retenue des eaux de pluie de façon optimale et de réduire la pollution des collecteurs en cas de pluie.

Plusieurs installations d'infiltration de diverses tailles, destinées notamment aux surfaces affectées au transport (par exemple, dans le canton de Zurich), ont été réalisées et font l'objet de vérifications.

En dépit de ces exemples, on ne peut pas encore parler d'une "percée" de la nouvelle philosophie. Il reste à espérer qu'elle sera stimulée par d'autres facteurs, notamment par les nouvelles directives de l'ASPEE. Un rôle fondamental revient également à toutes les parties prenantes, convaincues qu'elles doivent être que les améliorations sont absolument nécessaires, même si, aux yeux de l'opinion publique, nos systèmes d'évacuation des eaux ne méritent pas d'être critiqués en permanence.

- [1] Hörler, A.: Kanalisation, Ingenieur-Handbuch, Band II, 1966.
- [2] Verordnung über Abwassereinleitungen, 8. Dezember 1975.
- [3] Verband Schweiz. Abwasserfachleute (VSA): Genereller Entwässerungsplan (GEP). Richtlinie für die Bearbeitung und Honorierung, Zürich, 1989.
- [4] VSA/SSIV-Norm SN 592000: Planung und Erstellung von Anlagen für die Liegenschaftentwässerung, in Kraft seit 1. Februar 1990
- [5] Fujita, S.: Experimental Sewer System, its Application and Effects, Proceedings of the 4<sup>th</sup> Int. Conf. in Urban Storm Drainage, Lausanne, 1987.
- [6] Wasserwirtschaftsamt des Kantons Basel Landschaft: Bericht über Sauerwasser in den Kläranlagen, 1980.
- [7] Tiefbauamt der Stadt Zürich: Ausbau Kläranlage Werdhölzli, Trendprognose Trockenwetteranfall, 1976.
- [8] Gujer, W. und V. Krejci: Niederschlag und Siedlungsentwässerung: Von Hörler/Rhein zum historischen Ereignis, VSA-Bericht Nr. 388, EAWAG-Separatum Nr. 1405.
- [9] Krejci, V.: Regen als Grundlage der Abflussberechnung bei der Siedlungsentwässerung, VSA-Bericht Nr. 395, EAWAG-Separatum Nr. 1416.

der erforderlichen Genauigkeit der Resultate entsprechen [8, 9].

### **DAS ZIEL DER SIEDLUNGS- WÄSSERUNG WIRD POLITISCH FESTGELEGT**

Bei der Festlegung der Entwässerungsziele muss eine Reihe von verschiedenen und teilweise konkurrierenden Interessen gegeneinander abgewogen werden. Dabei ist es sehr schwierig, den Entwässerungskomfort gegenüber dem Schaden an der Umwelt zu gewichten. Es ist eine politische Aufgabe festzulegen, wer wieviel Geld aufwenden soll, um einen hohen Entwässerungskomfort zu gewährleisten und/oder Eingriffe in die Natur möglichst gering zu halten.

Sowohl für den Politiker als auch für den Stimmbürger ist es jedoch sehr schwierig, allein über die Entwässerungsziele zu entscheiden. Abgesehen von den allgemeinen Unsicherheiten, die vor allem mit den ökologischen Zielvorstellungen zusammenhängen, ist zu beachten, dass auch die lokalen Verhältnisse eine sehr grosse Rolle spielen. In vielen Fällen ist deswegen eine fachliche Unterstützung notwendig, bei der anhand der Identifikation der existierenden Probleme mögliche Massnahmen und deren Kosten aufgezeigt werden sollen. Diese Vorschläge beruhen auf fachlichen Kenntnissen, Berufserfahrungen und auf gesetzlichen oder technischen Bestimmungen.

Der Verfasser solcher Analysen und Vorschläge ist verantwortlich für die Wahl der richtigen Arbeitsmethode, für die Aussagekraft seiner Resultate und für die technische Lösung des Problems. Er kann jedoch nicht für die Festlegung des Zielzustandes zuständig und damit auch verantwortlich sein. Deswegen ist es wichtig, dass auch die Bevölkerung anhand geeigneter Informationen über die Problematik der Siedlungsentwäs-

serung rechtzeitig orientiert wird.

### **DIE ENTWÄSSERUNGSKORREKTUREN SIND REALISIERBAR**

Der Zuwachs der Siedlungs- und Verkehrsflächen in der Schweiz, die neue Entwässerungsanlagen erfordern, beträgt noch immer ca 2 % pro Jahr [10]. Daneben ist das bestehende Entwässerungsnetz zu erneuern. Bei einer geschätzten Lebensdauer der Kanalisation von 50 bis 80 Jahren beträgt die Erneuerungsrate ca 1.5 bis 2 % pro Jahr. Der Zuwachs von erneuerten Entwässerungsanlagen wird somit in 25 Jahren auf 30 - 40 % geschätzt. Deswegen ist es sicher nicht übertrieben, wenn man im Jahre 2015 das Volumen der Anlagen, die weniger als 25 Jahre im Betrieb sind, auf mindestens 50% schätzt. Das heisst, dass mindestens 50% der Entwässerungsanlagen im Jahre 2015 dem angestrebten Entwässerungskonzept entsprechen können, sofern die neue Entwässerungsphilosophie jetzt und umfassend berücksichtigt wird.

### **LANGE LEBENSDAUER DER ANLAGEN IST WICHTIG**

Bei den Investitionen im Entwässerungssystem gewinnen die Erneuerungen immer mehr an Bedeutung. Die realen Kosten der Erneuerungen übersteigen diejenigen der Erstinvestitionen wesentlich. Die Zunahme der spezifischen Baukosten durch erschwerte Bauausführung und durch die meist qualitativ bessere Bauart führt zum Zwang nach optimalem Entwurf und Erhaltung des Entwässerungssystems und zur Vermeidung von unnötigen Reserven.

Der Werterhaltung der Entwässerungsanlagen wird heute allgemein noch zu wenig Bedeutung beigemessen. In vielen Gemeinden wird zuwenig in den Unterhalt und in die Erneuerungen investiert und damit eindeutig von der Substanz gezehrt. Es besteht die Gefahr, dass die notfallmässige Erneuerung von Entwässerungsanlagen, die heute im Durchschnitt einen Wert von ca 5'000.- bis 10'000.- Fr. pro Einwohner aufweisen, die Gemeinden in grosse finanzielle Schwierigkeiten bringen kann. Dies gilt besonders, wenn die Erneuerungen ohne Subventionen durchgeführt werden müssten. Deswegen ist es erforderlich, die Lebensdauer der bestehenden Anlagen zu verlängern und neben den

Planungsarbeiten, die sich auf den Neubau konzentrieren, auch Pläne zu erarbeiten, die sich systematisch mit dem Unterhalt, der Sanierung und dem Betrieb befassen.

### **TEURE INVESTITIONEN MÜSSEN "PRODUKTIV" SEIN**

Entwässerungssysteme gehören zu den teuersten Elementen öffentlicher Infrastruktur. Bis heute ist es jedoch nicht üblich, durch laufende Betriebsüberwachung zu verfolgen, ob das System entsprechend den Planungsvorgaben auch tatsächlich (aus)genutzt wird. Konkret: Beeinträchtigungen des Entwässerungskomforts und des Gewässerschutzes sollten nur dann zugelassen werden, wenn die Kapazität des Entwässerungssystems vollständig ausgenutzt ist. Dies lässt sich im allgemeinen nur durch zielgerichtete Eingriffe in den laufenden Entwässerungsvorgang bewerkstelligen ("Abflusssteuerung", "Beckenbewirtschaftung").

### **ERFOLGE DER ERSTEN KORREKTUREN**

Korrekturen in der Siedlungsentwässerung in der Schweiz sind bereits eingeleitet. An erster Stelle stehen die Massnahmen zur Reduktion des Fremdwassers in der bestehenden Kanalisation. Nach Untersuchungen in vielen Gemeinden über den Fremdwasseranfall konnten auch die ersten Massnahmen realisiert werden [11].

In mehreren Siedlungsgebieten werden momentan Massnahmen zur Abflusssteuerung in der Kanalisation realisiert. Anhand von Regen- und Abflussinformationen werden die Transport- und Speicherkapazitäten in Hauptsammelkanälen genutzt und die Regenbecken optimal betrieben, um die Verunreinigungen der Vorfluter bei Regenwetter herabzusetzen.

Mehrere Versickerungsanlagen für grössere Verkehrsflächen (z.B. im Kanton Zürich) und viele kleinere Versickerungen wurden gebaut und teilweise auch auf ihre Leistung geprüft.

Trotz dieser Beispiele kann noch nicht von einem "Durchbruch" der neuen Entwässerungsphilosophie gesprochen werden. Es ist zu hoffen, dass besonders die neuen VSA-Richtlinien hier weitere

[10] Rumley, P.A.: Aménagement du territoire et utilisation du sol, Inst. für Orts-Regional- und Landesplanung der ETH Zürich, DISP Nr. 76, 1984.

[11] Conradin, F. et al.: Das Bachkonzept: Anlass, Ziele, Umfang, Gas-Wasser-Abwasser, Nr. 8, 1988.

[12] Gujer, W. und V. Krejci: Aufgaben und Ziele der Siedlungsentwässerung, VSA-Fortbildungskurs, Engelberg, 1987



Fortsetzung auf Seite 10

Une eau fraîche et transparente symbolise la pureté d'une nature intacte. Personne ne conteste l'importance qu'elle revêt pour toutes les formes de vie. Disposons-nous toutefois de ressources illimitées d'eau de cette qualité? Et d'où provient-elle? En tournant le robinet, on oublie peut-être les mesures techniques nécessaires aujourd'hui pour garantir une eau potable impeccable tant du point de vue chimique qu'hygiénique.

Selon les statistiques et les estimations, 3/4 de l'eau potable et d'usage exploitée en Suisse provient des nappes phréatiques, y compris des sources. Les 25% restants sont obtenus à partir de quelques installations exploitant l'eau de surface, en particulier l'eau des lacs. L'eau souterraine occupe donc une place cruciale dans l'approvisionnement en eau potable de nombreuses régions de la Suisse, surtout les zones à forte densité de population du Plateau suisse.

Tout comme l'eau de l'atmosphère, des océans, des lacs et des rivières, l'eau souterraine appartient au cycle d'eau. Il s'agit d'eau remplissant les cavités et les pores, et dont le déplacement est principalement dû à la gravitation et aux forces de frottement. Les eaux souterraines sont issues de l'infiltration des eaux de surface. La composition naturelle de l'eau souterraine dépend de la dissolution des minéraux constituant les roches et des processus biogéochimiques se déroulant dans les couches supérieures. Au cours des millions d'années, un état d'équilibre permanent s'est créé dans les cycles géochimiques des éléments qui lient le cycle de l'eau à la lithosphère.

Les cycles des éléments naturels se sont fortement accélérés par suite de l'accroissement considérable des activi-

tés industrielles et agricoles observées au cours des cent dernières années. En outre, l'industrie moderne fait appel à toute une série de nouveaux composés chimiques synthétiques qui s'introduisent également dans le cycle des éléments.

## MISE EN DANGER QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DES EAUX SOUTERRAINES

Par suite des modifications de flux de matières, la pollution des eaux, et notamment des eaux souterraines, s'est accrue au cours des dernières décennies. L'attention a été périodiquement attirée sur divers polluants et causes de pollution. Si, dans les années cinquante, on croyait à l'imperméabilité des strates supérieures et à la capacité naturelle d'épuration du sous-sol, le nombre croissant des accidents de pétrole survenus dans les années soixante a révélé que les eaux souterraines n'étaient pas absolument protégées. De multiples réglementations, notamment en ce qui concerne le stockage du pétrole, ont entraîné une diminution de la fréquence des accidents. Par la suite, la protection des eaux souterraines s'est limitée à la prévention des accidents liés à la manipulation des produits pétroliers; elle était ainsi considérée comme un problème localisable.

La multiplication des analyses et les progrès réalisés ont sans cesse mis en évidence de nouvelles formes de pollution des eaux souterraines. Au cours des années soixante-dix, des composants organiques chlorés ont été observés dans les eaux souterraines, d'abord localement puis dans des zones plus étendues. Il était devenu évident que la conception basée sur l'effet protecteur des strates supérieures et l'action filtrante des sédiments constituant les aquifères sur l'eau des nappes souterraines, ne pouvait s'appliquer à toutes les catégories de substances.

Depuis le début des années quatre-vingts, d'autres problèmes ont fait leur apparition : apports accrus de nitrates provenant de l'agriculture, mise en évidence de pesticides parfois difficilement dégradables comme l'atrazine. Ces composés appartiennent aux substances

xénobiotiques, c'est-à-dire aux substances qui n'existent pas dans la nature. Celles-ci sont produites et utilisées aujourd'hui en grand nombre, et en grandes quantités. Certaines d'entre elles sont toxiques pour l'homme et pour l'écosystème, et leur biodégradation se révèle souvent difficile, voire impossible. Les eaux d'infiltration provenant de décharges possèdent un potentiel de pollution difficile à évaluer, en particulier les eaux de lessivage issues d'anciennes décharges aujourd'hui couvertes.

Outre la qualité de l'eau, le taux de renouvellement des eaux souterraines a subi des modifications régionales par suite de l'urbanisation croissante. L'extension des constructions, des routes et des places a augmenté la part des surfaces imperméables, empêchant ainsi la formation d'eaux souterraines naturelles à partir de l'infiltration des eaux de pluie. Des aménagements effectués sur les cours d'eau, notamment pour la protection contre les crues, ainsi que la construction d'installations hydroélectriques, ont aussi fortement influencé, dans certaines régions, le taux d'infiltration des eaux de surface dans les eaux souterraines. La diminution fréquemment observée de la nappe phréatique est également due à l'augmentation des prélèvements d'eaux souterraines.

## L'HYDROGÉOLOGIE, PARTIE INTEGRANTE DE LA PROTECTION DES EAUX

L'accroissement des dangers qui menacent les eaux souterraines depuis les dernières décennies démontre qu'une protection efficace des eaux souterraines doit s'inscrire dans une conception globale de la protection des eaux.

La recherche menée à l'EAWAG met donc l'accent sur l'élaboration de principes permettant l'évaluation de la pollution des eaux causée par notre civilisation. A partir de cette définition très générale des tâches, trois catégories de problèmes se dégagent, du point de vue scientifique, concernant les eaux souterraines.

Une première série de problèmes porte sur les apports de substances via le sol et

### Fortsetzung von Seite 9

Anstösse geben werden. Ebenso wichtig wie diese Richtlinien ist jedoch die Überzeugung aller Beteiligten, dass die Entwässerungskorrekturen zwingend notwendig sind, obwohl unsere Entwässerungssysteme in den Augen der Öffentlichkeit nicht tagtäglich Anlass zur Kritik bieten.



# GRUNDWASSERFORSCHUNG AN DER EAWAG

PETER HUGGENBERGER UND JÜRIG ZOBRIST

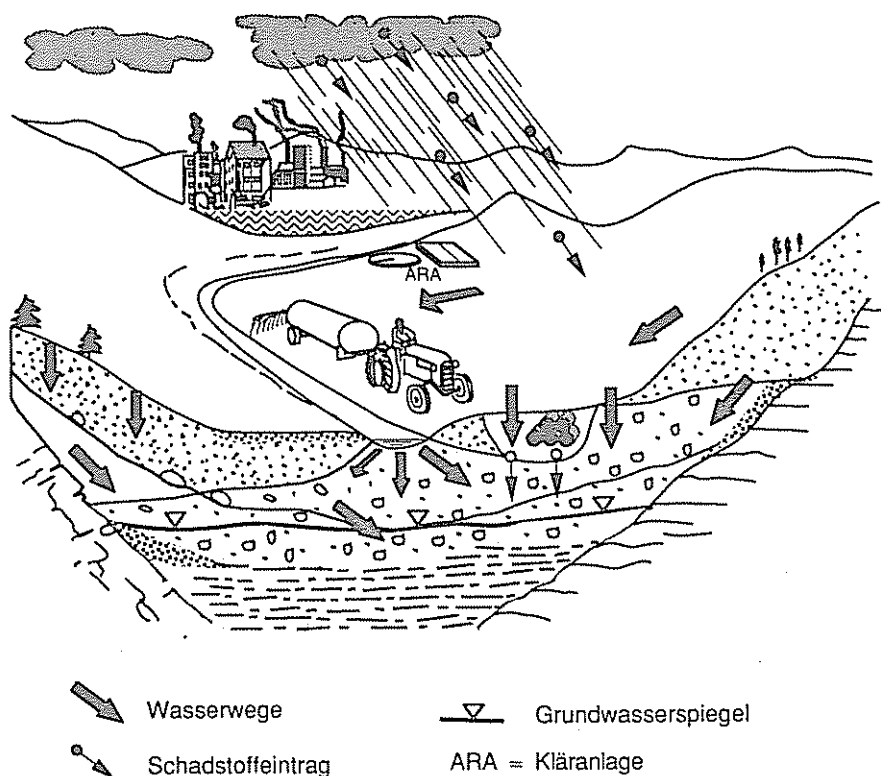


Fig. 1

*Ineinandergreifen des natürlichen Wasserkreislaufes mit den durch die anthropogenen Tätigkeiten bedingten lokalisierbaren und diffusen Schadstoffeinträgen via Atmosphäre, Oberflächengewässer und Böden ins Grundwasser*

*Cycle de l'eau avec le flux des substances entrant dans les nappes souterraines, soit localisé, soit diffus via l'atmosphère, les sols et les eaux de surface*

Klares, frisches Wasser ist Inbegriff von unberührter Natur. Seiner umfassenden Bedeutung für sämtliches Leben ist man sich wohl bewusst. Ist unser Wasser in dieser Qualität jedoch unbeschränkt verfügbar? Woher kommt es? Beim Öffnen des Wasserhahns vergisst man vielleicht, welche technischen Massnahmen zur Sicherstellung eines chemisch und hygienisch einwandfreien Trinkwassers heute zum Teil schon erforderlich sind.

Auf Grund von statistischen Angaben und Schätzungen, stammen 3/4 des in der Schweiz geförderten Trink- und Brauchwassers aus dem Grundwasser, inklusiv den Quellen. Die restlichen 25 Prozent werden in wenigen Grossanlagen aus Oberflächenwasser, vor allem aus Seewasser, aufbereitet. Das Grundwasser hat deshalb für die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in vie-

len Gebieten der Schweiz, insbesondere in den dichtbesiedelten Teilen des Mittellands eine grosse Bedeutung.

Wie das Wasser der Atmosphäre, der Meere, Seen und Flüsse, ist das Grundwasser ein Teil des Wasserkreislaufes der Erde. Dabei handelt es sich beim Grundwasser um unterirdisches Wasser, welches Hohlräume und Poren ausfüllt und dessen Bewegung vorwiegend von der Schwerkraft und den durch die Bewegung ausgelösten Reibungskräfte bestimmt wird. Seine Neubildung geschieht über Sickerwässer aus Niederschlägen und durch Infiltration aus Oberflächengewässern. Stofflich wird die natürliche Zusammensetzung des Grundwassers durch die Verwitterung der gesteinsbildenden Mineralien und die in den oberen Bodenschichten ablaufenden biochemischen Prozesse reguliert. Im Laufe der Jahrtausende hat

sich in den geochemischen Kreisläufen der Elemente, welche den Wasserkreislauf mit der Lithosphäre koppeln, ein Fließgleichgewicht herausgebildet.

Durch die in den letzten hundert Jahren gewaltig angewachsenen industriellen und landwirtschaftlichen Aktivitäten wurden die natürlichen Stoffkreisläufe stark beschleunigt. Die moderne Industrie bedient sich überdies einer Reihe neuartiger synthetischer Verbindungen, die auch in den Stoffkreislauf gelangen.

## QUALITATIVE UND QUANTITATIVE GEFÄHRDUNGEN DES GRUNDWASSERS

Als Folge der Veränderung der Stoffflüsse, häuften sich in den letzten Jahrzehnten Gewässer- und Grundwasserverschmutzungen. In dieser Zeit hat sich die Aufmerksamkeit periodisch verschiedenen Schadstoffen und Ursachen zugewandt. Vertraute man in den fünfziger Jahren auf die Undurchlässigkeit der Deckschichten und das natürliche Reinigungsvermögen des Untergrunds, so wurde in den sechziger Jahren durch die steigende Zahl von Mineralölunfällen klar, dass das Grundwasser nicht absolut geschützt ist. Zahlreiche gesetzliche Regelungen, im besonderen die sogenannten "Tankvorschriften", bewirkten eine Verminderung der Unfallhäufigkeit. In der Folgezeit hielt man einen ausreichenden Grundwasserschutz vor allem für eine Frage der Unfallvermeidung beim Umgang mit Mineralölprodukten und damit für ein jeweils lokalisierbares Problem.

Mit der Zunahme der Wasseruntersuchungen und auch mit den Fortschritten in der Wasseranalytik, wurden immer neue Grundwasserverunreinigungen nachgewiesen. In den siebziger Jahren wurden zuerst lokal dann aber auch über grössere Gebiete organische Chlorverbindungen im Grundwasser festgestellt. Damit wurde deutlich, dass das Schutzkonzept, welches auf der schützenden Deckschicht und der umfassenden Filterwirkung des Grundwasserleiters basiert, nicht für alle Substanzklassen gültig ist.

les eaux courantes, la répartition de ces substances entre la phase liquide et la phase solide, de même que les processus de transformation chimique et micro-biologique dans l'aquifère.

Une deuxième catégorie de problèmes concerne la caractérisation hydro-géologique de l'aquifère, principalement de sa composition minéralogique et des paramètres hydrodynamiques (par exemple, la perméabilité).

Enfin, une troisième catégorie de problèmes se rapporte aux processus du transport des substances dans le sous-sol. Pour cela, il faut mettre en relation la connaissance des processus de circulation dans les eaux souterraines avec les propriétés physico-chimiques et le comportement des substances.

L'état des connaissances face à ces différents problèmes varie fortement. Des progrès considérables ont été accomplis dans des domaines bien précis, comme la simulation de la circulation des eaux souterraines ou la description du comportement chimique de certaines substances ou de groupes de substances. Les lacunes subsistent surtout là où des données complexes issues de divers domaines spécialisés doivent être combinées. Par exemple :

- La traduction de la connaissance géologique de la structure hétérogène de l'aquifère en paramètres hydrauliques afin de simuler l'écoulement de l'eau.
- Les bio-transformations des substances toxiques dans l'aquifère en conditions d'aérobiose ou d'anaérobiose.
- La simulation du transport de substances par le couplage de l'écoulement d'eau et des processus physico-chimiques.

#### Projets de recherche actuels

Dans le domaine de l'hydrogéologie, l'EAWAG s'intéresse particulièrement, avec le concours d'autres instituts universitaires, aux questions suivantes :

Deux de ces projets sont brièvement présentés ici :

Le premier, "Modèles de faciès hydrogéologiques permettant de déterminer les paramètres de transport hydrodynamiques dans le comblement de vallées quaternaires", est dirigé par Peter Huggenberger (Dép. Chimie). P. Huggenberger est revenu à l'EAWAG après un séjour de deux ans à l'Institut de Géologie et de Paléontologie de l'Université de Genève.

Le deuxième, "Simulation de l'état chimique dans les systèmes d'infiltration des eaux souterraines", est un projet commun mené par le Département de Chimie (Jürg Zobrist) et l'Institut d'Hydromécanique et de Gestion des Ressources en Eau (IHW) de l'EPFZ (MM. Dracos, Stauffer, Dr. P. Behra et Zysset). La partie chimique relève de la compétence d'Urs von Gunten, qui effectue un séjour post-doctoral.

#### MODELES DE FACIES HYDROGEOLOGIQUES PERMETTANT DE DETERMINER LES PARAMETRES DE TRANSPORT HYDRODYNAMIQUES DANS LE COMBLEMENT DE VALLEES QUATERNAIRES

Les principaux gisements d'eau souterraine de Suisse se trouvent dans des vallées quaternaires comblées. Il s'agit de dépôts fluvio-glaciaires à structure et composition sédimentaires variées (gravier, moraines, dépôts lacustres, alluvions, etc). L'estimation de paramètres hydrodynamiques dans des milieux extrêmement hétérogènes repose aujourd'hui dans une large mesure sur les résultats de pompages, forages et autres sondages. Les récentes méthodes statistiques utilisées exigent que les distances sur lesquelles l'hétérogénéité du sous-sol peuvent être corrélées sont courtes par rapport à l'étendue du secteur où le transport des substances est simulée.

La prévision de la structure des vallées quaternaires comblées joue un rôle prépondérant dans la détermination des paramètres significatifs pour le trans-

port. Il faut ainsi se demander comment l'étendue de sédiments à structure comparable peut être déterminée et quelles textures et structures exercent la plus forte influence sur les processus de transport. A vrai dire, ces questions ne sont pas nouvelles, car, dans le cadre de la prospection des ressources souterraines (minerais, charbon, pétrole, etc), les géologues s'intéressent depuis longtemps déjà aux propriétés des roches et des structures internes, ainsi qu'aux relations entre ensembles rocheux distincts. La notion de faciès permet de définir et de décrire les roches selon leur couleur, leur stratification, leur composition, leur texture, leur teneur en fossiles et leur structure sédimentaire. Le concept de faciès est aujourd'hui de plus en plus souvent utilisé dans le sens génétique pour désigner le produit d'un certain processus de sédimentation ou, dans un sens plus large, pour caractériser la paléogéographie.

En rapport avec la description de processus de transport de matières, la reconnaissance de faciès typiques revêt une grande importance que ce soit dans un but descriptif, ou dans un sens génétique ou paléogéographique. Diverses explorations de gravières, qui, comparées aux forages, permettent une connaissance géologique plus complète du sous-sol de la vallée, ont révélé qu'il est possible de décrire les dépôts de sédiments fluviaux antérieurs aux moraines frontales à l'aide de quelques éléments typiques du faciès, qui doivent répondre génétiquement à des lois hydrodynamiques [1].

Dans le cadre de l'étude des processus de transport, l'analyse purement qualitative du faciès constitue la première étape importante de la reconnaissance de la structure. Ce n'est qu'à partir de la définition d'un faciès que l'information géologique pourra se convertir en données hydrogéologiques, telles que structure, texture (répartition granulométrique, porosité, perméabilité) et composition minéralogique, nécessaires au

#### Thèmes et responsables

Transformation chimique et biologique de polluants organiques	<i>J. Zeyer, R. Schwarzenbach</i>
Couplage des processus d'oxydoréduction et du transport	<i>Urs von Gunten, Jürg Zobrist et Philippe Behra (avec IHW/EPFZ)</i>
Paramètres hydrauliques du transport, modèles de faciès	<i>P. Huggenberger, avec l'Institut de Géophysique et d'Hydrogéologie EPFZ, et les géophysiciens E. Meier et W. Frei</i>
Comportement du NTA et de l'EDTA dans les eaux souterraines	<i>W. Giger</i>

Spätestens seit dem Beginn der achtziger Jahre wurden weitere brisante Themen aktuell: Erhöhte Nitrateinträge aus der Landwirtschaft, Nachweis von Pestiziden, wie zum Beispiel die schwer abbaubaren Atrazine. Diese Verbindungen gehören zu den xenobiotischen Stoffen, d.h. zu den in der Natur nicht vorkommenden Stoffe. Diese werden heute in grosser Anzahl und teilweise auch in grösseren Mengen produziert und eingesetzt. Einige dieser Stoffe sind für den Mensch und das Ökosystem toxisch und/oder biologisch nicht oder nur sehr langsam abbaubar. Ein schwierig abschätzbares Verunreinigungspotential stellen die Sickerwässer aus Deponien dar, im besonderen die Auslaugungswässer aus alten und heute zugedeckten Deponien, die sogenannten Altlasten.

Ebenfalls darf die Rolle von Mikroorganismen bei der Umwandlung und dem Transport von chemischen Stoffen in natürlichen Grundwasserträgern nicht unterschätzt werden.

Nicht nur die Wasserqualität, sondern auch die Grundwasserneubildungsrate hat sich infolge der fortschreitenden Urbanisierung regional verändert. Grossflächige Überbauungen, Strassen und Plätze erhöhten den Anteil der undurchlässigen Flächen und führen zu einer Verringerung der natürlichen Grundwasserbildung durch versickerndes Regenwasser. Meliorationen und Hochwasserschutzbauten in Bächen und Flüssen, sowie der Bau von hydroelektrischen Anlagen haben ebenfalls die Infiltrationsraten aus den Fliessgewässern ins Grundwasser in vielen Regionen wesentlich beeinflusst. Eine weitere Ursache für die vielerorts beobachtete Absenkung des Grundwasserspiegels ist die intensive Nutzung durch die vermehrte Grundwasserentnahme.

#### GRUNDWASSERFORSCHUNG ALS BESTANDTEIL EINES UMFASSEN DEN GEWÄSSERSCHUTZKONZEP TES

Die Entwicklung der Grundwassergefährdungen über die letzten Jahrzehnte verdeutlicht, dass ein effektiver Grundwasserschutz nur im Rahmen eines umfassenden Gewässerschutzkonzeptes verwirklicht werden kann.

Ein zentrales Anliegen der EAWAG-Forschung ist deshalb die Erarbeitung

von Grundlagen für die Beurteilung der Gewässerbeeinträchtigung als Folge der heutigen zivilisatorischen Aktivitäten. Ausgehend von dieser sehr allgemeinen Aufgabenformulierung lassen sich aus naturwissenschaftlicher Sicht bezüglich des Grundwassers drei grössere Problembereiche ableiten: Ein erster Problembereich umfasst Fragen nach dem Eintrag von Stoffen via Böden oder Fliessgewässer ins Grundwasser, nach der Verteilung der eingetragenen Stoffe zwischen der flüssigen und der festen Phase sowie nach den chemischen und mikrobiologischen Umwandlungsprozessen im Aquifer.

Ein zweiter Problembereich betrifft die geologisch/hydraulische Charakterisierung des Aquifers. Fragen nach der mineralogischen Zusammensetzung des Grundwasserleiters und der charakteristischen hydrodynamischen Grössen (z.B. Permeabilitätsverteilungen) stehen dabei im Vordergrund.

Ein dritter Problembereich beinhaltet die eigentlichen Ausbreitungsprozesse von Stoffen im Untergrund. Dazu müssen die Kenntnisse der Zirkulationsprozesse im Grundwasser mit den chemisch-physikalischen Eigenschaften und Verhalten der Stoffe im Verbindung gebracht werden.

Der Kenntnisstand zu den einzelnen Problembereichen variiert stark. In Teilgebieten wie der Modellierung der Grundwasserströmung oder bei der Beschreibung des chemischen Verhaltens einzelner Stoffe und Stoffgruppen sind grosse Fortschritte erzielt worden.

**Kenntnislücken** bestehen vor allem dort, wo komplexe Sachverhalte aus verschiedenen Fachbereichen miteinander verknüpft werden müssen. Beispiele dazu sind:

- die Umsetzung der geologischen Kenntnisse über den heterogenen Aufbau von Grundwasserleitern in hydraulische Parameter bei der Modellierung der Grundwasserströmung.
- Rolle von Mikroorganismen auf die Umwandlung und den Transport von chemischen Stoffen unter aeroben und anaeroben Bedingungen
- die Modellierung des Stofftransports durch Kopplung der Wasserströmung mit den chemisch-physikalischen Prozessen.

#### Aktuelle Forschungsprojekte

An der EAWAG werden, zum Teil in Zusammenarbeit mit anderen Hochschulinstituten, bezüglich Grundwasserforschung folgende Fragen angegangen:

##### Themenkreis und Bearbeiter

Chemische und biologische Transformation von organischen Schadstoffen: *Joseph Zeyer, René Schwarzenbach*

Kopplung Redoxprozesse mit Transport: *Urs von Gunten, Jürg Zobrist, Philippe Behra, mit IHW/ETHZ*

Hydraulische Transport-Parameter, hydrogeologische Faziesmodelle: *Peter Huggenberger, mit Institut Geophysik ETHZ, sowie den Geophysikern E. Meier und W. Frei*  
Verhalten von NTA und EDTA im Grundwasser: *Walter Giger*

Zwei dieser Projekte sollen hier kurz vorgestellt werden:

Das erste Projekt, "Hydrodynamische Faziesmodelle zur Ermittlung hydrodynamischer Transportparameter in quartären Talfüllungen" wird von Dr. Peter Huggenberger (Abt. Chemie) geleitet. P. Huggenberger ist Geologe. Nach einem zweijährigen Aufenthalt am Geologischen Institut der Universität Genf ist er an die EAWAG zurückgekehrt.

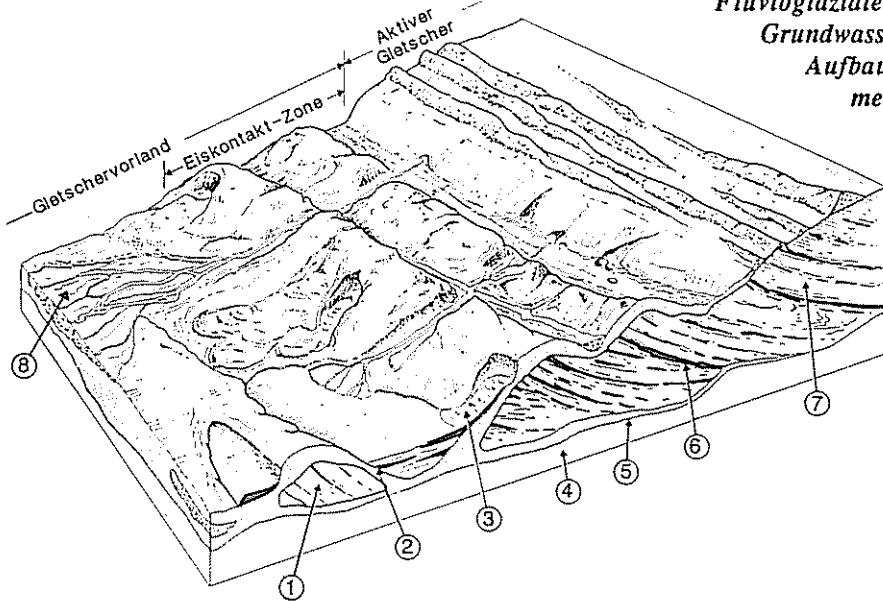
Das zweite Projekt "Modellierung des chemischen Zustands in Grundwasser-Infiltrations-Systemen" ist ein gemeinsames Projekt mit dem Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft (IHW) der ETHZ (Prof. Dracos, Dr. Stauffer, Dr. P. Behra und A. Zysset) und der Abteilung Chemie (Dr. Jürg Zobrist). Der chemische Teil wird von Dr. Urs von Gunten, einem Post-Doktorand, bearbeitet.

#### HYDROGEOLOGISCHE FAZIESMODELLE ZUR ERMITTLUNG VON HYDRODYNAMISCHEN TRANSPORT-PARAMETERN IN QUARTÄREN TALFÜLLUNGEN:

Die wichtigsten Grundwasserträger der Schweiz befinden sich in den quartären Talfüllungen. Es handelt sich dabei um fluvioglaziale Ablagerungen mit sehr unterschiedlichem strukturellem Aufbau und Sedimentzusammensetzung, wie

Fig. 2

Fluvioglaziale Ablagerungen bilden die wichtigsten Grundwasserträger der Schweiz. Ein stark heterogener Aufbau und unterschiedliche Sedimentzusammensetzungen lassen sich durch den Ablagerungsprozess erklären. Bei der Ermittlung relevanter Transportparameter spielt die Prognostizierbarkeit von Strukturen und Sedimentzusammensetzung eine entscheidende Rolle (Bild modifiziert nach Boulton, 1975 [5])



Les dépôts fluvioglaciaires constituent les principales nappes souterraines en Suisse. Le processus de sédimentation explique leur structure très hétérogène et leur composition variable. Lors du calcul de paramètres significatifs pour le transport, la prévision des structures et de la composition sédimentaire joue un rôle déterminant. 1) Glace morte couverte de sédiments. 2) Sédiment fondu supraglacial. 3) Glissement. 4) Moraines de fond. 5) Sédiment fondu subglacial. 6) Bandes de sédiment dans glace stagnante. 7) Glacier actif. 8) Sédiments fluviaux. (Schéma modifié d'après Boulton, 1975[5])

calcul des paramètres de transport. Des processus analogues sont appliqués depuis longtemps à la prospection pétrolière ; les méthodes mises au point dans ce domaine pour analyser le faciès et le bassin versant visent également à corréliser la perméabilité avec les phases de la sédimentation ou les structures, et à établir des pronostics quant à la répartition de la perméabilité [2].

L'analyse des affleurements joue un rôle important dans l'élaboration de modèles géologiques. Par ailleurs, les phénomènes géomorphologiques fournissent des informations supplémentaires sur les processus de comblement de vallée et sur les transitions entre les différents milieux de sédimentation. Pour obtenir plus de détails sur l'étendue et la structure interne de corps aux propriétés hydrauliques analogues, il faut appliquer, outre les méthodes sédimentologiques et géomorphologiques, des méthodes plus récentes de mesure géophysique (géoradar et sismique à haute résolution). Ces analyses sont effectuées en collaboration avec l'Institut de Géophysique, les géophysiciens E. Meier et W. Frei, ainsi que l'Institut d'Hydroméca-

nique et de gestion des ressources en eau.

#### SIMULATION DE L'ETAT CHIMIQUE DANS DES SYSTEMES D'INFILTRATION DES EAUX SOUTERRAINES

A la suite de l'infiltration d'eaux de surface ou d'eau issue de décharges, les substances inorganiques et organiques qui parviennent dans les eaux souterraines sont soumises à des processus chimiques et microbiologiques (oxydoréduction, sorption/désorption, précipitation/dissolution, échanges d'ions et transformations microbiennes, etc); elles peuvent également être à l'origine de telles transformations. Ces réactions, s'ajoutant au mélange d'eaux d'autre origine entraînent une modification de la composition chimique de l'eau d'infiltration. La connaissance des données caractéristiques (potentiel d'oxydoréduction, concentrations des constituants, pH, etc) représente une condition préalable pour comprendre et simuler le comportement et le transport de polluants comme les métaux lourds et les composés organiques xénobiotiques.

L'objectif de ce projet consiste à simuler les modifications de la compo-

sition chimique des eaux souterraines lors de l'infiltration de composés susceptibles de se dégrader biologiquement. Le modèle englobe aussi le transport des autres substances susceptibles de jouer un rôle dans les divers processus.

#### Simulation

Les principales réactions chimiques qu'il faut prendre en considération lors de l'infiltration sont :

- Les Processus d'oxydoréduction. Les réactions d'oxydoréduction d'origine microbienne sont représentées en une série de réactions de transfert d'électrons. Les composés organiques dégradables représentent les donneurs d'électron alors que les substances contenues dans l'eau, comme  $O_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  et  $CO_2$ , ainsi que les phases solides  $MnO_2$  et  $FeOOH$ , représentent les accepteurs d'électrons. Quantitativement, la séquence d'oxydoréduction est représentée comme le tirage des accepteurs d'électrons avec des donneurs d'électrons.
- La Précipitation/Dissolution. Une grande importance est donnée aux équilibres entre les carbonates solides de  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  et  $Mg^{2+}$ , aux oxydes de Fe et de Mn, et aux sulfures de  $Fe^{2+}$  et de  $Mn^{2+}$ .
- Les Réactions en solution. Les équilibres de l'acide carbonique et de l'acide sulfhydrique déterminent les concentrations en carbonate et sulfure, complexants importants pour les métaux lourds.

Les calculs numériques de l'écoulement et des effets de mélange par diffusion, advection et dispersion mécanique sont basés sur des modèles de simulation existants à l'aide de la méthode des éléments finis [3]. En ce qui concerne le calcul de la composition de l'eau, les équilibres thermodynamiques (calculs

Schotter, Moränen, Seeablagerungen, Deltas usw. Die Ermittlung hydrodynamischer Transportparameter in stark heterogenen Medien basiert heute weitgehend auf der Auswertung von Bohrungen, Pumpversuchen und Bohrlochmessungen. Die dabei verwendeten neueren statistischen Methoden verlangen jedoch Annahmen über die räumliche Struktur des geologischen Untergrundes. Es wird vorausgesetzt, dass die Distanzen, über welche die Heterogenität des Untergrundes korreliert werden können, im Vergleich zur Ausdehnung des Gebietes, in dem die Ausbreitung von Stoffen modelliert wird, klein sind.

Bei der Ermittlung relevanter Transportparameter spielt die Prognostizierbarkeit des strukturellen Aufbaus der quartären Talfüllungen eine wichtige Rolle. Dies beinhaltet auch die Frage, wie die Ausdehnung von Sedimentkörpern mit vergleichbarem strukturellen Aufbau bestimmt werden kann und welche Strukturen und Texturen die Transportprozesse am effektivsten beeinflussen.

Solche Fragestellungen sind an sich nicht neu, denn Geologen interessierten sich im Hinblick auf die Erkundung von Bodenschätzen (Erze, Kohle, Öl etc.) schon seit langer Zeit für die spezifischen Eigenschaften von Gesteinen, Internstrukturen und die räumlichen Beziehungen zwischen verschiedenen, unterscheidbaren Gesteinskomplexen. Unter dem Begriff der Fazies werden Gesteine aufgrund ihrer Farbe, Schichtung, Zusammensetzung, Textur, ihrem Fossilinhalt und ihrer Sedimentstrukturen definiert und beschrieben. Der ursprüngliche Faziesbegriff wird heute immer häufiger auch im genetischen (d.h. entwicklungsgeschichtlichen, herkunftsmässigen) Sinn für das Produkt eines bestimmten Ablagerungsprozesses, oder noch weiter gefasst, zur Charakterisierung der Paläogeographie verwendet.

Im Zusammenhang mit der Beschreibung von Stofftransportprozessen kommt der Erkennung der typischen Fazies, sei es beschreibend, genetisch oder im paläogeographischen Sinn, eine grosse Bedeutung zu. Veranschaulicht am Beispiel von Kiesgruben-Aufschlüssen, die im Vergleich zu Bohrungen einen viel umfassenderen Einblick in den geologischen Taluntergrund geben, kann gezeigt werden, dass die den End-

moränen vorgelagerten fluvialen Lockergesteinsablagerungen mit einigen wenigen typischen Fazies-Elementen beschrieben werden können, welche genetisch auf hydrodynamische Gesetzmässigkeiten zurückzuführen sind [1]. Für die Erforschung von Stofftransportprozessen ist die rein qualitative Fazies-Analyse ein erster wichtiger Schritt zur Erkennung des strukturellen Aufbaus. Erst mit der Definierung einer hydrogeologischen Fazies erfolgt eine Umsetzung der rein geologischen Information in hydrogeologische Grössen wie räumliche Struktur, Textur (Kornverteilung, Porosität, Durchlässigkeit) und mineralogische Zusammensetzung, die für die Ermittlung von Transportparametern relevant sind. Ähnliche Vorgehen sind aus der Erdölexploration seit längerer Zeit bekannt. Die dort entwickelten Methoden zur Fazies- und Beckenanalyse haben ebenfalls zum Ziel, Sedimentabfolgen oder Strukturen in Beziehung zur Permeabilität zu setzen, bzw. Permeabilitäts-Verteilungen zu prognostizieren [2].

Bei der Erarbeitung geologischer Modelle spielt die Analyse von Aufschlüssen eine wichtige Rolle. Geomorphologische Phänomene liefern zusätzlich gewisse Hinweise auf Talfüllungsprozesse und auf die Übergänge zwischen verschiedenen Ablagerungsmilieus. Um nähere Angaben über Ausdehnung und Internstruktur von Körpern mit ähnlichen hydraulischen Eigenschaften zu erhalten, sollen neben sedimentologisch/geomorphologischen Methoden auch neuere geophysikalische Messmethoden (Georadar, EMR) und hochauflösende Seismik angewandt werden. Diese Untersuchungen werden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Geophysik, den Geophysikern E. Meier und W. Frei und dem Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft angegangen.

#### MODELLIERUNG DES CHEMISCHEN ZUSTANDES IN GRUNDWASSER-INFILTRATIONS-SYSTEMEN

Anorganische und organische Stoffe, welche bei der Infiltration von Flusswasser oder auch mit Sickerwasser aus Abfalldeponien in das Grundwasser gelangen, unterliegen dort einer Reihe von chemischen und mikrobiologischen

Prozessen (Redoxreaktionen, Sorption/Desorption, Fällung/Auflösung, Ionenaustausch und mikrobielle Transformationen usw.) oder bewirken solche Umwandlungen. Als Folge dieser Reaktionen sowie durch die Vermischung mit Wasser anderer Herkunft ändert sich der chemische Zustand des Infiltrats. Die Kenntnis dieser charakteristischen Grössen, wie pH, Redoxpotential, Konzentrationen der Komplexbildner, stellt eine unabdingbare Voraussetzung dar, um das Verhalten und den Transport von bedenklichen Schadstoffen, wie z.B. Schwermetallen oder xenobiotischen organischen Verbindungen, zu verstehen und zu modellieren.

Ziel dieses Projekts ist die Modellierung der Veränderungen im chemischen Zustand des Grundwassers bei der Infiltration von mikrobiell abbaubaren organischen Verbindungen. Das Modell beinhaltet auch den Transport jener Stoffe, welche das chemische Milieu bestimmen.

#### Modellierung

Die wichtigsten chemischen Reaktionen, die bei der Infiltration und somit bei der Modellierung berücksichtigt werden müssen, sind:

- **Redoxprozesse:** Die mikrobiell medierte Redoxreaktionen werden als Sequenz von Elektronen-Transfer-Reaktionen dargestellt. Dabei repräsentieren die abbaubaren organischen Verbindungen den Elektronendonator und die reduzierbaren Wasserinhaltsstoffe  $O_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  und  $CO_2$  sowie die festen Phasen  $MnO$ , und  $FeOOH$  die Elektronenakzeptoren. Quantitativ wird die Abfolge der Redoxsequenz als eine Titration der Elektronenakzeptoren mit Elektronendonatoren ausgedrückt.
- **Fällung/Auflösung:** Von Bedeutung sind die Lösungsgleichgewichte der festen Karbonate von  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ , und  $Mg^{2+}$ , der Oxide von Fe und Mn und der Sulfide von  $Fe^{2+}$  und  $Mn^{2+}$ .
- **Lösungsreaktionen:** Die Gleichgewichte der Kohlensäure und des Schwefelwasserstoffs regulieren die Konzentrationen der für die Schwermetalle wichtigen Komplexbildner Karbonat und Sulfid.

Bei der Berechnung des Fliessfeldes und der Vermischungseffekte durch Diffus-

effectués à l'aide de MICROQL, sont complétées par un terme de cinétique des réactions. Les équations représentant les réactions chimiques, les bilans des masses et le transport sont formulés séparément, mais résolus simultanément [4]. Le traitement mathématique de ce système complexe est particulièrement exigeant pour les procédés numériques.

### Expériences en laboratoire

Le modèle et ses hypothèses sont testés à l'aide d'expériences en colonnes. Grâce à une variation des paramètres du modèle, les examens de laboratoire permettent, mieux que les expériences sur le terrain beaucoup plus complexes, de vérifier les hypothèses et les résultats de la simulation.

Il est prévu d'effectuer des tests continus en colonnes. La phase solide est représentée par des matières naturelles de l'aquifère, ayant une composition minéralogique connue et une granulométrie déterminée (0,12-0,25 mm). Pour la phase mobile, une eau de surface synthétique, saturée de calcite, et dont la teneur en accepteurs d'électrons est connue (concentrations représentatives de celles de la Glatt) est utilisée. De plus, cette solution est enrichie avec des composés organiques dégradables, donneurs d'électrons. A l'entrée et à la sortie de la colonne, ainsi qu'à des stades intermédiaires, des échantillons sont prélevés et les substances influencées par les processus sont analysées.

Advektion und mechanischer Dispersion stützen wir uns auf vorhandene Simulationsmodelle auf der Grundlage der finiten Elemente [3]. Bezüglich der Berechnung der Wasserzusammensetzung wird von einem thermodynamischen Gleichgewichtsansatz ausgegangen (MICROQL), der mit einem Term der Reaktionskinetik ergänzt wird. Die Gleichungen für die chemischen Reaktionen, für die Massenbilanzen und für den Transport werden unabhängig voneinander formuliert, aber simultan gelöst [4]. Die mathematische Behandlung dieses komplexen Multikomponentensystems stellt besondere Anforderungen an die numerischen Verfahren.

### Laborversuche

Das Modell und seine Annahmen werden durch Kolonnenversuche getestet. Laboruntersuchungen erlauben durch gezielte Variation der Modellparameter gegenüber den wesentlich komplexeren Felduntersuchungen die Annahmen und die Simulationsergebnisse zu verifizieren.

Es ist geplant, Durchlaufversuche in Kolonnen durchzuführen. Als feste Phase dient natürliches Aquifermaterial von bekannter mineralogischer Zusammensetzung und mit einer bestimmten Korngröße (0,12 - 0,25 mm). Als mobile Phase wird ein synthetisches Flusswasser verwendet, das mit Kalk gesättigt ist und dessen Gehalt an Elektronenakzeptoren bekannt ist (Konzentrationen in Anlehnung an jene im Fluss Glatt). Diese Lösung wird zusätzlich mit abbaubaren organischen Verbindungen als Elektronendonatoren angereichert. Im Zu- und Ablauf der Kolonne, sowie bei Zwischenabläufen werden Proben erhoben und auf diejenigen Inhaltsstoffe untersucht, welche die in der Kolonne ablaufenden Prozesse anzeigen.

- [1] Huggenberger P., Siegenthaler Ch. und Stauffer, F. (1988). Grundwasserströmung in Schottern; Einfluss von Ablagerungsformen auf die Verteilung der Grundwasserfließgeschwindigkeit, *Wasserwirtschaft*, 78, Nr. 5.
- [2] Allen, J.R.L., (1978). Studies in fluvial sedimentation: An exploratory quantitative model for the architecture of avulsion controlled alluvial suites: *Sed. Geology*, 21, p. 129-147.
- [3] Stauffer F., and Dracos T. (1986). Experimental and numerical study of water and solute infiltration in layered porous media. *J. Hydrology* 84, 9-34
- [4] Cederberg G.A., Street R.L., and Leckie J.O. (1985). A groundwater mass transport and equilibrium chemistry model for multicomponent systems. *Water Resources Research*, 21, 1095-1104.
- [5] Boulton G.S. (1975). Processes and patterns of subglacial sedimentation: a theoretical approach. In: *Ice Ages: Ancient and Modern* (ed. A.E. Wright and F. Moseley). *Spec. Issue geol. J.*, 6, 7-42.



Du 19 au 23 mars 1989 s'est tenue à la Chartreuse d'Ittingen (Warth, Thurgovie, Suisse) la conférence sur "Aquatic Chemical Kinetics ; Reaction Rates of Processes in Natural Waters", à laquelle ont participé 85 scientifiques du monde entier. Les intervenants s'appelaient: Janet Hering, Jürg Hoigné, Bernhard Wehrli, Barbara Sulzberger et Werner Stumm (EAWAG), Michael R. Hoffmann et James Morgan (Caltech), François Morel (MIT), Antonio C. Lasaga (Yale), Abraham Lerman (Northwestern), Patrick Brezonik (Univ. of Minnesota), Bozena Cosovic (Univ. de Zagreb), George W. Luther II (Univ. of Delaware), Jerald L. Schnoor (Univ. of Iowa), Jacques Schott (Univ. Paul Sabatier, CNRS), Charles R. O'Melia (John Hopkins Univ.). Les différents exposés seront réunis dans un livre publié sous le même titre par John Wiley, Inc. (New York).

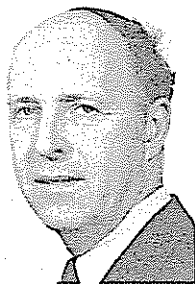


HONNEURS

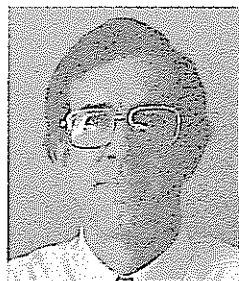
Richard Zepp, Jürg Hoigné et Heinz Bader ont reçu un prix STAA 1989 (Scientific and Technological Achievement Award, destiné à récompenser des travaux de recherche) pour leur article "Nitrate Induced Photooxidation of Trace Organic Chemicals in Water", publié dans la revue *Environmental Sci. & Techn.* 21 (1987). Leur étude avait été effectuée à l'occasion d'un congé sabbatique de Richard Zepp à l'EAWAG.



Heinz Bader

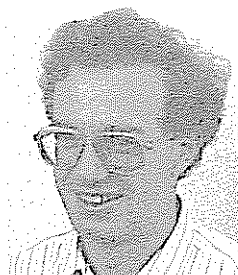


Jürg Hoigné

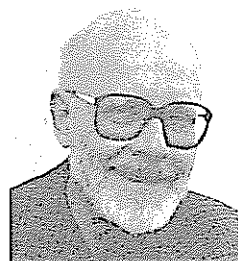


Richard Zepp

Le 26 janvier, Messieurs Peter Reichert, Jürg Ruchti et Oskar Wanner ont reçu, à l'EPFZ, l'un des prix Seymour Cray Suisse 1989.



Peter Reichert



Jürg Ruchti



Oskar Wanner

La célèbre revue scientifique ES&T (Environmental Science and Technology), l'une des 24 publications de l'American chemical society, vient de nommer de nouveaux "Editors", chargés notamment de choisir les experts, qui interviennent à titre honorifique. Ainsi, ES&T veut améliorer la qualité de l'expertise des manuscrits au cours des prochains mois. Ces réviseurs entreront désormais directement en contact avec les auteurs à propos des corrections recommandées. Pour la première fois, ES&T a choisi un non-Américain: Walter Giger, de l'EAWAG!



Beat Müller, qui préparait son doctorat auprès de Madame L. Sigg, a vu sa thèse (n° 8988) sur "L'adsorption d'ions métal à la surface de particules aquatiques" récompensé par la médaille d'argent de l'EPFZ 1990.

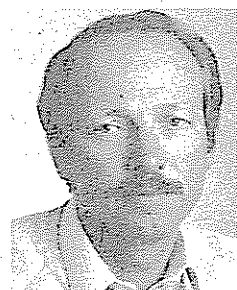


Le Prix Otto Jaag de la protection des eaux 1989 a été décerné à Nader Al-Awadhi, candidat au doctorat du Professeur Hamer, pour sa thèse (n° 8810): "The characterisation and physiology of some thermotolerant and thermophilic solvent-utilizing bacteria".

EHRUNGEN

Das amerikanische Umweltamt (US Environmental Protection Agency) sprach den Scientific and Technological Achievement Award 1989, der für besondere Forschungspublikationen vergeben wird, den Herren Heinz Bader, Jürg Hoigné und Richard Zepp für ihre Publikation "Nitrate-Induced Photo-oxidation of Trace Organic Chemicals in Water", der in der Zeitschrift *Environmental Sci. & Techn.* 21 (1987) erschienen ist, zu. Die zugrundeliegende Arbeit wurde anlässlich eines Sabbat-Urlaubes von Richard Zepp bei der EAWAG durchgeführt.

Den Herren Dr. Peter Reichert, Dr. Jürg Ruchti und Dr. Oskar Wanner wurde am 26. Januar in der ETH einer der Seymour Cray Preise Schweiz 1989 überreicht.



Die angesehene wissenschaftliche Umweltzeitschrift ES&T (Environmental Science and Technology), eine der 24 Zeitschriften der amerikanischen chemischen Gesellschaft (ACS) hat zusätzlich zu ihren bisherigen Editoren neue Editoren ernannt. Eine wichtige Aufgabe der Editoren ist die Auswahl der Gutachter, die ihre Arbeit ehrenamtlich machen. Damit will ES&T die Qualität der Manuskript-Begutachtungen in den kommenden Monaten erhöhen. Die Editoren werden neuerdings direkt mit den Autoren und Autorinnen über die empfohlenen Korrekturen Kontakt aufnehmen. Erstmals wurde vom ES&T auch ein nichtamerikanischer Editor ernannt: Walter Giger, EAWAG!

Beat Müller, Doktorand von Frau Dr. L. Sigg, erhielt für seine Dissertation (Nr. 8988) "Über die Adsorption von Metallionen an Oberflächen aquatischer Partikel" die Silbermedaille der ETH 1990.

Der Otto-Jaag-Gewässerschutzpreis 1989 ging an Nader Al-Awadhi, Doktorand von Prof. Hamer, für seine ETH-Doktorarbeit (Nr. 8810): "The characterization and physiology of some thermotolerant and thermophilic solvent-utilizing bacteria".

## CONSTRUCTION DU PAVILLON DE FORMATION DE L'EPFZ SUR LE DOMAINE DE L'EAWAG

Le 20 octobre 1989 a été célébré l'achèvement du gros oeuvre dans la construction du pavillon de formation destiné au jeune département XB de l'EPFZ (Sciences de l'environnement). La mise en service de ce pavillon (au début du semestre d'été 1990) permettra au nouveau département de disposer de ses propres locaux pédagogiques : un grand laboratoire de chimie (24 postes), une salle de cours pour travaux pratiques de limnologie et de microbiologie (24 microscopes) et 3 x 6 postes de travail dotés de l'équipement de laboratoire nécessaire.

La construction de bois est la propriété de l'EPFZ ; elle a été érigée sur le domaine de l'EAWAG, qui n'offrait pas jusqu'à présent une infrastructure permettant d'accueillir un grand nombre d'étudiants en chimie aquatique, microbiologie et hydrobiologie.

Au delà de toute attente, cette nouvelle filière d'études enregistre 120 à 150 inscriptions par promotion. Les stages pratiques doivent être effectués à six reprises. Pour le programme spécialisé dans le système aquatique, il faut compter avec une trentaine d'étudiants au moins.

Le pavillon a été conçu en bois. Comme il ne s'agit pas d'une construction provisoire, il doit satisfaire à toutes les prescriptions concernant l'isolation thermique, la protection contre l'incendie et la foudre, etc. La construction est donc d'une qualité telle qu'elle puisse durer plusieurs dizaines d'années.

(Photo: Paul Schlup)



## RENÉ SCHWARZENBACH A ÉTÉ NOMMÉ PROFESSEUR DE CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT À L'EPFZ

Je m'en souviens parfaitement, René Schwarzenbach a débarqué brutalement en 1977, avec son engagement, son esprit et son dynamisme. De retour d'un séjour à la Mecque de la science outre-Atlantique, il était chargé d'étudier les substances chimiques "exotiques" présentes dans les eaux souterraines suisses, dans le cadre d'un programme national de recherche. Bientôt, on le rencontrait dans les bureaux et les laboratoires des différents départements de l'EAWAG, s'intéressant à toutes les disciplines, toujours prêt à poser des questions et à apporter des réponses. J'étais impressionné par son intrépidité vis-à-vis des méthodes physiques et mathématiques ; il semblait même s'entendre à merveille avec l'ordinateur.

Et voilà qu'au 1er novembre 1989, le Conseil fédéral a nommé René Schwarzenbach professeur titulaire de chimie de l'environnement. Que cette tâche lui ait été confiée n'est pas dû au hasard, car cette chaire revêt une importance capitale

## AUFRICHTE DES UNTERRICHTS-PAVILLONS DER ETH-Z AUF DEM GELÄNDE DER EAWAG

Am 20. Oktober 1989 konnte die Aufrichte des Unterrichtspavillon für die junge Abteilung XB der ETH (Umwelt-naturwissenschaften) gefeiert werden. Mit der Inbetriebnahme des Pavillons (Beginn Sommersemester 1990) wird damit die neue Abteilung über einige eigene Räume für Unterrichtszwecke verfügen: 1 Grosslabor für Chemiepraktika (24 Arbeitsplätze); 1 Kurssaal für limnologische und mikrobiologische Praktika (24 Mikroskopierplätze), und 3 x 6 Diplom-arbeitsplätze mit den entsprechendenn Laboreinrichtungen.

Der Holzbau ist Eigentum der ETH; er wurde auf dem Gelände der EAWAG gebaut, da bislang eine geeignete Infrastruktur für aquatische Chemie/ Mikrobiologie/ Hydrobiologie für die relativ grosse Studentenschaft fehlte.

Mit jeweils 120 bis 150 Einschreibungen pro Jahrgang in diesem neuen Studiengang, wurden alle Erwartungen übertroffen. Die Praktika mussten (und müssen weiterhin) sechsfach geführt werden. Für das Fachstudium im aquatischen

System mit entsprechend zahlreichen Diplomarbeiten muss mit rund 30 (und mehr) Studentinnen und Studenten gerechnet werden.

Der Pavillon wurde als Holzbau geplant. Da er nicht als Provisorium im Sinne der Bauordnung gilt, muss er alle geltenden Vorschriften bezüglich Wärmedämmung und Brandschutz, Blitzschutz, usw. erfüllen. Die vorliegende Bausubstanz ist deshalb so gut, dass sie mehrere Jahrzehnte überdauern kann.

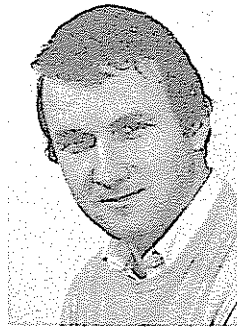
Hans Rudolf Bürgi

## RENÉ SCHWARZENBACH ZUM PROFESSOR FÜR UMWELTCHEMIE AN DER ETH ZÜRICH GEWÄHLT

Ich erinnere mich gut, irgendwann im Jahr 1977 war er plötzlich da, engagiert, witzig und anregend, René Schwarzenbach, eben aus dem Mekka der Wissenschaft jenseits des Atlantiks zurückgekehrt und jetzt im Rahmen eines nationalen Forschungsprogrammes auf "exotische" Chemikalien im Schweizer Grundwasser losgelassen. Schon bald tauchte er in den Büros und Labors der verschiedensten Abteilungen der EAWAG auf, immer bereit, quer durch alle Disziplinen hindurch, Fragen zu stellen und selber solche zu beantworten. Mir imponierte seine Unerschrockenheit physikalischen und mathematischen Methoden gegenüber; auch mit dem Computer schien er auf bestem Fuss zu stehen.

Und jetzt hat der Bundesrat René Schwarzenbach auf den 1. November 1989 zum Ordentlichen Professor für Umweltchemie gewählt. Dass gerade ihm dieses Amt anvertraut wurde, ist sicher kein Zufall, spielt doch diese Professur eine zentrale Rolle im Rahmen des neuen Studienganges Umweltnatur-

dans le cadre de la nouvelle filière des sciences de l'environnement. Indépendamment de son humour mutin, René Schwarzenbach a justement révélé sa faculté de concilier de manière ingénieuse les différentes disciplines. Il passa ainsi des substances chimiques contenues dans l'eau souterraine aux problèmes hydrogéologiques. Plus tard, il travailla sur les substances organiques présentes dans les lacs et les cours d'eau, ce qui le mit en contact avec des physiciens et des concepteurs de modèles mathématiques. A peine avait-il quitté le fonds de recherche national pour entrer dans la fonction publique qu'il fut nommé en 1983 membre de l'instance directrice du département de recherche limnologique multidisciplinaire (MLF). Un nouveau contact s'était établi, avec la microbiologie et l'écologie.



En dépit de l'étendue de ses centres d'intérêt, il parvint à mobiliser en plus son énergie pour obtenir son agrégation en 1984, à l'EPF de Zurich, en sciences de l'environnement (option chimie). J'eus le plaisir de l'assister à l'occasion de son premier cours sur les substances anthropogènes dans l'environnement. En tant que physicien, j'avais toujours considéré la chimie organique comme une science pleine de noms imprononçables ; j'étais fasciné par le don qu'avait René Schwarzenbach de donner à la chimie organique de l'environnement une structure quantitative par l'intégration de méthodes physico-chimiques, et d'introduire quasiment les coordonnées spatiales dans l'éprouvette du chimiste.

Lorsqu'en automne 1987, les premiers étudiants en sciences de l'environnement commençaient leur formation et que la commission de planification se mettait au travail, René Schwarzenbach y représentait la chimie. Son engagement au sein de la commission ne se limita nullement à sa discipline. Il ne cessa, par ses propositions, de souligner la conception globale de la nouvelle filière d'études. C'est, dans une large mesure, par suite de ses interventions que la commission décida d'ajouter une option chimio-microbiologique au concept d'origine.

René Schwarzenbach s'intéresse tout autant à la recherche qu'à l'enseignement. Sa recherche permanente de concepts fondamentaux et compréhensibles et son intérêt prioritaire pour le sort des substances anthropogènes dans l'environnement rendent ses cours fascinants, non seulement pour le chimiste mais aussi pour le non-spécialiste. De son côté, l'enseignement se nourrit de la recherche ; celle-ci, selon René Schwarzenbach, ne s'effectue pas tant dans la tour d'ivoire, mais plutôt sur le terrain, et ne doit pas éluder les questions des praticiens.

Malgré ses nouvelles activités, René Schwarzenbach ne quittera pas l'EAWAG, ni la MLF, ce qui garantira à notre institution de nouvelles interventions distrayantes (et redoutées) lors des nombreuses manifestations internes, et ce qui resserrera surtout les liens entre l'EAWAG et l'EPFZ dans le domaine des sciences de l'environnement. Au nom de mes collègues, et du fond du coeur, je félicite le jeune professeur de sa nouvelle nomination, et j'espère que sa voix stimulante résonnera encore longtemps sous les voûtes de notre édifice.

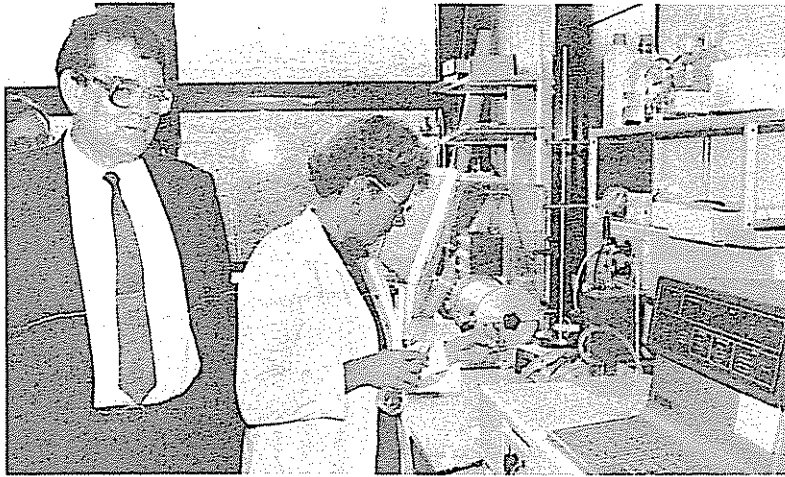
wissenschaften an der neuen Abteilung gleichen Namens. Der freche Sprücheklopfer Schwarzenbach entpuppte sich nämlich schon bald auch als ideenreicher Brückenbauer zwischen den verschiedenen Disziplinen. Eine erste derartige Brücke führte von den Chemikalien im Grundwasser zu den Grundwasser-Hydrologen und -Geologen. Später folgten Arbeiten über organische Stoffe in Seen und Flüssen, was ihn in Kontakt mit den Seephysikern und den mathematischen Modellierern brachte. Er hatte noch kaum den Sprung vom Nationalfonds-Forscher zum festen Bundesangestellten geschafft, als er im Jahr 1983 zum Mitglied des Leitungsgremiums der Abteilung für Multidisziplinäre Limnologische Forschung ernannt wurde. Dort festigte sich eine weitere Brücke, diejenige zur Mikrobiologie und Oekologie.

Trotz der grossen Spannweite seiner Interessen gelang es ihm, seine Kräfte darüber hinaus noch auf eine Habilitationsschrift zu konzentrieren, mit welcher er im Jahr 1984 die *venia legendi* an der ETH Zürich auf dem Gebiet der Umweltwissenschaften (chemische Richtung) erwarb. Ich hatte das Vergnügen, Partner in seiner ersten Vorlesung über anthropogene Substanzen in der Umwelt zu sein. Als Physiker, dem die organische Chemie bisher vor allem als eine Wissenschaft voller unaussprechlicher Namen vorgekommen war, faszinierte mich die Gabe René Schwarzenbachs, der organischen Umweltchemie durch Einbezug physikalisch-chemischer Methoden eine quantitative Struktur zu geben und quasi die Raumkoordinate in das Reagenzglas des Chemikers einzuführen.

Als im Herbst 1987 - die ersten Studierenden der Umweltwissenschaften hatten eben ihr Studium begonnen - die Planungskommission für das Fachstudium ihre Arbeit aufnahm, vertrat René Schwarzenbach die Chemie. Sein Input in diese Kommissionsarbeit beschränkte sich bei weitem nicht auf seine eigene Disziplin; immer wieder rückte er mit seinen Vorschlägen das Gesamtkonzept des neuen Studienganges ins Zentrum. So ist es weitgehend seiner Intervention zu verdanken, dass die Kommission ihr ursprüngliches Konzept durch eine chemisch-mikrobiologische Disziplin erweiterte.

Das Interesse René Schwarzenbachs gilt der Lehre und der Forschung zugleich. Seine dauernde Suche nach verständlichen und grundlegenden Konzepten und sein zentrales Thema, nämlich das Schicksal anthropogener Stoffe in der Umwelt, machen seine Lehre nicht nur für den Chemiker, sondern auch für den Nicht-Spezialisten zu einem Erlebnis. Die Lehre ihrerseits zehrt von der Forschung, die für René Schwarzenbach nicht nur im akademisch stillen Kämmerlein, sondern auch draussen im Feld stattfindet und dementsprechend auch nicht vor Fragen der Praxis zurückschreckt. René Schwarzenbach wird trotz seiner neuen Stellung die EAWAG und insbesondere die MLF nicht verlassen, was unserer Institution nicht nur die unterhaltsamen (oft auch gefürchteten) Auftritte an den zahlreichen hausinternen Anlässen sichern, sondern in erster Linie auch die Bindung zwischen der EAWAG und der ETH Zürich auf dem Gebiet der Umweltwissenschaften noch verstärken wird. Im Namen meiner Kolleginnen und Kollegen möchte ich dem frischgebackenen Professor von Herzen zu seiner neuen Aufgabe gratulieren und hoffe, seine engagierte Stimme sei noch lange in unseren heiligen Hallen zu hören.

Dieter Imboden



*Visite du Professeur Nikolay N. Vorontsov, Président du Comité d'Etat pour la protection de la nature d'Union soviétique, le 21 novembre 1989 au laboratoire de limnologie de Kastanienbaum (Foto: AP)*

Celui qui s'appelle chez nous "Ministre de l'environnement" est nommé en Union soviétique "Président du Comité d'Etat pour la protection de la nature". Le Professeur Nikolay N. Vorontsov était accompagné par la directeur du musée Baïkal, le Professeur Grigory Galazy.

Biologiste de formation (recherche sur l'évolution / Mammifères), M. Vorontsov est ministre soviétique de l'environnement depuis mi-1989. Il entretient des relations particulières avec la Suisse, car il est resté pendant plusieurs années en contact épistolaire avec le Professeur Robert Matthey, zoologiste de l'Université de Lausanne (décédé en 1982). M. Vorontsov considère le Professeur Matthey comme son maître, bien qu'ils ne se soient rencontrés qu'une seule fois à l'occasion d'un congrès. (Le premier jour de sa visite d'une semaine en Suisse, M. Vorontsov s'est recueilli sur la tombe du Professeur Matthey à Pully !). Avec le Conseiller fédéral Cotti, le ministre soviétique a signé à Berne un accord de coopération en matière de protection de l'environnement, qui porte sur divers projets de recherche communs. M. Vorontsov envisage notamment des projets de recherche limnologique dans les lacs soviétiques situés à plus de 2'000 m d'altitude. D'autres contacts sont à prévoir.

Lors de sa visite à Kastanienbaum, il a reçu des informations sur l'EAWAG. A l'occasion d'entretiens informels, des collaborateurs de l'EAWAG ont abordé avec le ministre expert les problèmes d'eutrophisation, des aspects écotoxicologiques, ainsi que les liens entre l'eutrophisation et l'évolution de la population des poissons.

*Besuch von Prof. Nikolay N. Vorontsov, dem Vorsitzenden des Staatskomitees für Naturschutz der UdSSR am 21. November 1989 im Seenforschungslaboratorium Kastanienbaum (Foto: AP)*

Was bei uns "Umweltminister der UdSSR" heisst, wird in der UdSSR mit "Vorsitzender des Staatskomitees für Naturschutz" bezeichnet. Prof. Dr. Nikolay N. Vorontsov war in Begleitung des Direktors des Baikal-Museums, Prof. Dr. Grigory Galazy.

Minister Vorontsov ist Biologe (Entwicklungsforschung/Säugetiere) und erst seit Mitte 1989 Umweltminister der UdSSR. Er hat eine persönliche Beziehung zur Schweiz. Vorontsov hatte mit Prof. Robert Matthey, Zoologe an der Universität Lausanne († 1982) jahrelangen brieflichen Kontakt. Vorontsov betrachtet Matthey als seinen Lehrer, obwohl die beiden sich nur ein einziges Mal an einem Kongress gesehen hatten. (Am ersten Tag des einwöchigen Besuchs in der Schweiz besuchte Minister Vorontsov das Grab von Prof. Matthey in Pully!) Minister Vorontsov hat in Bern mit Bundesrat Cotti ein Umweltschutz-Zusammenarbeitsabkommen unterzeichnet. Dabei wurden gemeinsame Forschungsprojekte ins Auge gefasst. Als erstes denkt Vorontsov an Seenforschungsprojekte in den russischen Seen ab ca. 2000 m Meereshöhe. Es ist mit weiteren Kontakten zu rechnen.

Bei seinem Besuch im SFL Kastanienbaum wurde er über die EAWAG orientiert. In ungezwungenen Gesprächen orientierten EAWAG-Mitarbeiter den sachkundigen Naturwissenschaftler über Eutrophierungsprobleme, ökotoxikologische Fragestellungen sowie die Zusammenhänge zwischen Eutrophierung und Fischbestand.

*Peter Perret*

## IAWPRC PERGAMON PUBLICATIONS MEDAL 1990

Martin Strauss (International Reference Centre for Wastes Disposal / EAWAG), Ursula Blumenthal (London School of Hygiene and Tropical Medicine, G.B.), D.D. Mara et S. Cairncross (tous deux du Dept. of Civil Engineering, The University, Leeds, G.B.) ont été récompensés par l'IAWPRC (International Association on Water Pollution Research and Control) pour la publication et la présentation de leur article "Generalised Model of the Effect of Different Control Measures in Reducing Health Risks from Waste Reuse". La remise du prix aura lieu en juillet 1990 à Kyoto.

L'objectif de l'IRCWD consistait à établir les bases de nouvelles directives pratiques dans le domaine de la réutilisation de matières fécales et d'eaux usées dans l'agricul-

Für die Publikation des Artikels "Generalised Model of the Effect of Different Control Measures in Reducing Health Risks from Waste Reuse" und die Präsentation in Brighton sind Ursula Blumenthal (London School of Hygiene and Tropical Medicine, U.K.) und Martin Strauss (International Reference Centre for Waste Disposal / EAWAG) zusammen mit den Co-Autoren Duncan D. Mara und Sandy Cairncross (beide Dept. of Civil Engineering, The University, Leeds, UK) vom IAWPRC (International Association on Water Pollution Research and Control) als Preisträger der besten Publikation ausgezeichnet worden. Die Übergabe des Preises findet im Juli 1990 in Kyoto statt.

Ziel des Engagement des IRCWD war es, die Grundlagen für neue griffige und praktikable Richtlinien im Bereich der Wiederverwendung von Fäkalien und Abwasser in der Landwirtschaft

ture, et à prendre une part active dans la formulation de ces directives. La publication primée résume les connaissances acquises et présente des solutions permettant de contrôler les risques de transmission de maladies - solutions parfaitement adaptées à la situation des pays en voie de développement et parfois même déjà mises en application.

Le résultat des travaux d'Ursula Blumenthal et de Martin Strauss s'est directement répercuté sur les nouvelles directives de l'OMS et de l'UNEP.

La publication n 1452 peut être commandée au moyen du talon de la page 24.

bereitzustellen und auch aktiv bei der Formulierung der Richtlinien mitzuwirken. Die prämierte Publikation kondensiert das zusammengetragene Wissen und zeigt Wege, wie das Risiko von Krankheitsübertragung bei der Wiederverwendung kontrolliert werden kann - Wege, die auf die Situation der Entwicklungsländer zugeschnitten sind und z.T. auch schon angewendet werden. Die Resultate der Arbeiten fanden direkten Niederschlag in den neusten Richtlinien - Dokumenten der WHO und UNEP.

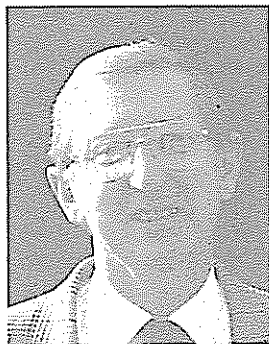
Die obenerwähnte Publikation kann bei der Bibliothek der EAWAG (Nr. 1452) bestellt werden.

1452

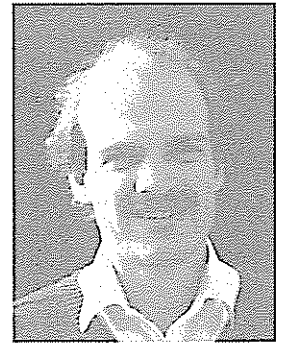
Strauss, M., Blumenthal, Ursula, Mara, D.D., Cairncross, S.: Generalised Model of the Effect of Different Control Measures in Reducing Health Risks from Waste Reuse, *IRCWD 08/89*

## NOUVEAU GROUPE "CHIMIE ATMOSPHÉRIQUE"

Le Professeur *J. Alistair Kerr* (Université de Birmingham, Grande-Bretagne) et *M. David W. Stocker* (Université de Denver, U.S.A.) sont à l'EAWAG depuis le mois d'octobre pour y créer un groupe de "Chimie atmosphérique". S'inspirant de leur recherche traditionnelle, ils commenceront par mettre sur pied un programme de recherche portant sur le calcul de la rapidité et des mécanismes des principales réactions atmosphériques homogènes en phase gazeuse. Les expériences se dérouleront dans des réacteurs à chambre à smog et dans des conditions troposphériques simulées. L'intérêt réside dans la détermination des voies de réaction lors des processus de dégradation oxydatifs par photochimie de molécules organiques (hydrocarbures, et liaisons organiques oxydées) dans une atmosphère riche en  $\text{NO}_x$ , ainsi que dans la production de photooxydants (ozone et peroxyacétylnitrates). Plus tard, il s'agira de quantifier, par des études sur le terrain, les dépôts secs de gaz en traces sur diverses surfaces. Parmi les autres objectifs figurent :



- Mesures de substances dans l'atmosphère.
- Etudes détaillées en laboratoire des processus observés dans l'atmosphère.
- Simulation sur ordinateur, dans laquelle les valeurs calculées en laboratoire se réfèrent à des données atmosphériques, pour vérifier d'éventuelles stratégies de contrôle visant à maintenir la qualité de l'air.

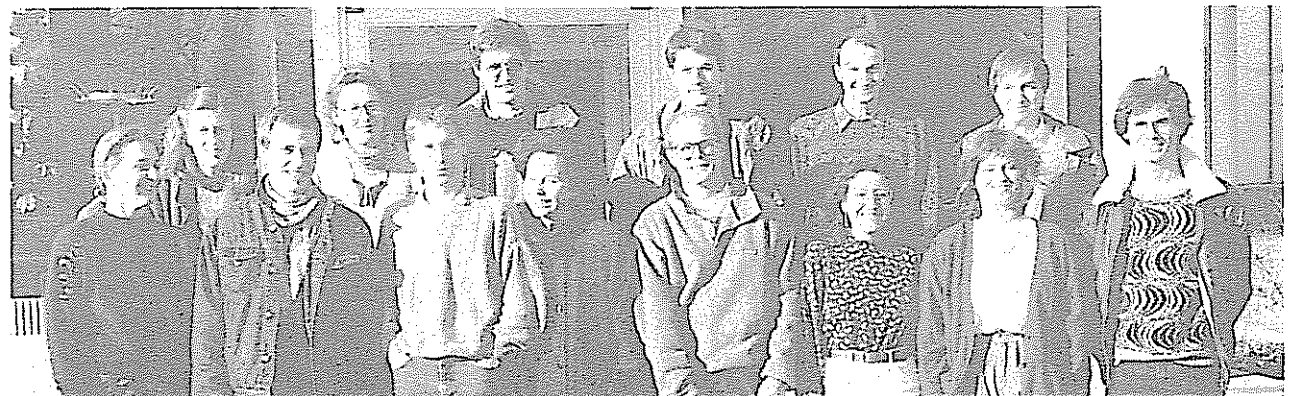


*Le Professeur Kerr, connu en qualité de professeur de chimie atmosphérique et de président de la sous-commission de l'IUPAC pour l'évaluation de données cinétiques et photochimiques, assurera les conférences de chimie atmosphérique dans le nouveau département des sciences de l'environnement de l'ETH Zürich.*

*M. Stocker, qui avait préparé son doctorat avec le Professeur Kerr, a passé les deux dernières années à mesurer les flux de  $\text{NO}_x$  dans un écosystème de la Prairie, auprès des services des eaux et forêts américains.*

### 10<sup>ÈME</sup> COURS DE 3<sup>E</sup> CYCLE EN GÉNIE SANITAIRE ET PROTECTION DES EAUX

### 10. NACHDIPLOMKURS IN SIEDLUNGSWASSERBAU UND GEWÄSSERSCHUTZ



*Vorderste Reihe/au premier rang: Andrea Robien, Tobias Schaller, Ulrich Fischer, Gertrud Fluhr-Meyer, Roland Boller, Carmen Romero-Muther, Yael Mason, Markus Egli.  
Hinterste Reihe/au dernier rang: Barbara Gamper, Marlis Bernauer, Martin Rauber, Markus Greiner, Ralf-Roland Weber, Thomas Schöndorf.*

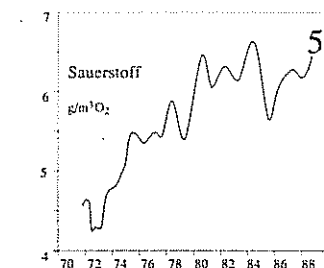
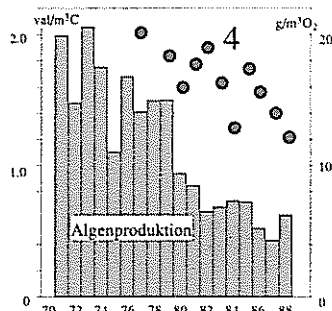
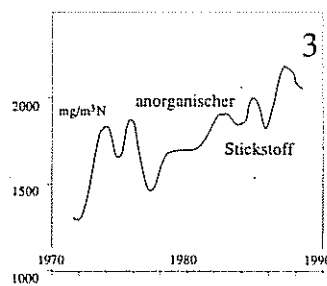
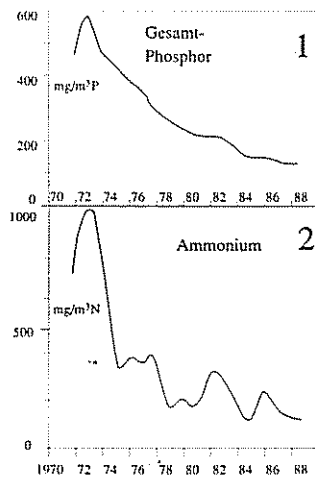
## COMMENT SE PORTE LE GREIFENSEE ?

La protection des eaux bat son plein. Les systèmes de canalisation sont largement aménagés. Des bassins de retenue des eaux de pluie empêchent que, par temps humide, de l'eau non épurée ne parvienne dans le lac. Les stations d'épuration ont fait l'objet d'améliorations considérables. Le lac réagit-il face à cette évolution ?

La fig. 1 montre le recul du phosphore, mais l'objectif final n'est pas encore atteint. La teneur en ammonium, répercussion d'une carence épisodique en oxygène dans les eaux profondes (10-32 m), se réduit peu à peu (fig. 2). Mais la teneur en azote inorganique (essentiellement des nitrates) s'accroît, en raison de l'emploi accru d'engrais (fig. 3).

Fig. 4: la production d'algues (mesurée ici à l'enrichissement du carbone inorganique dans les eaux profondes) régresse lentement, de même que la consommation d'oxygène. Celui-ci augmente à nouveau lentement. Des chutes catastrophiques de la teneur en oxygène comme celles enregistrées en 1972 et 1976 ne sont plus à craindre.

La phase la plus délicate (1971-1974) est révolue. Le lac est en voie de guérison, mais il n'est pas encore "en bonne santé". Ce ne sera le cas que lorsque les mesures adoptées auront donné des résultats.



## WIE GEHT ES DEM GREIFENSEE?

Der praktische Gewässerschutz läuft auf hohen Touren. Die Kanalisationssysteme sind weit ausgebaut. Regenbecken verhindern, dass bei Nasswetter ungeklärtes Abwasser in den See fließt. Die Kläranlagen wurden massiv verbessert. Reagiert der See darauf?

Fig. 1 zeigt den Rückgang des Phosphors an, das Endziel ist aber noch nicht erreicht. Auch der Ammoniumgehalt, eine Auswirkung des zeitweisen Sauerstoffmangels in der Seetiefe (10-32 m) wird allmählich kleiner (Fig. 2). Aber der anorganische Stickstoffgehalt (hauptsächlich Nitrat) steigt an, eine Folge der zunehmenden Bodendüngung (Fig. 3). Fig. 4: Die Algenproduktion (hier gemessen an der Anreicherung des anorganischen Kohlenstoffs in der Seetiefe) geht langsam zurück, ebenso die dort gemessene Zehrung des Sauerstoffs. Dieser steigt langsam wieder an. Katastrophale Zusammenbrüche des Sauerstoffgehalts wie 1972 und 1976 sind nicht mehr zu befürchten.

Die schwierigste Phase (etwa 1971-1974) ist vorbei. Der See ist auf dem Weg der Genesung, aber noch nicht "gesund". Er hat noch eine Durststrecke vor sich. Erst wenn diese bewältigt ist, d.h. wenn alle getroffenen Massnahmen "greifen", kann ein guter Zustand erwartet werden.

H. Ambühl



## THALASSA: UN NAVIRE AFFECTÉ À L'EXPLORATION DE NOS LACS

En grec ancien, Thalassa signifie aussi bien mer que lac. Certes, la Suisse ne possède aucune mer, mais de nombreux lacs, en revanche, parmi lesquels les deux plus vastes d'Europe centrale, le lac Léman et le lac de Constance. L'étude des lacs, baptisée limnologie par le chercheur suisse F.-A. Morel à la fin du siècle dernier, a une longue tradition dans notre pays. De nombreux phénomènes, d'abord observés dans des lacs, l'ont été ensuite dans la mer. On pourrait donc aussi dire que la limnologie est la petite soeur de l'océanographie. Au cours des vingt dernières années, la limnologie est redevenue très actuelle dans le contexte de la protection

des eaux. Le département Physique de l'environnement de l'EPFZ (associée à l'EAWAG à Dübendorf) explore essentiellement les processus physiques observés dans les lacs, comme la répartition des températures, les courants et la diffusion de substances dans l'eau, ou encore le bilan en oxygène et la sédimentation de substances solides. Il dispose maintenant d'un nouvel instrument, le navire de recherche Thalassa, d'une longueur de 10 m et d'un poids de 9 t, équipé d'un radar, d'une écho-sonde, d'un natel, d'un système de positionnement, d'un palan de poupe (haut de 3 m) et d'une cabine-laboratoire chauffée.

## DISTINCTION

Le Professeur *Werner Stumm* s'est vu décerner, en juillet 1989, le titre de **docteur honoris causa** de la Northwestern University à Evanston (Illinois, U.S.A.).

### PUBLICATIONS DE L'EAWAG

*Les publications peuvent être obtenues sur simple demande, jusqu'à épuisement du stock, à la bibliothèque de l'EAWAG.*

### PUBLIKATIONEN DER EAWAG

*Solange Vorrat sind Separata auf Anfrage bei der EAWAG erhältlich.*

*La traduction des discours de la journée d'information du 26 septembre 1989 "Traitement des boues d'épuration: conditions à respecter" peut être commandée au moyen du talon de la page 24.*

*Die französische Übersetzung der Vorträge der Klärschlammtagung vom 26.9.89 ist separat erhältlich: bitte Talon auf Seite 24 benützen, danke.*

1418

Wehrli, B.: Monte Carlo Simulations of Surface Morphologies during Mineral Dissolution. *J. Colloid Interface Sci.* 132, 230-242 (1989)

1419

Stössel, F.: On the Ecology of Ciliates in Riverwaters: The Evaluation of Water Quality via Ciliates and Filamentous Bacteria. *Aquatic Sciences* 51, 235-248 (1989)

1420

Wanner, O., Egli, T., Fleischmann, T., Lanz, K., Reichert, P., Schwarzenbach, R. P.: Behavior of the Insecticides Disulfoton and Thiometon in the Rhine River: A Chemodynamic Study. *Environ. Sci. Technol.* 23, 1232-1242 (1989)

1421

Fent, K., Fassbind, R., Siegrist, H.: Organotins in a Municipal Wastewater Treatment Plant. Proc. 1<sup>st</sup> Europ. Conf. on Ecotoxicology, Oct. 17-19, 1988, Copenhagen, H. Lokke, H. Tyle., F. Bro-Rasmussen, (Eds.), Techn. University, Lyngby, DK, 1989; 72-80.

1422

Gujer, W., Wanner, O.: Modeling Mixed Population Biofilms, In: "Biofilms", W.G.Characklis, K.C. Marshall. (Eds.), J. Wiley, New York, 1990; 397-443.

1423

Wanner, O.: Modeling Population Dynamics In: "Structure and Function of Biofilms", Characklis, W. G., Wilderer, P. A. (Eds.), Wiley, New York, 1989; 91-110.

1424

Raab, D. "Saure Depositionen und die Verlagerung von Aluminium in Böden"; Diss. ETH Nr. 8948, Zürich, 1989.

1425

Müller, B. "Über die Adsorption von Metallionen an Oberflächen aquatischer Partikel"; Diss. ETH Nr. 8988, Zürich, 1989.

1426

Gammeter, Sonja, Frutiger, A.: Wirkung kurzer Belastungsspitzen

auf die Kleinlebewesen der Fluss-Sohle. *Gas-Wasser-Abwasser* 69, 703-713 (1989)

1427

Boller, M.: Verfahrenstechnik der chemischen Phosphor-Elimination. *Chem.-Ing.-Tech.* 61, 980-981 (1989)

1428

Walther, J-L., Bland, R., Munz, Ch., Boller, M.: Recherches de traitement d'eau de source. *Gas-Wasser-Abwasser* 69, 15-33 (1989)

1429

Munz, Ch., Boller, M.: Optimierung der schichtweise aufwärts-durchströmten Aktivkohlefiltration (LUCA) zur Entfernung chlorierter Kohlenwasserstoffe. *Gas-Wasser-Abwasser* 69, 565-576 (1989)

1430

EAWAG-Restwassergruppe, Berichtersteller: U. Bundi und E. Eichenberger: "Wasserentnahme aus Fließgewässern: Gewässerökologische Anforderungen an die Restwasserführung". Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 110; BUWAL, Bern, 1989.

1431

Marcomini, A., Capel, P. D., Lichtensteiger, Th., Brunner, P. H., Giger, W.: Behavior of Aromatic Surfactants and PCBs in Sludge-Treated Soil and Landfills. *J. Environ. Qual.* 18, 523-528 (1989)

1432

Losher, A. J., Kelts, K. R.: The Role of Organic Matter in the Fixation of Sulfur in Freshwater Lake Sediments In: "Water-Rock Interaction (WRI-6)". D. L. Miles (Ed.). A.A. Balkema, Rotterdam, 1989. pp. 449-452.

1433

Al-Awadhi, N., Hamer, G., Egli, T.: The Biooxidation of Methanol, Ethanol and Isopropanol by a Defined Co-culture at Elevated Temperatures. *Bioprocess Engineering* 5, 39-45 (1990)

1434

Hamer, G., Egli, T., Snozzi, M.: Mixed Substrates in Environmental Biotechnology. *Experientia* 45, 1071-1078 (1989)

#### Impressum

Die Mitteilungen der EAWAG sind das Informationsbulletin der EAWAG. **Copyright:** Abdruck, auch auszugsweise, ist unter Benachrichtigung der Herausgeberin und der Autoren und mit Quellenangabe "Abdruck aus den *Mit. EAWAG 29(1990)*" gestattet.

**Druck:** auf Original-Umweltschutzpapier (aus 100% Altpapier, wasser-, rohstoff-, energiesparend, im geschlossenen Wasserkreislauf, unter Vermeidung von Entfärbung, Bleichung und Wiedereinfärbung) der Firma Widmer-Walzy AG, CH-4655 Oftringen.

**Redaktion:** Diana Hornung

**Herausgeberin/Editeur:** EAWAG (Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Gewässerschutz und Abwasserreinigung) (Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux) Überlandstrasse 133, CH-8600 Dübendorf. Bestellung/Commande: ☎ (01) 823 5031 (Bibl.).

#### Impression

*Les Nouvelles de l'EAWAG sont le bulletin d'information de l'EAWAG. Copyright: La reproduction des articles est autorisée à condition de mentionner expressément "tiré des Nouv. EAWAG 29(1990)" et d'informer les auteurs ainsi que la rédaction.*

*Imprimé: sur du papier recyclé original (100% vieux papier), fabriqué en épargnant les eaux, les ressources, l'énergie, en circuit d'eau fermé, sans décoloration, sans blanchiment et sans coloration) par la papeterie et la cartonnerie Widmer-Walzy S.A., CH- 4665 Oftringen.*

**Rédaction:** Diana Hornung

**CONTENU**

L'évacuation des eaux en agglomération: objectifs et mission. *Vladimir Krejci et Wolfgang Schilling* 1  
 La recherche hydrogéologique à l'EAWAG *Peter Huggenberger et Jürg Zobrist* 9  
 NOUVELLES DE L'EAWAG ET SES COLLABORATEURS 17  
 Publications 1418-1450 23

**INHALT**

Ziele und Aufgaben der Siedlungsentwässerung. *Vladimir Krejci et Wolfgang Schilling*  
 Grundwasserforschung an der EAWAG *Peter Huggenberger et Jürg Zobrist*  
 MITTEILUNGEN DER EAWAG UND IHRE MITARBEITER  
 Publikationen 1418-1450

1435  
 Hamer, G.: Fundamental Aspects of Aerobic Thermophilic Biodegradation, In: "Treated of Sewage Sludge: Thermophilic Aerobic Digestion and Processing Requirements for Lanfilling". A.M. Bruce F. Colin. P.J. Newman (Eds.). Elsevier, London, 1989. pp. 2-19.

1436  
 Wersin, P., Charlet, L., Karthein, R., Stumm, W.: From Adsorption to Precipitation: Sorption of Mn<sup>2+</sup> on FeCO<sub>3</sub>(s). *Geochim. Cosmochim. Acta* 53, 2787-2796 (1989)

1437  
 Bloesch, J., Bürgi, H-R.: Changes in Phytoplankton and Zooplankton Biomass and Composition Reflected by Sedimentation. *Limnol. Oceanogr.* 34, 1048-1061 (1989)

1438  
 Loshner, A. J., Kelts, K. R.: Organic Sulphur Fixation in Freshwater Lake Sediments and the Implication for C/S Ratios. *Terra Nova* 1, 253-261 (1989)

1439  
 Bloesch, J.: Sediment Trap and Vertical Flux Studies In: "Sediment Trap Studies in the Nordic Countries". Wassmann, P., Heiskanen, A. S. (Eds.). Yliopistopaino, Helsinki, 1988. pp. 6-21.

1440  
 Bloesch, J.: Integraler Gewässerschutz: Angemessene Restwassermengen aus ökologischer Sicht. *Wasser Energie Luft* 81, 345-347 (1989)

1441  
 Stössel, F.: Die Sanierung des Hallwilersees. *Wasser Energie Luft* 81, 333-335 (1989)

1442  
 Gächter, R., Mares, A., Grieder, E., Zwysig, A., Höhener, P.: Auswirkungen der Belüftung und Sauerstoffbegasung auf den P-Haushalt des Sempachersees. *Wasser Energie Luft* 81, 335-341 (1989)

1443  
 Sulzberger, Barbara, Suter, D., Siffert, C., Banwart, S., Stumm, W.: Dissolution of Fe(III)(hydr)oxides in Natural Waters; Laboratory Assessment on the Kinetics Controlled by Surface Coordination. *Marine Chemistry* 28, 127-144 (1989)

1444  
 Tschui, M. "Dynamisches Verhalten der mesophilen anaeroben Schlammstabilisierung"; Diss. ETH Nr. 8958, Zürich, 1989.

1445  
 Wilberg, Elvira "Zur Physiologie und Oekologie Nitrilotriacetat (NTA) abbauender Bakterien"; Diss. ETH Nr. 9015, Zürich, 1989.

1446  
 Loshner, A. "The Sulfur Cycle in Freshwater Lake Sediments and Implications for the Use of C/S Ratios as Indicators of Past Environmental Changes"; Diss. ETH Nr. 8999, Zürich, 1989.

1447  
 Schlatter, J., Hofer, M., Imboden, D., M: Die Verwendung von Schwefelhexafluorid zum Studium von Transportprozessen in Seen. *Gas-Wasser-Abwasser* 70, 36-42 (1990)

1448  
 Heitzer, A., Hamer, G.: Recovery of Exponentially Growing Cultures of *Klebsiella pneumoniae* NCIB 418 After Heat Shocks. *Arch. Microbiol.* 153, 272-275 (1990)

1449  
 Sturzenegger, Verena Th. "Wasserstoffperoxid in Oberflächengewässern: Photochemische Produktion und Abbau"; Diss. ETH Nr. 9004, Zürich, 1989.

1450  
 Behra, P., Sigg, Laura, Stumm, W.: Dominating Influence of NH<sub>3</sub> on the Oxidation of aqueous SO<sub>2</sub>: the Coupling of NH<sub>3</sub> and SO<sub>2</sub> in atmospheric Water. *Atmospheric Environment*, 23, 12, 2691-2707 (1989)

**Anmeldetalon für ein Abonnement:**

NeuabonentInnen willkommen! Zweimal jährlich erscheinen die Mitteilungen der EAWAG in deutsch und französisch und einmal jährlich in englisch.

**Talon pour un abonnement:**

Les nouveaux abonnés sont les bienvenus! Les Nouvelles de l'EAWAG paraissent deux fois par année en français et en allemand, et une fois par année en anglais.

AN DIE BIBLIOTHEK, EAWAG, CH - 8600 DÜBENDORF

Adresse:

- Adressänderung  
 Changement d'adresse  
 Bitte senden Sie mir die Mitteilungen der EAWAG an folgende Adresse.  
 Veuillez m'envoyer régulièrement les Nouvelles de l'EAWAG à l'adresse suivante.
- Bitte schicken Sie mir folgende Publikationen:  
 Veuillez m'envoyer les publications suivantes:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

französische Uebersetzung der Vorträge der Klärschlammtagung  
 Datum und Unterschrift / Date et signature :

Bevorzugte Ausgabe/Édition préférée:

- deutsch/français  english